

Leerdoelen

Wat je moet kennen en kunnen aan het eind van blok 8

1 Je moet weten wat het symbool voor energie is en wat de eenheid van energie is. [T2]

2 Je moet weten wat een energiebron is en je moet de volgende energiebronnen kennen: fossiele brandstoffen, kernenergie, zon, wind, getijden, waterkracht, aardwarmte en biogas. [P1, T1, W1]

3 Je moet de volgende energiesoorten kennen:
chemische energie;
bewegingsenergie;
warmte;
elektrische energie;
stralingsenergie;
zwaarte-energie;
veerenergie;
magnetische energie. [P1, T1, W1]

4 Je moet van een voorwerp dat energie bezit, kunnen zeggen welke soort energie dat is. [P1, T1, W1].

5 Je moet weten dat energie kan worden omgezet van de ene soort in de andere. [T2]

6 Je moet kunnen zeggen welke energiesoorten na elkaar voorkomen bij energieomzettingen. [P2, T2, W2]

7 Je moet weten dat bij een energieomzetting de totale hoeveelheid energie voor en na de omzetting even groot is. [T2]

8 Vaak lijkt het alsof er bij omzettingen energie verloren gaat. Je moet weten wat hiervan de oorzaak is. [T2]

9 Je moet de wet van behoud van energie kunnen toepassen. [P2, T2, W2]

10 Je moet minstens drie voorbeelden kunnen geven, waarbij elektrische energie wordt omgezet in een andere energiesoort. [T1, W1]

11 Je moet weten wat vermogen is. [P3, T3, W3]

12 Je moet weten wat het symbool voor vermogen is en wat de eenheid van vermogen is. [T3]

13 Je moet het vermogen kunnen berekenen als je weet hoeveel energie er in een bepaalde tijd is omgezet. [P3, T3, W3]

14 Je moet kunnen berekenen hoeveel energie er in een bepaalde tijd wordt omgezet, als je het vermogen weet. [P3, T3, W3]

15 Je moet kunnen berekenen hoe lang een apparaat aanstaat, als je weet wat het vermogen van het apparaat is en hoeveel energie er is omgezet. [P3, T3, W3]

16 Je moet twee voorbeelden kunnen noemen van het gebruik van windenergie in vroeger tijd. [T4, W4]

17 Je moet weten wat de industriële revolutie is en twee gevolgen ervan kunnen noemen. [T4, W4]

18 Je moet weten wat het begrip duurzame energie betekent. [T4, W4]

19 Je moet weten wat fossiele brandstoffen zijn. [T4, W4]

Blok 8

Energie

Basisstof

- T1 Energie in het dagelijkse leven 168
 - W1 169
- T2 Energie gaat nooit verloren 170
 - W2 172
- T3 Vermogen 172
 - W3 173
- T4 Energiegebruik vroeger en nu 174
 - W4 178
 - W5 Energiespel 178

Herhaalstof

- H1 Energiesoorten 185
- H2 Energieomzettingen 186
- H3 De wet van behoud van energie 187
- H4 Vermogen 187

Extrastof

- E1 Vraagstukken 189
- E2 De stuitproef 189
- E3 Energie en voedsel 191
- E4 Heteluchtballon 193



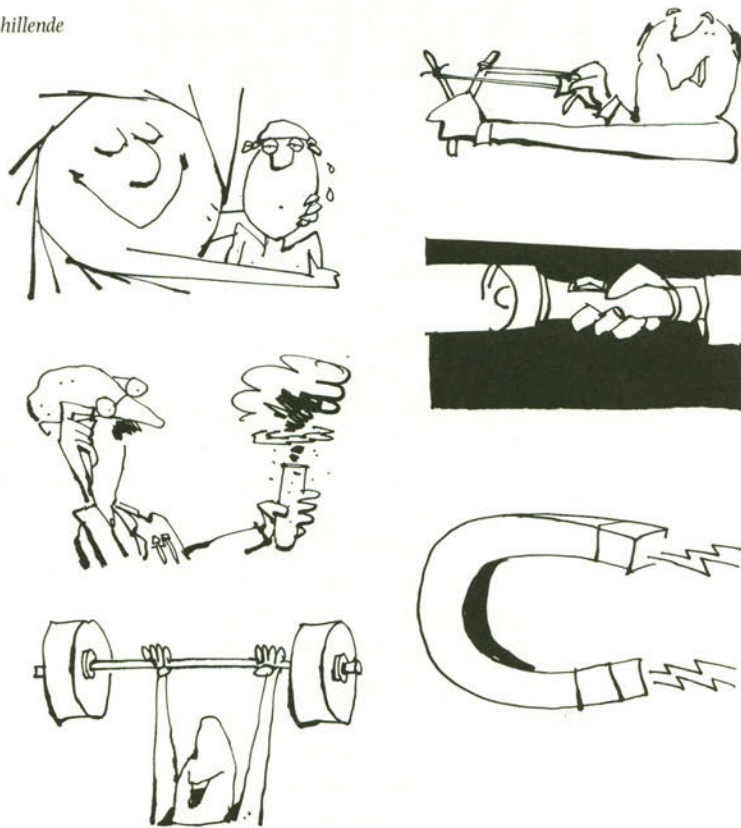
Energie in het dagelijkse leven

Wat is energie?

Energie is een moeilijk begrip. Je kunt het niet zien, niet voelen en niet ruiken. Toch weet je of je genoeg energie hebt om iets te doen. Als je geen energie meer hebt, ben je moe. Je hebt dan geen fut meer om iets te doen. Door te eten en te slapen krijg je weer nieuwe energie.

Je hebt blijkbaar energie nodig om te kunnen leven. Je hebt energie nodig om op temperatuur te blijven; je hart heeft energie nodig om het bloed rond te pompen. Je hebt energie nodig om te ademen, lopen, werken, sporten, enzovoort.

fig. 1
Er bestaan verschillende
soorten energie.



Energiebronnen en energiesoorten

Mensen, maar ook dieren en planten halen hun energie uit voedsel. Voedsel is een *energiebron*.

Het voedsel wordt verbrand met behulp van de lucht die we inademen. Dit is een chemisch proces. Daarom noemen we de energie die in het voedsel zit, *chemische energie*.

De lichaamstemperatuur van mensen is 37 °C. In bed, lekker onder de dekens, is het niet moeilijk om op temperatuur te blijven. Maar in een koude kamer levert dat problemen op. Vandaar dat we de hulp inroepen van

andere energiebronnen: een houtvuur, een kolenkachel, een gashaard of centrale verwarming gestookt op olie of gas.

Hout, kolen, olie en gas bezitten, net als voedsel, *chemische energie*. Als je deze stoffen verbrandt, komt er warmte vrij. Ook *warmte* is een energiesoort.

Je gebruikt dagelijks nog veel meer energiebronnen. Als je 's avonds een lamp aansluit op een stopcontact, levert het stopcontact *elektrische energie*. Dank zij het licht van de lamp kun je zien. De lamp levert *stralings-*

energie. Fiets je 's ochtends naar school met de wind in de rug, dan helpt de wind je mee. De wind bestaat uit bewegende lucht. De lucht, maar ook andere bewegende voorwerpen bezitten *bewegingsenergie*.

Soms is het moeilijk te ontdekken of een voorwerp energie bezit. Als we een kogeltje van een helling laten rollen, gaat het steeds sneller bewegen. Daar zorgt de zwaartekracht voor. Het kogeltje krijgt steeds meer bewegingsenergie. We nemen aan, dat het kogeltje deze energie in het begin al bezit in de vorm van *zwaarte-energie*.

Ook een opgewonden veer bezit energie. De veerkracht kan ervoor zorgen dat een autootje gaat rijden. De energie in de veer noemen we *veerenergie*.

Een magneet oefent een kracht uit op een stukje ijzer. Door de magnetische kracht komt het ijzer in beweging en krijgt het bewegingsenergie. We zeggen, dat het

stukje ijzer in de buurt van de magneet *magnetische energie* bezit.

In een kerncentrale wordt energie uit uranium omgezet in warmte. De warmte wordt gebruikt om elektriciteit op te wekken. De energie in uranium noemen we *kern-energie*.

De energiesoorten die je moet kennen zijn:

- 1 chemische energie
- 2 warmte
- 3 elektrische energie
- 4 stralingsenergie
- 5 bewegingsenergie
- 6 zwaarte-energie
- 7 veerenergie
- 8 magnetische energie
- 9 kernenergie

Energieomzettingen

In het dagelijkse leven komen we veel processen tegen waarbij energie van de ene soort wordt omgezet in een andere soort.

In een lamp wordt elektrische energie omgezet in stralingsenergie en vaak ook in warmte.

Als je een fietswiel afremt met je hand, ontstaat er door wrijving warmte.

Laat je een kaars branden, dan wordt er chemische energie omgezet in stralingsenergie en warmte.

Soms is de energiesoort die ontstaat dezelfde als de oorspronkelijke energiesoort. Bij het fietsen met de wind in de rug wordt windenergie (bewegingsenergie van de lucht) omgezet in bewegingsenergie van de fietser. Dat lukt des te beter, als je een paraplu gebruikt als windscherm.

Blok 8

W1

1 Hieronder staan een aantal voorwerpen genoemd. Deze voorwerpen bezitten een bepaalde soort energie.

- | | |
|----------------------|----------------------|
| a een kaars | h een batterij |
| b een vallende steen | i een gespannen veer |
| c benzine | j wind |
| d stromend water | k een staaf dynamiet |
| e een brok uranium | l voedsel |
| f een accu | m een houtvuur |
| g de zon | n een boek op tafel |

Neem de tabel in figuur 2 over en plaats de voorwerpen onder de juiste energiesoort.

fig. 2
Tabel met energiesoorten

chemische energie	warmte	bewegings-energie	kernenergie	elektrische energie
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...

2 Welke energiebronnen uit vraag 1 zijn brandstoffen?

3 Welke energieomzettingen vinden er plaats in:

- a een sapcentrifuge;
- b een elektrische kookplaat;
- c een bromfietsmotor;
- d een luidspreker;
- e een opdraaibare wekker;
- f een gloeilamp;
- g een hangklok met gewichten.

4 Bedenk zelf voor elke vraag een apparaat of een proef, waarin de volgende energieomzettingen optreden. Voorbeeld: zwaarte-energie → bewegingsenergie.

Antwoord: een vallende bal.

- a Chemische energie → stralingsenergie.
- b Bewegingsenergie → warmte.
- c Elektrische energie → bewegingsenergie.
- d Bewegingsenergie → veerenergie.
- e Bewegingsenergie → zwaarte-energie.
- f Bewegingsenergie → elektrische energie.

5 We houden een magneet boven wat ijzervijlsel. Welke energieomzetting treedt er op?

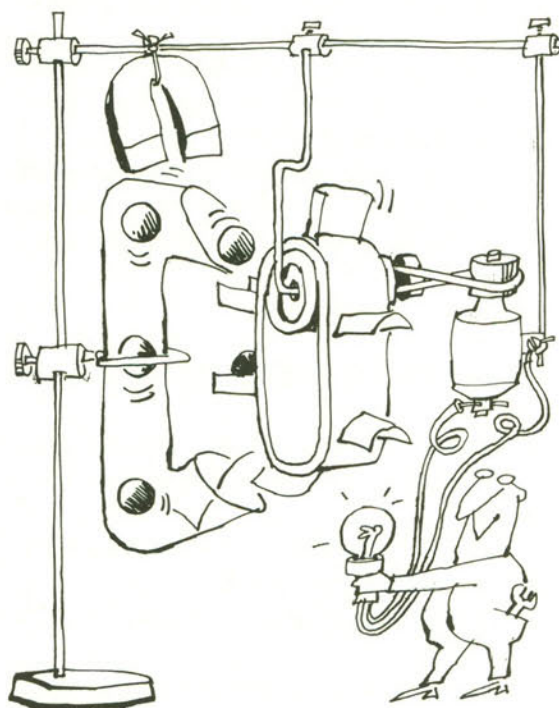
6 Een auto rijdt tegen een helling op. Welke energieomzetting treedt er op?

7 Professor Prlwyskovsky heeft een ingenieus apparaat bedacht (figuur 3). Hij hoopt dat hij zo op een goedkope manier een lamp kan laten branden. Bekijk het apparaat goed.

a Schrijf de energieomzettingen op die in het apparaat plaatsvinden.

b Waarom zal het apparaat niet werken?

fig. 3



Blok 8

T2 Energie gaat nooit verloren

Je hebt gezien dat je energie van de ene soort kunt omzetten in energie van een andere soort.

De vraag is nu of de hoeveelheid energie vóór de omzetting gelijk is aan de hoeveelheid energie ná de omzetting. Deze vraag kun je beantwoorden als je de hoeveelheid energie voor en na de omzetting gaat meten. Maar dan moeten we eerst een maat voor de hoeveelheid energie afspreken om goed te kunnen vergelijken.

De eenheid van energie is de joule (spreek uit: dzjoel), afkorting: J.

Om grote hoeveelheden energie aan te geven worden

voorvoegsels gebruikt:

1 kJ (kilojoule) = 1000 J.

1 MJ (megajoule) = 1 000 000 J.

Het symbool voor energie is E .

Hierna staan een aantal voorbeelden om je een idee te geven hoeveel 1 J is.

Een boekentas van 10 kg vanaf de grond op tafel zetten kost ongeveer 80 J.

In een (dubbele) boterham met pindakaas zit ongeveer 500 kJ (vijfhonderdduizend joule).

Een personenauto die 80 km/u rijdt, bezit 200 kJ bewe-

gingsenergie en een vrachtauto met dezelfde snelheid 2 MJ (twee miljoen joule).

Als je een liter benzine verbrandt, komt er 33 MJ aan warmte vrij. Een kubieke meter aardgas levert 30 MJ.

Ook als we een eenheid voor energie hebben afgesproken, dan nog is het moeilijk om de vraag te beantwoorden. Want hoe moet je chemische energie vergelijken met warmte of veerenergie met bewegingsenergie? We kunnen dit probleem omzeilen door te kijken naar omkeerbare energieomzettingen zoals bij een slinger.

Bij de slinger wordt zwaarte-energie omgezet in bewegingsenergie en daarna wordt de bewegingsenergie weer omgezet in zwaarte-energie.

We kunnen nu de hoeveelheid zwaarte-energie aan het begin en aan het eind van één slingerbeweging met elkaar vergelijken. Beter nog: we kijken of de slinger na één volledige slingerbeweging op dezelfde plaats terugkomt.

Als we dergelijke proefjes uitvoeren, krijgen we de indruk dat de hoeveelheid energie vóór en ná de energieomzetting hetzelfde is.

Dit is een belangrijke wet in de natuurkunde: de *wet van behoud van energie*.

Bij iedere energieomzetting is de totale hoeveelheid energie vóór en ná de omzetting even groot.

Toch lijkt het vaak alsof er energie verloren gaat bij energieomzettingen (figuur 4).

Als we de slinger laten slingeren, komt deze op den duur vanzelf stil te hangen.

Een stuitende tennisbal komt vanzelf stil te liggen. Een slee die een helling afglijdt, zal altijd wel weer tot stilstand komen.

Geldt hier de wet van behoud van energie wel? Verdwijnt er werkelijk energie?

Als we deze energieomzettingen nauwkeurig bekijken, blijken er energiesoorten te ontstaan die we niet verwachten.

Bij de slinger treedt wrijving op. Door de wrijving ontstaat warmte. De warmte verspreidt zich over de omgeving en die kan door ons niet meer worden gebruikt. Dit geldt niet alleen voor de slinger, maar voor alle hierboven genoemde energieomzettingen.

Als we rekening houden met de warmte die vrijkomt, blijkt de wet van behoud van energie wel te kloppen. Bij een brandende kaars lijkt ook energie verloren te gaan. De kaars levert maar een klein beetje stralings-



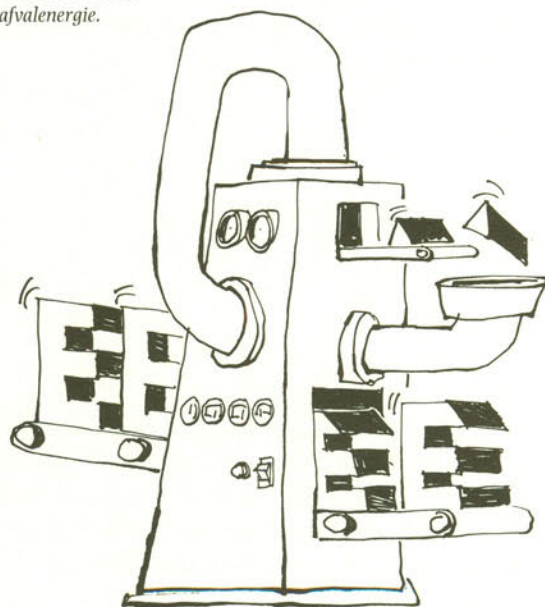
fig. 4
Het lijkt wel of er op slinkse manier energie verdwijnt.

energie. Maar de kaars levert ook veel warmte. Stralingsenergie en warmte zijn samen gelijk aan de chemische energie die is omgezet.

Als er bij een omzetting een ongewenste energiesoort ontstaat, wordt deze ook wel afvalenergie genoemd (figuur 5).

Wrijvingswarmte en warmte die vrijkomt uit een schoorsteen of een uitlaat, zijn hiervan goede voorbeelden. Natuurlijk kun je warmte niet altijd beschouwen als afvalenergie. Denk maar aan de warmte die in een centrale verwarming ontstaat.

fig. 5
Bij energieomzettingen wordt energie van de ene soort omgezet in energie van een andere soort. Daarbij ontstaat afvalenergie.



1 Een elektrisch kacheltje neemt in 1 minuut 60 kJ elektrische energie op.

Hoeveel warmte komt er dan in 1 minuut in de kamer bij?

2 Een gloeilamp gebruikt in 1 uur 360 kJ aan elektrische energie.

a Hoeveel stralingsenergie en warmte samen geeft de lamp dan in 1 uur?

De gloeilamp levert in 1 uur maar 18 kJ aan stralingsenergie.

b Hoeveel warmte geeft de lamp in 1 uur?

3 Een stuiterbal die op tafel ligt, bezit 1,2 J aan zwaarte-energie.

a Hoeveel bewegingsenergie heeft de bal vlak voordat hij de grond treft? (Je mag de wrijving verwaarlozen.) Na enige tijd is de bal uitgestuiterd.

b Wat is er met de energie van de bal gebeurd?

4 Een fabrikant maakt reclame voor een balletje dat steeds hoger terugstuit als je het loslaat.

Verklaar waarom de fabrikant zo'n balletje niet kan maken.

5 Welke energieomzettingen vinden er plaats als een auto afremt tot stilstand:

a op een vlakke weg?

b op een stijgende weg?

c op een dalende weg?

d In welk van de drie gevallen ontstaat de minste warmte? Licht je antwoord toe.

e In welk geval ontstaat de meeste warmte? Licht je antwoord toe.

6 Als het licht van je fiets aanstaat, moet je harder trappen dan zonder licht.

Leg uit waarom.

7 Een fiets wordt voorzien van een grote dynamo én een elektromotor. De elektromotor wordt aangesloten op de dynamo. Je gaat met de fiets naar een overdekte wielervedbaan en je brengt de fiets op gang, zodat de dynamo de elektromotor van elektriciteit voorziet.

Zal de fiets altijd door blijven rijden? Licht je antwoord toe.

8 De gewichten van een hangklok moeten regelmatig opgehesen worden.

Leg uit waarom.

9 Een fietser bezit op een bepaald moment 1,2 kJ aan bewegingsenergie. De fietser stopt met trappen en laat zich uitrijden tot stilstand.

Leg uit waarom de fietser zonder licht verder doorrijdt dan met licht aan.

Blok 8

T3

Vermogen

Als we prestaties van apparaten, machines maar ook mensen met elkaar willen vergelijken, is het vaak niet voldoende om te weten hoeveel energie ze leveren. We willen ook graag weten hoeveel tijd ze daar over doen. Zo is een autocoureur niet geïnteresseerd in de energie die een automotor levert, maar wil hij weten hoeveel

energie de motor in een korte tijd kan leveren.

Daarom hebben natuurkundigen een nieuwe grootheid bedacht: het *vermogen*.

Het vermogen is de hoeveelheid energie die per seconde wordt omgezet.

De eenheid van vermogen is de watt, afgekort: W.

Het symbool voor vermogen is P.

Een vermogen van 1 watt betekent 1 joule per seconde.

Een gloeilamp van 40 W zet per seconde 40 J elektrische energie om in stralingsenergie en warmte. Een gloeilamp van 100 W zet per seconde 100 J energie om en zal dus meer licht geven.

Een automotor van 30 kW is tot meer in staat dan een motor van 12 kW. Daar is dan wel meer chemische energie voor nodig in de vorm van benzine.

We kunnen uitrekenen hoeveel energie een apparaat omzet in een bepaalde tijd als we het vermogen kennen.

Voorbeeld 1

Een gloeilamp van 40 W brandt 10 minuten.

Hoeveel energie wordt er omgezet?

De gloeilamp zet in 1 seconde 40 J elektrische energie om. In 10 minuten ofwel 600 seconden is dat dus $600 \times 40 = 24\,000$ J of 24 kJ.

Omgekeerd kunnen we het vermogen van een machine uitrekenen als we weten hoeveel energie de machine omzet in een bepaalde tijd.

Voorbeeld 2

Een centrale-verwarmingsketel gebruikt in een uur 54 MJ aan chemische energie in de vorm van aardgas. Hoe groot is het vermogen?

1 uur is gelijk aan 3600 seconden. In 1 seconde zet de ketel dus om: $54\,000\,000/3600 = 15\,000$ J of 15 kJ. Het vermogen van de ketel is dus 15 kW.

Blok 8

W3

1a Wat is de eenheid van vermogen?

b Wat geeft de grootte van vermogen aan?

2 Een scheerapparaat gebruikt in 10 s 250 J aan elektrische energie.

Bereken het vermogen van het scheerapparaat.

3 Een gloeilamp gebruikt in 2 uur tijd 720 kJ aan elektrische energie.

Bereken het vermogen van de lamp.

4 Een TL-buis heeft een vermogen van 25 W.

Bereken het energiegebruik van de TL-buis, als deze brandt van 20.00 uur tot 22.45 uur.

5 Een strijkijzer met een vermogen van 1 kW gebruikt 900 kJ aan elektrische energie.

Bereken hoeveel minuten het strijkijzer heeft aangestaan.

6 Een strijkijzer van 1,2 kW staat per dag een half uur aan. Een gloeilamp van 40 W brandt per dag 6 uur. Welk apparaat gebruikt per dag de meeste elektrische energie?

7 Een verwarmingsketel heeft een vermogen van 25 kW. De ketel brandt 5 uur per dag.

a Bereken hoeveel energie de ketel per dag omzet.

De ketel wordt gestookt op aardgas. Een kubieke meter aardgas bevat 30 MJ aan chemische energie.

b Bereken hoeveel aardgas er per dag wordt gebruikt.

8 Een Jaguar rijdt 100 km/u. De automotor levert dan een vermogen van 50 kW.

a Bereken hoeveel energie de motor levert in 1 uur.

Bij deze snelheid zet de motor een kwart van de chemische energie om in bewegingsenergie.

b Bereken hoeveel chemische energie de motor per uur gebruikt.

Een liter benzine bevat 33 MJ aan chemische energie.

c Bereken hoeveel liter benzine de motor in 1 uur gebruikt.

d Bereken hoeveel kilometer de auto aflegt met 1 liter benzine.

Energiegebruik vroeger en nu

Wij Nederlanders worden aardig verwend. We hebben apparaten en machines die voor ons het werk doen. De wasmachine doet de was; de vaatwasser de vaat. De auto, de trein en het vliegtuig brengen ons waar we maar naar toe willen. Grote machines bewerken het

land. Auto's worden door robots in elkaar gezet, zonder dat er een menselijke hand aan te pas komt.

Dat is niet altijd zo geweest en in heel veel landen is dat nog steeds niet zo.

Hoe is dat zo gekomen?

De eerste werktuigen

De oermens had, net als wij, voedsel nodig. De aarde was toen veel minder bevolkt en daarom bood de natuur zelf voldoende voedsel zoals vruchten en wortels. Daarnaast werd er gejaagd (figuur 6). De ontdekking van het vuur was een belangrijke ontdekking, zowel voor het koken als voor verwarming in koude tijden. Kleding en vuur maakten het mogelijk dat de mens ook naar koudere streken kon trekken.

De oermens had geen vaste woonplaats. Als er geen eten meer te vinden was, trok men gewoon een eindje verder. Later ging men vee houden. Zonder landbouw moesten de mensen en hun vee zwervend aan voedsel komen.

Door gereedschap te leren gebruiken, kon de mens bijvoorbeeld kleding maken en op primitieve manier de grond bewerken. Duizend knollen bij elkaar verbouwen is veel gemakkelijker dan er dagen in het bos naar te moeten zoeken. Maar landbouw betekent dat je bij je akker moet wonen om het land te kunnen verzorgen

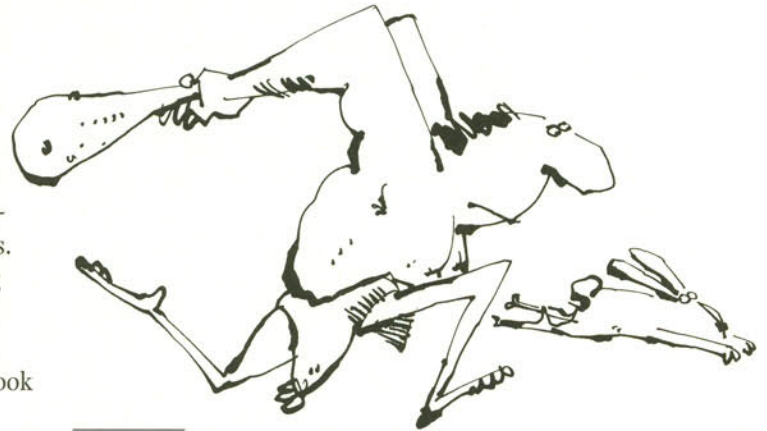


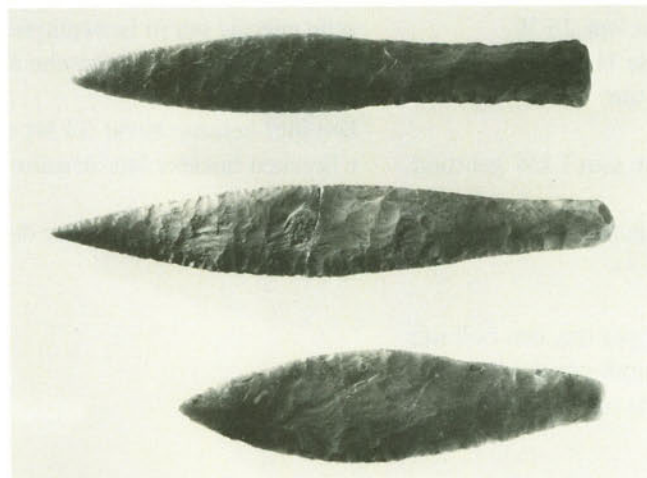
fig. 6
Ook een wild konijn is een smakelijk hapje.

en de oogst binnen te halen. Er werden op gunstige plekken huisjes gebouwd van materialen uit de natuur en de mens ging zich steeds meer op vaste plaatsen vestigen.

Al snel had de mens in de gaten dat het bewerken van het land nogal wat moeite kost. Er werden werktuigen ontworpen, die het werk gemakkelijker maakten (figuur 7).

De mens bleek nog slimmer. Hij ontdekte dat hij de

fig. 7
Een aantal primitieve werktuigen.



energie van paarden en ossen kon gebruiken. Niet alleen voor het werk op het land, maar ook voor een tochtje naar de dichtstbijzijnde stam (waar hij niet altijd even vriendelijk werd ontvangen). Tenslotte kreeg de mens in de gaten hoe de energie die in de natuur aanwezig is, gebruikt kon worden. Hij dreef de rivier op als het vloed werd en kwam met eb weer terug. Later werd het vlot een boot, voorzien van een zeil en kon de wind het werk doen. Zonne-energie werd gebruikt om voedsel te drogen en

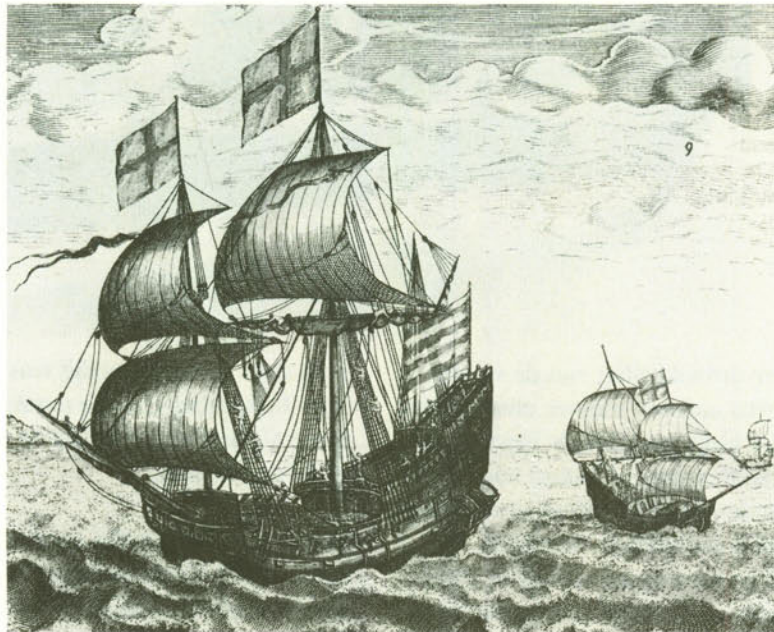
dank zij de chemische energie in hout, turf, bruinkool en steenkool konden de huizen verwarmd worden.

De ontdekking van windenergie heeft geleid tot de constructie van indrukwekkende machines. De wind kon gebruikt worden om molens te laten draaien voor het malen van graan, persen van olie uit zonnepitten, het zagen van bomen enzovoort (figuur 8).

In minder winderige streken werd stromend water gebruikt om een waterrad aan het draaien te brengen: bewegingsenergie ontstaan uit zwaarte-energie.

Maar de mens was nog niet tevreden. Op welke manier zou hij de chemische energie uit hout, turf, bruinkool en steenkool kunnen gebruiken voor het vele werk, dat hij te doen had?

fig. 8
Met de wind in de zeilen
naar verre streken.



Van stoommachine tot elektromotor

In de achttiende eeuw construeerde James Watt een machine waarmee hij water uit de mijnen kon pompen. In de machine werd water aan de kook gebracht door het verbranden van hout of steenkool. De stoom die daarbij ontstond, werd gebruikt om een zuiger in beweging te brengen. De stoommachine was geboren. Aan het eind van de achttiende eeuw slaagde Jefferson erin om de heen en weer gaande beweging van de zuiger om te zetten in een draaiende beweging van een wiel. Door de machine op een aantal wielen te monteren, bleek het mogelijk je te verplaatsen zonder gebruik te maken van menselijke en dierlijke energie, zelfs als er geen wind stond (figuur 9).

Daarmee was de eerste stap gezet in de richting van ons tegenwoordige vervoerssysteem. Maar dat niet alleen! Dank zij de stoommachine bleek het mogelijk de mens een heleboel werk uit handen te nemen. De inzet van de stoommachine, eerst in de textielnijverheid en later in veel andere nijverheidstakken, betekende het begin van de industriële revolutie. Het werk dat eerst thuis of in kleine werkplaatsen plaatsvond, werd verplaatst naar grote fabriekshallen, waar machines het handwerk overnamen. De mens werd een radertje in het grote geheel. De arbeidsomstandigheden waren vaak slecht en voor ambachtelijk werk was geen plaats meer.

fig. 9
Onder stoom.



Tegelijk met de verdere ontwikkeling van de stoom-machine werkte de mens aan een nieuwe energiebron: elektrische energie. Het bleek mogelijk de bewegings-energie die aanwezig is in stromend water, wind maar ook in stoom, om te zetten in deze nieuwe energiesoort. Elektrische energie had verschillende voordelen. De energie kon opgewekt worden op één plaats in grote centrales en van daaruit gemakkelijk getransporteerd worden. Dank zij de uitvinding van de gloeilamp in de negentiende eeuw door Edison, kon elektrische energie gebruikt worden om huizen en fabrieken te verlichten (figuur 10). De elektromotor bracht machines in bewe-

ging daar waar dat nodig was én wanneer dat nodig was. Elektrische energie maakte het mogelijk om over grote afstanden met elkaar te communiceren via telegraaf en telefoon.

Een andere belangrijke ontdekking in de negentiende eeuw was de verbrandingsmotor. Net als bij de stoom-machine wordt hierin chemische energie omgezet in bewegingsenergie. Als brandstof wordt dieselolie en later ook benzine gebruikt. De verbrandingsmotor was veel kleiner dan de stoommachine, gemakkelijker te bedienen en beter te regelen.

fig. 10
Thomas Alva Edison (1847-1931), Amerikaans uitvinder van onder andere de koolmicrofoon en de gloeilamp. De meeste belangrijke uitvindingen in die tijd werden dikwijls in heel primitieve laboratoria gedaan.



Van overvloed naar tekort

Heel lang is de mens aangewezen geweest op energiebronnen die in de natuur zelf aanwezig zijn. Vanaf het begin heeft de mens gebruik gemaakt van *duurzame energie* zoals zonne-energie, windenergie, getijdenenergie en zwaarte-energie (stromend water). We noemen dit duurzame energie omdat deze energiesoorten niet opraken. Ook brandstoffen als hout en olie bereid uit zaden, werden gebruikt voor verwarming en verlichting. Later ging de mens de chemische energie gebruiken die aanwezig is in fossiele brandstoffen zoals steenkool, aardolie en gas.

Fossiele brandstoffen zijn ontstaan uit resten van planten en dieren: een soort ingeblikte zonne-energie. Het duurt miljoenen eeuwen voor ze gevormd zijn en de voorraden zijn beperkt.

Met de steeds verder gaande toepassing van machines, de gigantische ontwikkeling van het vervoer en de uitbreiding van het communicatienetwerk, neemt het gebruik van fossiele brandstoffen enorm toe. Er wordt op dit moment zo veel energie gebruikt, dat er een tekort dreigt aan steenkool, olie en gas.

Aan het begin van de jaren zestig dacht men de oplossing gevonden te hebben in de vorm van kernenergie, de energiebron van de toekomst. De afgelopen jaren hebben geleerd dat er aan kernenergie nog heel wat gesleuteld moet worden, voordat we deze veilig

kunnen gebruiken. Een aantal mensen betwijfelt het dat dit ooit veilig kan gebeuren.

Als vervanging worden oude energiebronnen van stal gehaald zoals zonne-energie, windenergie, getijdenenergie enzovoort (figuur 13 en 15). Duurzame energiebronnen, waarvan de voorraad onbeperkt is. Maar er moet nog veel onderzoek gedaan worden om deze energiebronnen op grote schaal toe te kunnen passen. En het is maar de vraag of dat zal lukken.

Er wordt ook onderzoek gedaan naar nieuwe energiebronnen zoals aardwarmte en biogas. De warmte in het inwendige van de aarde kan benut worden door koud water in kilometers diepe putten te pompen en het verwarmde water weer op te pompen. Biogas ontstaat door gisting van plantaardig, dierlijk en menselijk afval. Het onderzoek naar deze nieuwe energiebronnen bevindt zich nog in een pril stadium en de bijdrage aan onze energievoorziening is nog gering. Er blijft ons voorlopig weinig anders over dan zuinig te zijn op de energie die we hebben en zo weinig mogelijk energie te verspillen.

We moeten onze huizen en gebouwen isoleren, apparaten, machines en motoren ontwikkelen die meer doen met minder energie en nieuwe energiezuinige productiemethoden bedenken. Alleen zo kunnen wij nog lang van de aanwezige energie genieten en krijgen ook de mensen een kans, die daar nu nog niet aan toe zijn.

fig. 11

Het gebruik van elektrische energie is in de loop der tijden enorm toegenomen.

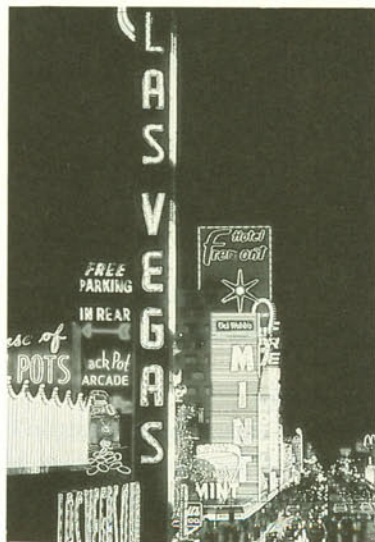


fig. 12

Door de toename van het verkeer is er veel ruimte nodig voor verkeersvoorzieningen.



W4

1 Schrijf een aantal apparaten/vervoermiddelen op die bij jullie thuis aanwezig zijn en die
a vijftig jaar geleden nog niet bestonden;
b honderdvijftig jaar geleden nog niet bestonden.

2 Schrijf twee toepassingen op van het gebruik van windenergie, driehonderd jaar geleden.

3a Door welke uitvinding werd de industriële revolutie mogelijk gemaakt?
b Noem twee gevolgen van de industriële revolutie.

4 Schrijf twee voordelen op van een verbrandingsmotor, vergeleken met een stoommachine.

5 Leg uit wat duurzame energie is.

6 Wat bedoelen we met fossiele brandstoffen?

7 Wat is biogas?

8 Leg uit waarom het verstandig is dat huizen en gebouwen geïsoleerd worden.

Blok 8**W5****Energiespel**

Als je de krant leest, merk je dat er nogal wat geschreven wordt over onze energieproblemen:

- energie is schaars, dus we moeten zuinig omgaan met energie;
- het gebruik van energie levert vaak problemen op voor het milieu;
- voor sommige energiesoorten zijn we afhankelijk van het buitenland;
- energie is duur.

Door middel van een energiespel gaan we nadenken over deze energieproblemen.

De winnaars van het spel zijn niet de spelers, maar de meest geschikte energiesoorten.

Het spel speelt zich af op een eiland ergens in de Stille Zuidzee. Op het eiland wonen zo'n 100 000 mensen. Per jaar gebruiken ze in totaal ongeveer 10^{16} J (dat is

een 1 met zestien nullen; $1 \times 10^{16} = 10 \times 10^{15}$).

Op het speelbord staat aangegeven hoe dit energiegebruik is verdeeld over vier groepen.

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

Op het bord staat door middel van pijlen aangegeven welke energiesoorten te gebruiken zijn voor de verschillende groepen. Het is de bedoeling van het spel om uit te zoeken welke energiesoort voor iedere groep het meest geschikt is.

Je zou bij het kiezen van de beste energiesoort alleen naar de prijs kunnen kijken. Maar er zijn nog andere factoren die een belangrijke rol spelen. Lees daarom eerst de gegevens over de verschillende energiesoorten.

Informatie over verschillende energiesoorten**Zonne-energie**

Zonne-energie kan goed gebruikt worden voor de verwarming van huizen en gebouwen en voor de verwarming van water voor huishoudelijk gebruik (figuur 13).

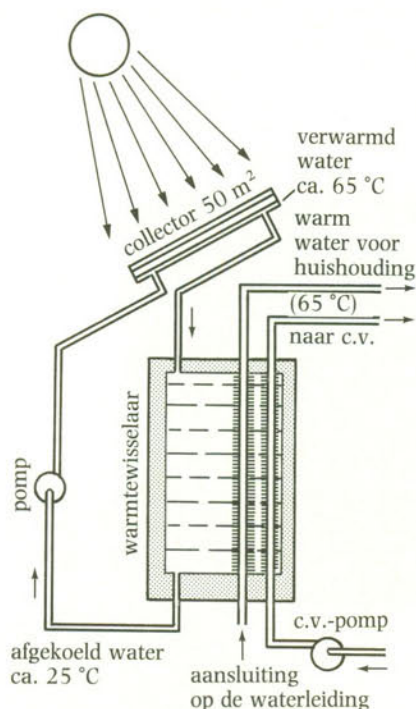
De daken van huizen en gebouwen moeten dan voorzien worden van zonnecollectoren. Het zwarte oppervlak van deze collectoren wordt erg warm als de zon erop schijnt. Onder het oppervlak liggen buizen, waar-

door water stroomt. Het water wordt zo verwarmd door zonne-energie.

voordelen

- a De voorraad zonne-energie is enorm. De zon levert 100 000 keer zoveel energie als we gebruiken.
- b Het gebruik van zonne-energie veroorzaakt geen vervuiling van het milieu.

fig. 13



- c Het is een veilig systeem. Er kunnen geen rampen optreden.
 d Men is onafhankelijk van andere landen, want de zon schijnt overal. In de Sahara levert de zon gemiddeld 600 W per vierkante meter; in Nederland 300 W per vierkante meter!

nadelen

Omdat de zon ook wel eens niet schijnt, moeten er voorzieningen getroffen worden om de warmte op te slaan.

prijs

De prijs van zonne-energie is ongeveer 8 miljoen florijnen voor 10^{15} J. Dit zijn de kosten van de installatie om zonne-energie om te zetten in warmte. De kosten voor de opslag van warmte zijn niet meegerekend.

Kernenergie

In een kernreactor komt de energie vrij die opgeslagen ligt in atoomkernen. Atomen zijn deeltjes waaruit de molekulen zijn opgebouwd. De energie wordt vrijgemaakt door de atomen te splitsen in kleinere atomen. De energie komt vrij in de vorm van warmte-energie. De warmte wordt gebruikt om van water stoom te maken. In een kerncentrale brengt de stoom een stoomturbine aan het draaien. De turbine is gekoppeld

aan een generator (= dynamo), die elektrische energie levert.

voordelen

a Er is een redelijke voorraad uranium, dat dient als splijtstof.

b Een kleine hoeveelheid splijtstof levert veel energie.

nadelen

a Bij het splijten van atomen komt radioactieve straling vrij. Radioactieve straling is gevaarlijk voor al wat leeft. Het vergroot de kans op ziekten (stralingsziekte, kanker) en kan erfelijke afwijkingen tot gevolg hebben.

b Een ongeluk met een kerncentrale kan verschrikkelijke gevolgen hebben door het vrijkomen van radioactieve straling en grote hoeveelheden energie.

c Bij de splijting in de kernreactor ontstaan stoffen die sterk radioactief zijn (= radioactieve straling uitzenden). Deze stoffen moeten voor lange tijd veilig opgeborgen worden, want ze blijven heel lang radioactief en dus gevaarlijk.

d In een kernreactor ontstaan stoffen die gebruikt kunnen worden voor het maken van kernwapens.

e Een kerncentrale levert, net als iedere andere elektriciteitscentrale, afvalwarmte. Deze warmte wordt geloosd in de vorm van warm koelwater. Hierin sterven vissen door zuurstofgebrek en op die manier kan milieuvervuiling ontstaan.

prijs

We schatten de kostprijs van kernenergie op 7 miljoen florijnen voor 10^{15} J. Deze prijs bestaat uit de kosten van de kernreactor met alle apparatuur en de kosten van de splijtstof.

De kosten van het opbergen van het radioactieve afval en het afbreken van versleten kernreactoren zijn nog niet bekend, waardoor de kostprijs uiteindelijk veel hoger kan uitvallen.

Windenergie

Wind is bewegende lucht en bezit dus energie (figuur 15).

Met windmolens, die generatoren aandrijven, kunnen we deze energie omzetten in elektrische energie. De geschiktste plaatsen voor windmolens liggen aan zee, waar de wind het sterkst is, op grote stukken open land.

voordelen

a De voorraad windenergie is praktisch onuitputtelijk.



Zonne-energie

voordelen

zeer grote voorraad
milieuvriendelijk
veilig

nadeel

wisselend beschikbaar
(opslagproblemen)

prijs

8 miljoen florijnen per 10^{15} joule



Windenergie

voordelen

zeer grote voorraad
milieuvriendelijk

nadeel

wisselend beschikbaar
(opslagproblemen)

prijs

12 miljoen florijnen per 10^{15} joule



Elektriciteitscentrale

verlies: $1/3$ van de aanvoer

verlies: $2/3$ van de aanvoer

verlies: $1/3$ van de aanvoer

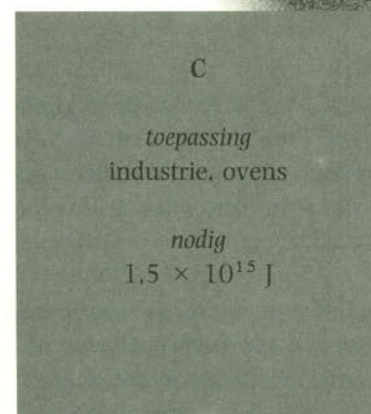
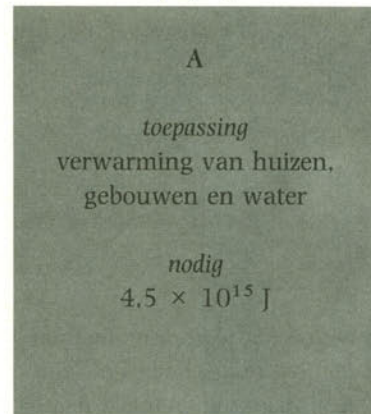


fig. 14
Speelbord energiespel.

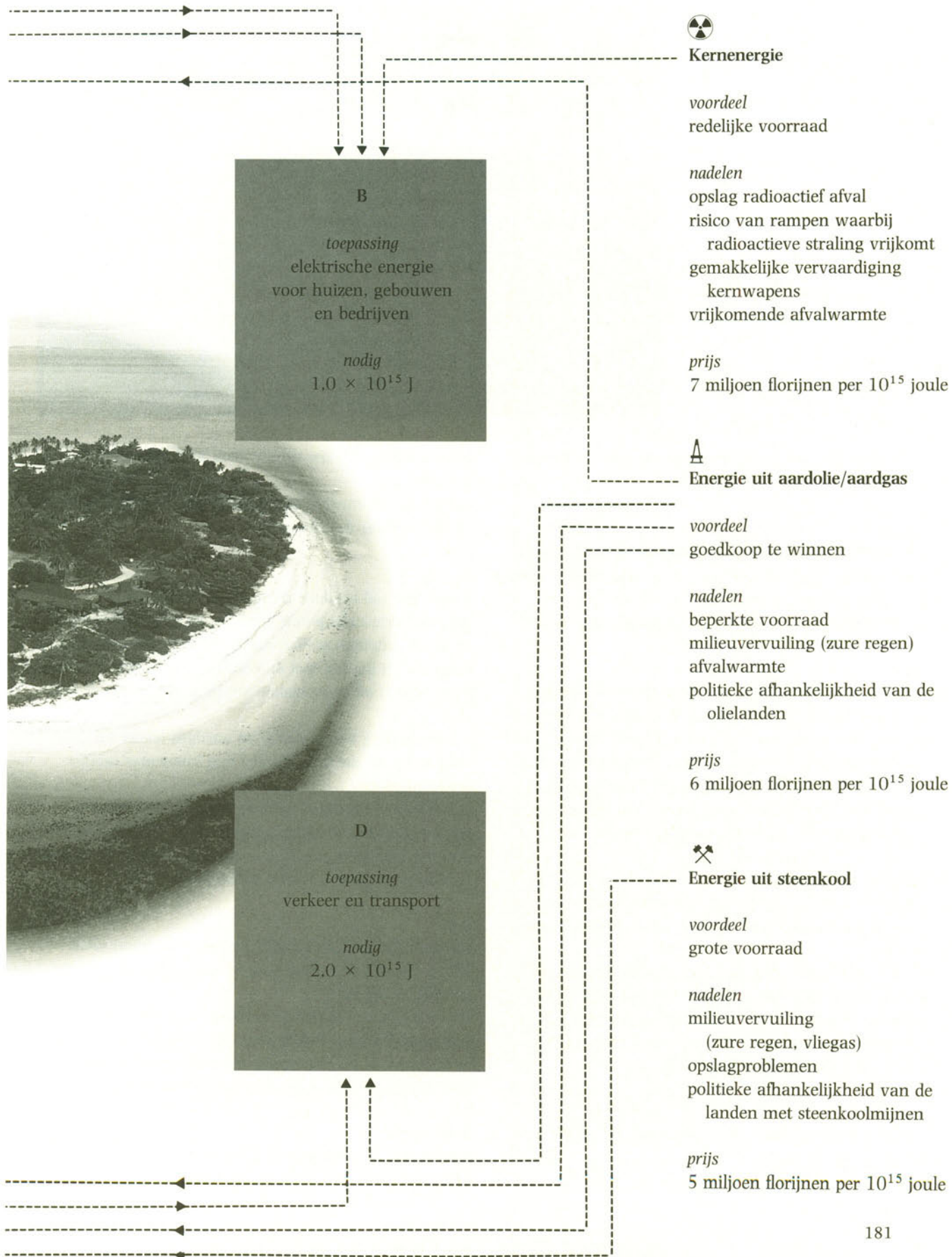
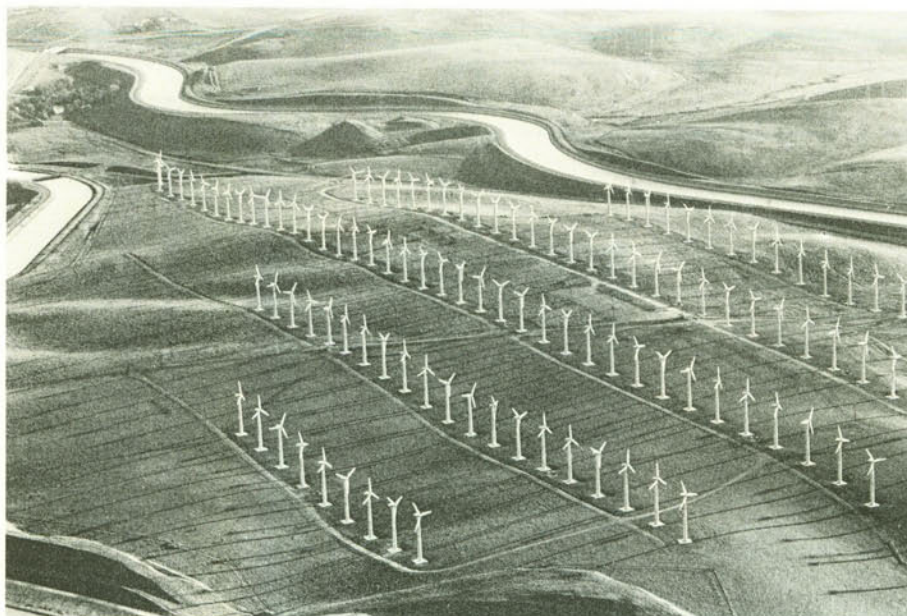


fig. 15

Windmolenpark in California.

Moderne windmolenparken leveren een bescheiden bijdrage in de elektriciteitsproductie.



b Het gebruik van windenergie levert geen problemen op voor het milieu.

nadelen

a De windsterkte verandert voortdurend. Er moeten voorzieningen getroffen worden om energie op te slaan voor perioden met windstilte.

b Grote windmolens ontsieren het landschap.

prijs

De kostprijs van windenergie is ongeveer 12 miljoen florijnen voor 10^{15} J. 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 de kostprijs opgenomen. Niet opgenomen zijn de kosten van de opslagvoorzieningen die getroffen moeten worden.

Aardolie en aardgas

Aardolie en aardgas zijn energiebronnen die bijna gebruiksklaar in de bodem worden aangetroffen (figuur 16).

Ze zijn miljoenen jaren geleden gevormd in de aardkorst uit dierlijke resten. Je zou kunnen zeggen dat aardolie en aardgas de zonne-energie bevatten die miljoenen jaren geleden op de aarde terecht kwam: een soort ingeblikte zonne-energie dus.

voordelen

a Aardolie en aardgas zijn gemakkelijk en zonder verlies te transporteren.

b De winning van aardolie en aardgas is redelijk een-

voudig. Alleen op zee zijn er meer problemen bij de winning.

c Aardolie en aardgas zijn gemakkelijk te gebruiken op de plaats waar dat nodig is.

nadelen

a De voorraad aardolie en aardgas is beperkt.

b Bij de verbranding van aardolie, en in mindere mate aardgas, ontstaan stoffen die slecht zijn voor het milieu. Deze stoffen komen met de regen in het milieu terecht (zure regen) en veroorzaken sterfte van bomen en planten.

c Verbranding van aardolie en aardgas levert veel afvalwarmte op die door middel van koelwater moet worden geloosd.

d Aardolie en aardgas worden maar op een beperkt aantal plaatsen op aarde aangetroffen. Veel landen die deze brandstoffen gebruiken, zijn dus afhankelijk van de landen waar deze stoffen worden gewonnen.

prijs

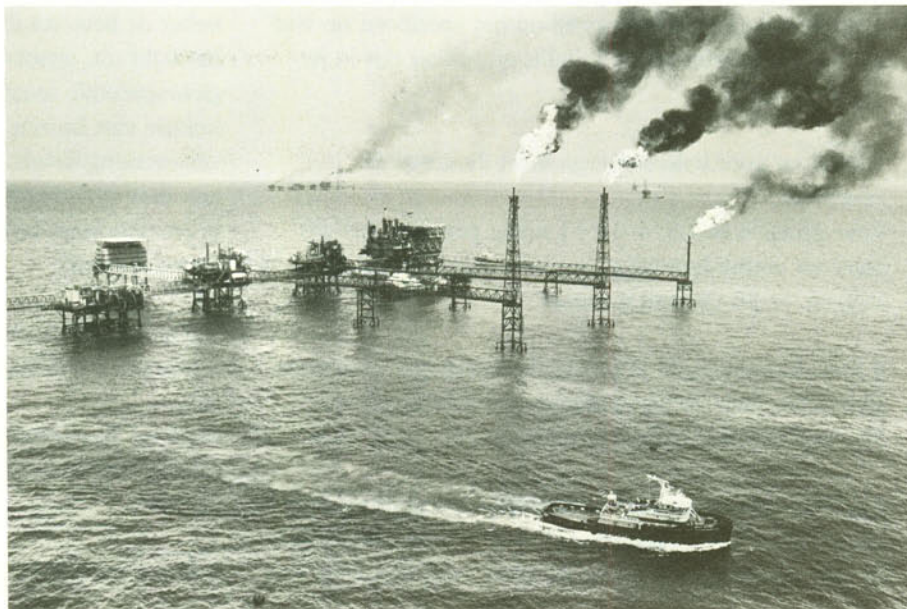
Aardolie en aardgas kosten 6 miljoen florijnen voor 10^{15} J. Dit zijn de kosten voor winning, bereiding voor gebruik en transport.

De kosten voor omzetting in elektrische energie zijn niet meegerekend. Ook is geen rekening gehouden met de kosten van voorzieningen of maatregelen die de vervuiling van het milieu kunnen verminderen.

Steenkool

Ook steenkool is in het verre verleden in de aardkorst gevormd, maar uit plantaardige resten.

fig. 16
Oliewinning op zee.



voordelen

- a De voorraad steenkool is veel groter dan de voorraad aardolie en aardgas.
- b De vindplaatsen zijn veel meer verspreid over de aarde.

nadelen

- a Steenkool veroorzaakt bij verbranding veel vervuiling van het milieu (zure regen; fijne asdeeltjes, de zogenaamde vlieg-as).
- b Steenkool is moeilijker te vervoeren en op te slaan dan aardolie en aardgas.
- c De winning van steenkool is vaak moeilijk en gevaarlijk.
- d Bij de verbranding van steenkool komt veel afvalwarmte vrij.

prijs

De kostprijs bedraagt 5 miljoen florijnen voor 10^{15} J. Deze prijs bestaat uit de kosten voor winning en transport. Er is geen rekening gehouden met de kosten om milieuvervuiling te voorkomen.

Opdrachten

Voer de volgende opdrachten uit in groepjes van vier leerlingen.

1 Bespreek in je groep de voor- en nadelen van de verschillende energiesoorten. In de tabel (figuur 17) zijn de eigenschappen van de verschillende energiesoorten onder elkaar gezet. Neem deze tabel over. Geef voor iedere eigenschap een cijfer van 1 t/m 5. Het cijfer 1 voor een groot nadeel en een 5 voor een belangrijk voordeel. De grens tussen voor- en nadeel ligt bij het cijfer 3. Tel de punten voor iedere energiesoort op.

fig. 17

Voor- en nadelen bronnen	zonne-energie	kern-energie	wind-energie	aardolie/aardgas	steenkool
voorraad	...	...	...	...	...
milieu	...	...	...	...	...
veiligheid	...	...	...	...	...
politieke onafhank.	...	...	...	...	...
opslag	...	...	...	...	...
andere	...	...	...	...	...
totaal	...	...	...	...	...

2 Ga bij iedere verbindingspijl op het speelbord na wat het aantal punten uit de tabel is en noteer dat in je schrift.

3 Bereken voor iedere energiesoort de kostprijs. voorbeeld:

Voor groep A is $4,5 \times 10^{15}$ J nodig per jaar. Als we hiervoor zonne-energie gebruiken, dan kost dit $4,5 \times 8$ miljoen = 36 miljoen florijnen.

4 Kies, na overleg in je groep, de meest geschikte energiesoorten voor de verschillende gebruiksgroepen. Schrijf de belangrijkste argumenten voor deze keuze op.

Een belangrijke manier om problemen met de energievoorziening te voorkomen, is het besparen van energie. In een aantal gevallen kost dit geen geld: Pak eens wat

vaker de fiets, zet de verwarming iets lager, doe op tijd het licht uit, enzovoort. Soms kost het treffen van energiebesparende maatregelen wél geld, bijvoorbeeld: isolatie van huizen, gebruik van energiezuinige lampen, verwarmingsketels met een hoog rendement. De kosten van deze maatregelen worden echter op korte of langere termijn weer terugverdiend door het dalen van de energiekosten.

5 Overleg met je groep hoeveel energie er in de verschillende gebruiksgroepen bespaard zou kunnen worden.

Bereken dan hoeveel de energiebesparende maatregelen mogen kosten, als je deze in 10 jaar weer wilt terugverdienen.

6 Breng verslag uit aan de andere groepen.

In T1 heb je gezien dat je energie kunt indelen in verschillende soorten. De naam van zo'n energiesoort is meestal afgeleid van het voorwerp dat de energie bezit (de bron). Soms is de energiesoort genoemd naar de kracht die er optreedt.

1 Schrijf alle energiesoorten op die je kent.

2 In de volgende negen voorbeelden is sprake van energie. Vaak bezitten voorwerpen meer dan één soort energie. Schrijf steeds de belangrijkste op.

a Welke energiesoort bezit een duikplank?

b Welke energiesoort levert de stadionlamp (figuur 18)?

c Welke energiesoort bezit de raceauto (figuur 19)?

d Welke energiesoort bezit een ijzeren staafje voor een magneet?

e Welke energiesoort bezit het water in het stuwmeer (figuur 20)?

fig. 18
Stadionverlichting.



fig. 20
Een stuwmeer met een
stuwdam.



f Welke energiesoort bezit het uranium in de kerncentrale (figuur 21)?

g Welke energiesoort bezit een vlam van een gasbrander?

h Welke energiesoort zit er in een vat met olie?

i Welke energiesoort komt er uit het transformatorhuisje?

3 Welke energiesoorten levert een brandende lamp?

4 Bij een storm krijgt Jan een tak op zijn hoofd.

a Met welke energiesoort krijgt Jan hier te maken?

b Welke energiesoort gebruikt Jan, als hij de tak in de kachel stopt?

5 Een baksteen hangt aan een rubberen elastiek.

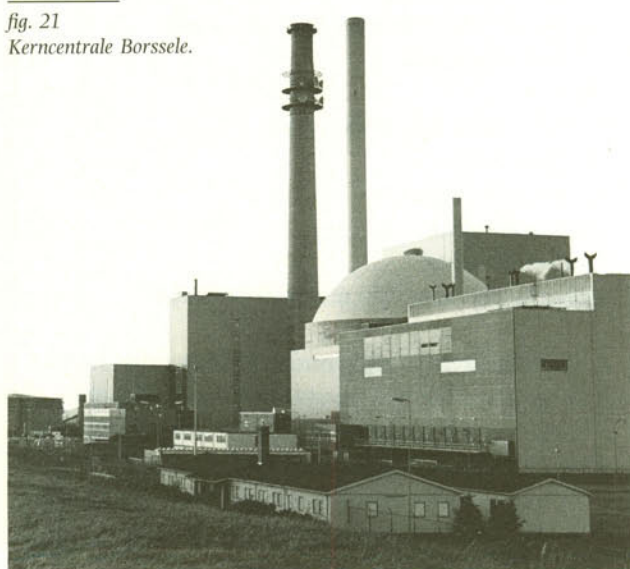
a Welke energiesoort bezit het elastiek?

b Welke energiesoort bezit de baksteen?

fig. 19
Een raceauto.



fig. 21
Kerncentrale Borssele.



Energie kan in verschillende vormen voorkomen.

We hebben negen energiesoorten leren kennen:

bewegingsenergie	zwaarte-energie
warmte	veerenergie
chemische energie	stralingsenergie
kernenergie	magnetische energie
elektrische energie	

In deze herhaalstof bekijken we nog eens hoe energie van de ene soort kan worden omgezet in energie van een andere soort.

1 Ga bij ieder van de volgende apparaten, machines, proeven of gebeurtenissen na, welke energiesoort er aan het begin is en welke aan het eind. Blijkbaar wordt de ene energiesoort (in het begin aanwezig) omgezet in de andere (aan het eind aanwezig).

Voorbeeld: Een ruimtevaartuig dat terugkeert in de dampkring, bezit bewegingsenergie en er ontstaat warmte. Er wordt dus bewegingsenergie omgezet in warmte.

Welke energieomzetting vindt er plaats:

- a** bij een gasvlam?
- b** bij een optrekkende bromfiets?
- c** in een kerncentrale?
- d** in een dynamo?
- e** in een TL-buis?
- f** als je een pijl wegschiet met een boog?
- g** in een broodrooster?
- h** in een stofzuiger?

2 Zoek een apparaat, machine, proef of gebeurtenis bij elk van de volgende energieomzettingen.

Je kunt kiezen uit:

boiler;
trein die tegen een buffer stoot;
elektromotor;
opstijgende vlieger;
heteluchtballon;
instortende brug;
spijkertje dat naar een magneet beweegt.

- a** Uit elektrische energie ontstaat bewegingsenergie.
- b** Uit zwaarte-energie ontstaat bewegingsenergie.
- c** Uit bewegingsenergie ontstaat zwaarte-energie.
- d** Uit bewegingsenergie ontstaat veerenergie.
- e** Uit magnetische energie ontstaat bewegingsenergie.
- f** Uit elektrische energie ontstaat warmte.
- g** Uit warmte ontstaat bewegingsenergie.

3 Vaak kun je de energie die bij een omzetting ontstaat, weer omzetten in een derde soort.

Voorbeeld: Een dynamo zet bewegingsenergie om in elektrische energie. Als we op de dynamo een lamp aansluiten, ontstaat er uit elektrische energie stralingsenergie.

Schrijf de energieomzettingen op die achtereenvolgens plaatsvinden bij:

- a** een elektrisch kacheltje dat via het stopcontact is aangesloten op een elektriciteitscentrale;
- b** een elektromotortje dat is aangesloten op een batterij;
- c** een waterkrachtcentrale die draait op vallend water;
- d** een fietslamp die brandt op een dynamo;
- e** een brok klei dat op de grond valt;
- f** een propje dat met een elastiekje omhoog wordt geschoten.

4 Het is je misschien al opgevallen dat bij sommige energieomzettingen meer dan één nieuwe energiesoort ontstaat. Zo ontstaat bij een gasvlam niet alleen warmte, maar ook stralingsenergie want de vlam straalt ook licht uit. Bij de gasvlam wordt dus chemische energie omgezet in warmte én stralingsenergie.

Schrijf op welke energiesoorten er ontstaan in de volgende gevallen:

- a** een wasmachine die werkt op elektrische energie;
- b** een fietser die chemische energie (voedsel) gebruikt;
- c** een brandende kaars;
- d** een kogel die een helling oprolt;
- e** een bal die naar beneden valt.

De wet van behoud van energie

In deze herhaalstof kijken we nog eens naar een van de belangrijkste wetten in de natuurkunde: de *wet van behoud van energie*.

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

Bij een energieomzetting kun je na afloop nooit *meer* energie hebben, dan ervoor. Er zou dan energie ontstaan uit niets.

Voorbeeld 1: Een stuiterbal die van 1 meter hoogte op de grond valt, kan nooit hoger terugstuiteren dan 1 meter. Anders zou de bal na één keer stuiteren méér zwaarte-energie bezitten dan ervoor. En dat kan niet.

Voorbeeld 2: Een dynamo die wordt aangedreven door een elektromotor, is niet in staat om de elektromotor te laten draaien. Anders zou de dynamo meer elektrische energie moeten leveren dan de energie die door de motor wordt toegevoerd, omdat er altijd afvalenergie is in de vorm van wrijvingswarmte.

Bij een energieomzetting heb je na afloop nooit *minder* energie dan ervoor, want dan zou er energie verdwijnen. Dit is veel moeilijker aan te tonen. Een gummibal die op de grond stuitert, komt nooit meer zo hoog terug. Het lijkt wel of er zwaarte-energie verloren gaat. Toch is dat niet zo. Als je goed kijkt, blijkt er zwaarte-energie te zijn omgezet in warmte, zodat de energie voor en na het stuiteren gelijk is. Hierdoor kan bijvoorbeeld 1 J zwaarte-energie na stuiteren omgezet zijn in 0,8 J zwaarte-energie en 0,2 J warmte.

Bij bijna alle energieomzettingen moet je rekening houden met het ontstaan van meerdere energiesoorten. Daarbij zijn sommige energiesoorten heel moeilijk waar te nemen.

1 Een bal valt van een tafel. Vlak boven de grond heeft de bal 2 J bewegingsenergie.

a Hoeveel zwaarte-energie moet de bal minstens gehad hebben, toen deze nog op tafel lag?

b Waarom staat er in vraag a 'minstens'?

2 Een elektrisch kacheltje levert in een uur 7,2 MJ aan warmte.

Hoeveel elektrische energie gebruikt dit kacheltje minstens per uur?

3 Een lamp zet in 10 minuten 6 kJ elektrische energie om. De lamp levert 300 J aan stralingsenergie. Bereken de warmte die ontstaat in 10 minuten.

4 Een fietsdynamo gebruikt per seconde 4 J aan bewegingsenergie en levert 2,5 J elektrische energie. Bereken de warmte die per seconde ontstaat.

5 Een automotor zet een kwart van de chemische energie om in bewegingsenergie. De automotor gebruikt per seconde 200 kJ aan chemische energie.

a Bereken de bewegingsenergie die de motor levert per seconde.

b Bereken de warmte die per seconde ontstaat.

Vermogen

Uit jouw antwoorden op de F-toets is gebleken dat je niet precies weet wat vermogen is. Misschien haal je de begrippen energie en vermogen wel door elkaar. Vandaar dat we in deze herhaalstof nog eens nagaan wat we met vermogen bedoelen.

We willen van een strijkijzer en een gloeilamp nagaan, welk apparaat het zuinigst is met energie. We moeten dan meten hoeveel elektrische energie beide apparaten

gebruiken. Maar we moeten ook eerlijk vergelijken. Als we de lamp een paar uur laten branden en het strijkijzer een paar minuten laten aanstaan, kan het best zijn dat de lamp méér elektrische energie heeft gebruikt. Eerlijk vergelijken wil zeggen dat we beide apparaten even lang moeten aanzetten.

Met het *vermogen* van een apparaat bedoelen we *de energie die het apparaat in 1 seconde omzet*.

1 Je hebt een energiemeter en een horloge.

a Welke metingen moet je doen om het vermogen van een apparaat te bepalen?

b Hoe kun je uit je metingen dan het vermogen berekenen?

Om het vermogen van een apparaat te kunnen noteren, hebben we een eenheid nodig. Voor de eenheid van vermogen is de watt gekozen; afgekort W.

1 watt is gelijk aan 1 joule per seconde.

2 Het vermogen van een fietser is 120 W.

a Hoeveel energie levert de fietser in 1 seconde?

Een automotor levert in één seconde 25 kJ.

b Wat is het vermogen van de automotor?

3 Een gloeilamp gebruikt in één uur 144 kJ. Een wasmachine gebruikt in dezelfde tijd 3,6 MJ.

a Welk apparaat heeft het grootste vermogen?

Een broodrooster gebruikt in 3 minuten 3 kJ. Een

televisie gebruikt dezelfde hoeveelheid energie in 60 minuten.

b Welk apparaat heeft het grootste vermogen?

Een scheerapparaat heeft een vermogen van 25 W.

c Wat betekent deze zin?

d Bereken de energie die dit scheerapparaat gebruikt in 5 minuten.

Een batterij levert in 10 minuten 1,2 kJ aan elektrische energie.

e Bereken het vermogen van de batterij.

De veer van een speelgoedautootje bezit 40 J aan veerenergie. De veermotor heeft een vermogen van 2,5 W.

f Bereken hoelang de auto zal rijden.

Een gloeilamp van 75 W gebruikt op een avond 675 kJ.

g Bereken hoeveel uur de lamp heeft gebrand.

Je bent in staat om in één minuut een trap van 80 treden te beklimmen. Per trede zet je 100 J aan energie om.

h Bereken je vermogen.

1 Welke energieomzettingen vinden er plaats in de volgende situaties:

- a een appel valt van een boom;
- b een propje wordt weggeschoten met een elastiekje;
- c een kogel wordt een helling opgerold;
- d een fietser fietst met constante snelheid;
- e een boek ligt op tafel;
- f een auto remt af.

2 Bij iedere energieomzetting treedt energie'verlies' op. Waarom staat verlies tussen aanhalingstekens?

3 Een lamp gebruikt 36 kJ in 15 minuten.

- a Welke energieomzetting vindt er plaats in de lamp?
- b Bereken het vermogen van de lamp.

4 Een strijkijzer heeft een vermogen van 1,2 kW.

- a Welke energieomzetting vindt er plaats in het strijkijzer?
- b Bereken het energiegebruik bij een half uur strijken.

5 Een theelichtje bestaat uit 20 g stearine en heeft een brandduur van 5 uur. Bij de verbranding van 1 kg stearine komt 20 MJ aan energie vrij.

- a Welke energieomzetting vindt er plaats?
- b Bereken het vermogen van het theelichtje.

6 Een radio met een vermogen van 75 W speelt 12 uur per dag.

Bereken het energiegebruik per dag.

7 Een mens gebruikt per dag 10 MJ in de vorm van voedsel en werkt 6 uur met een vermogen van 100 W. Bereken welk deel van de opgenomen energie hiervoor nodig is.

8 In een huis branden 's avonds drie lampen van 40 W, twee lampen van 75 W en een lamp van 150 W. Alle lampen branden gemiddeld 3 uur per dag. a Bereken het energiegebruik per dag.

De elektriciteitsmaatschappij berekent het energiegebruik in kWh (kilowattuur) Een kWh is gelijk aan 3,6 MJ en kost 25 cent.

b Bereken de kosten van het energiegebruik per dag. Door de invoering van de zomertijd branden de lampen 1 uur minder per dag in de periode van 1 april tot 1 oktober.

c Bereken de besparing in de kosten per jaar.

9 Bij een snelheid van 90 km/u verbruikt een auto 1 liter benzine op 15 km. De benzinetank heeft een volume van 40 liter.

a Bereken hoeveel km je bij deze snelheid met een tank kunt rijden.

b Bereken hoeveel uur je bij deze snelheid met een tank kunt rijden.

Het verbranden van 1 liter benzine levert 33 MJ.

c Bereken het vermogen van de automotor.

Je onderzoekt hierin het stuiteren van een bal. Tijdens het stuiteren vinden voortdurend energieomzettingen plaats. Daarbij wordt ook energie omgezet in warmte. Het aantal malen dat de bal stuitert, hangt af van de hoogte waarop je de bal loslaat en van de hoeveelheid warmte die bij iedere beweging ontstaat.

Eerst kijken we naar de energieomzettingen die voorkomen. We onderscheiden daarbij de volgende vijf situaties (figuur 22):

a de bal bevindt zich op 1 m hoogte;

b de bal bevindt zich vlak boven de vloer;

c de bal bevindt zich in het laagste punt in contact met de vloer;

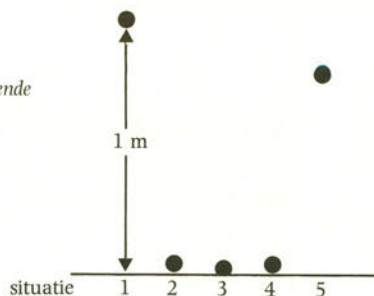
d de bal bevindt zich weer vlak boven de vloer;

e de bal bevindt zich in het hoogste punt.

Tijdens het stuiteren van de bal wordt er energie omgezet in warmte door wrijving van de bal met de lucht en bij het stuiteren zelf. De luchtwrijving mogen we bij

fig. 22

De bal in vijf verschillende situaties.



een kleine bal verwaarlozen. De meeste warmte ontstaat bij het contact met de grond. Bal en vloer worden daarbij vervormd en daarbij ontstaat warmte.

1 Geef voor elke situatie aan welke energiesoort de bal daar bezit.

2 Schrijf alle energieomzettingen op die voorkomen in de vijf situaties a t/m e.

We gaan nu de proef uitvoeren.

Je hebt een stuiterbal nodig en een meetlat met een lengte van een meter.

3 Neem de tabel (figuur 23) over en noteer hierin je meetresultaten.

4a Laat de bal van 1 m hoogte langs de meetlat naar beneden vallen.

b Bepaal hoe hoog de bal opstuit na eenmaal stuiteren. Doe deze meting driemaal.

c Bereken de gemiddelde waarde van de hoogte.

5 Herhaal bovenstaande meting, maar meet nu de hoogte steeds na tweemaal stuiteren. Meet weer driemaal en bereken de gemiddelde hoogte.

6 Voer de meting ook uit na drie-, vier-, vijf-, tot tienmaal stuiteren.

We gaan nu de metingen weergeven met behulp van een diagram. Het liefst geven we het verband weer tussen de zwaarte-energie van de bal en het aantal malen dat de bal gestuiterd heeft. De zwaarte-energie van de bal hangt af van de massa en de hoogte. Je kunt de zwaarte-energie berekenen als je weet dat een bal van 100 g op 100 cm hoogte een energie bezit van 1 J, een bal van 100 g op 50 cm hoogte een zwaarte-energie heeft van 0,5 J en een bal van 10 gram op 100 cm een energie heeft van 0,1 J.

In het algemeen is de zwaarte-energie van een bal gelijk aan:

$$\text{massa (in g)} \times \text{hoogte (in cm)} \times 0,0001 \text{ J.}$$

7 Bepaal de massa van de bal.

8 Bereken voor de verschillende gemiddelde hoogtes de zwaarte-energie van de bal en noteer deze in de tabel.

9 Teken in een diagram de grafiek die het verband geeft tussen de zwaarte-energie van de bal en het aantal stuiteringen.

fig. 23

na ... maal stuiteren	soort bal:		massa:		zwaarte- energie (joule)
	maximale hoogte (cm)	1e meting	2e meting	3e meting	
0 = loslaten	100	100	100	100	100
1	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...

10 Bepaal met behulp van de grafiek, na hoeveel keer stuiteren de bal de helft van zijn zwaarte-energie heeft verloren.

Waar is deze energie gebleven?

11 Je kunt de metingen herhalen met een tafeltennisbal in plaats van een stuiterbal.

Maak weer een tabel.

Geef de metingen weer in hetzelfde diagram.

12 Waar hangt de hoeveelheid warmte vanaf die bij eenmaal stuiteren ontstaat?

Blok 8

E3

Energie en voedsel

Voedingsleer

Voedsel is voor al wat leeft een eerste levensbehoefte. Voedsel is nodig voor het vervullen van alle lichaamsfuncties zoals ademhaling, bloedsomloop en temperatuurregeling, voor het verrichten van allerlei activiteiten en voor de groei en ontwikkeling.

Het is voor ons heel belangrijk om te weten welk voedsel we nodig hebben. Gebreken in de voeding hebben niet alleen tot gevolg dat we minder goed functioneren, ze kunnen ook leiden tot ernstige gebreksziekten en verminderde weerstand tegen ziektekiemen. De wetenschap die zich bezighoudt met de menselijke voedingsbehoefte is de 'voedingsleer'. Hierin wordt

gebruik gemaakt van de drie natuurwetenschappen biologie, scheikunde en natuurkunde.

De biologie vertelt ons welke voedingsstoffen we nodig hebben om goed te functioneren. Dank zij de scheikunde kunnen we de samenstelling van voedsel onderzoeken. De natuurkunde leert ons onder meer hoeveel energie er voor de verschillende activiteiten nodig is. De voedingsleer werd voor het eerst praktisch toegepast in Groot-Brittannië tijdens de Tweede Wereldoorlog als antwoord op de voedselschaarste. Door een uitgekiend systeem van voedseldistributie bleek de gezondheidstoestand van de Britten sterk verbeterd. Ondanks de bombardementen daalde het sterftecijfer!

Voedingsstoffen

Het voedsel dat we nodig hebben om te kunnen leven, werken en groeien, moet bepaalde voedingsstoffen bevatten. We onderscheiden daarbij:

- minerale voedingsstoffen, zoals water, zout en kalk;
- organische voedingsstoffen afkomstig van planten en dieren, zoals koolhydraten, eiwitten, vetten en vitaminen.

De koolhydraten en vetten zijn de belangrijkste *brandstoffen* die ons de nodige energie leveren.

Deze energie komt vrij bij de stofwisseling in de lichaamscellen.

De hoeveelheid energie die we per dag nodig hebben,

hangt af van de leeftijd, het geslacht, de gezondheidstoestand, de omgeving waarin we leven en het werk dat we doen.

Een mens in rust heeft zo'n 5 MJ per dag nodig voor het vervullen van alle lichaamsfuncties. Afhankelijk van het werk dat we doen, kan de energiebehoefte oplopen van 10 MJ (licht werk) tot zo'n 20 MJ (zeer zwaar werk).

Voor de opbouw van het menselijk lichaam zijn allerlei *bouwstoffen* nodig: voor het vernieuwen van lichaamscellen, voor het herstel van lichamelijk letsel en voor de groei. De belangrijkste bouwstoffen zijn minerale stoffen

zoals water (60% van het lichaam bestaat uit water) en eiwitten.

Daarnaast hebben we *beschermende* stoffen nodig die

onmisbaar zijn voor een goede gezondheid. Ze beschermen ons tegen allerlei ziekten en aandoeningen. Tot deze groep behoren de vitaminen.

Goede voeding

Een goede voeding bestaat uit de juiste hoeveelheid in de juiste verhouding van alle voedingsstoffen die we nodig hebben om goed te kunnen functioneren. Het juiste voedselpakket is afhankelijk van een heleboel factoren en daarom voor iedereen verschillend. Het is wel belangrijk dat we afwisselend voedsel gebruiken. Door sterk eenzijdig te eten zouden we bepaalde stoffen kunnen missen.

Voedselkundigen hebben voedingstabellen opgesteld voor verschillende groepen mensen zoals kinderen, volwassenen, vrouwen en mannen. Hierin staan gegevens over de samenstelling van voedingsmiddelen en aanbevelingen voor het gebruik ervan.

Het Voorlichtingsbureau voor de Voeding heeft de maaltijdschijf samengesteld (figuur 24). Dit bureau adviseert bij elke maaltijd iets uit elke sector te nuttigen. De grote sectoren bevatten plantaardige producten. Deze stoffen moeten de basis van de voeding vormen. Daarom moet je uit de grote sectoren meer gebruiken dan uit de kleine.

In sector 1 staan graanproducten, aardappels en peulvruchten. Deze leveren vooral energie (koolhydraten), plantaardige eiwitten, mineralen en vitamine B. Gebruik bij voorkeur volkorenproducten.

fig. 24
De maaltijdschijf.



In sector 2 staan groenten en fruit. Deze leveren vooral mineralen en vitaminen (o.a. vitamine C).

In sector 3 staan melk, melkproducten, kaas, vlees, vis en eieren. Deze leveren vooral dierlijke eiwitten, mineralen (o.a. kalk) en vitamine B. Kies liefst de minder vette soorten, bijv. halfvolle melk of magere yoghurt.

In sector 4 staan halvarine, margarine, boter en braadvet. Deze leveren vooral energie (vetten) en de vitaminen A en D. Gebruik weinig vet.

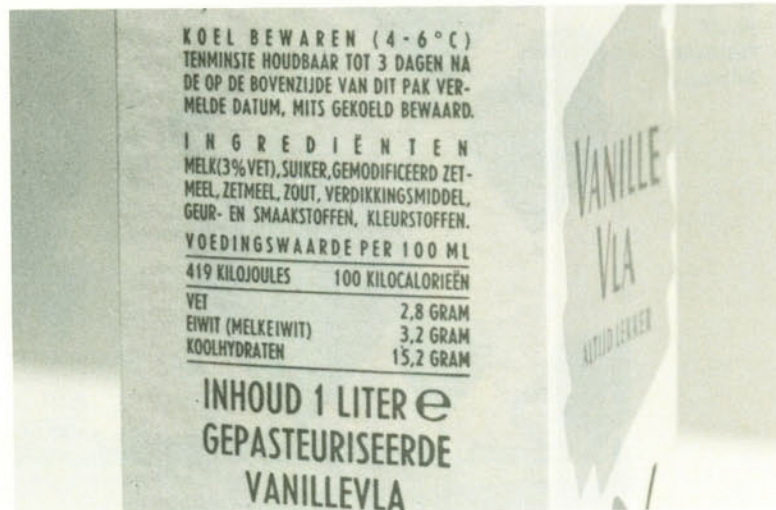
In de voedingstabel (figuur 25) staan een aantal voedingsmiddelen met de bijbehorende verbrandingswaarden. De verbrandingswaarde geeft aan hoeveel energie er vrijkomt bij verbranding van 1 g van de stof. In meer uitgebreide voedingstabellen staat ook aangegeven welke bouwstoffen en vitaminen er in het voedsel zitten.

Verschillende fabrikanten van voedingsmiddelen geven tegenwoordig op de verpakking aan welke voedingsstoffen er in het voedsel zitten en wat de verbrandingswaarde is (figuur 26).

fig. 25
Een voedingstabel met verbrandingswaarden voor verschillende voedingsmiddelen.

naam	aantal joule in 1 gram	naam	aantal joule in 1 gram
aardbeien	960	karnemelk	1 250
asperges	750	kwark	3 430
bananen	3840	macaroni	14 470
boerenkool	1670	olie	37 650
boter	31 420	patates	10 040
chips	3 550	frites	10 040
cola	1 840	pinda's	25 140
erwtensoup	4 260	roomijs	8 530
gevulde koek	17 960	slagroom	15 850
goudse kaas	15 260	spinazie	540
		tomaten	750

fig. 26
De samenstelling van
gele vla.



Vragen en opdrachten

1 Schrijf voor elke sector uit de maaltijdschijf de voedingsmiddelen op die je gisteren hebt gebruikt.

2 Vergelijk de verbrandingswaarden uit de tabel met elkaar.

a In welke sector van de maaltijdschijf zitten de voedingsmiddelen met de meeste energie?

b In welke sector van de maaltijdschijf zitten de voedingsmiddelen met de minste energie?

3 Waarom zijn melkprodukten vooral belangrijk voor kinderen in de groei?

4 Het energieverbruik is afhankelijk van je massa. Voor iedere kg heb je 420 J per dag nodig.
Bereken je dagelijkse energiebehoefte.

5 Een meisje van 15 jaar (50 kg en 165 cm) heeft per dag 9,5 MJ nodig.

a Bereken hoeveel gram patat het meisje per dag moet eten als ze al haar energie alleen uit patat haalt.

b Bereken hoeveel gram tomaten het meisje per dag moet eten als ze al haar energie alleen uit tomaten haalt.

c Waarom is dit in beide gevallen geen goede voeding?

6 Bereken hoeveel energie een ijsje levert dat bestaat uit 30 g roomijs en 5 g slagroom.

7 Een snee bruinbrood heeft een massa van 20 g. De verbrandingswaarde van bruinbrood is 4,5 kJ per g. Bereken de energie van een snee bruinbrood met:

a 30 g tomaat.

b 5 g boter en 10 g pindakaas.

Blok 8

E4

Heteluchtballon

Je hebt vroeger vast wel eens meegedaan aan een ballonwedstrijd waarbij jouw kaartje aan een met helium gevulde ballon het luchtruim koos. Je hoopte natuurlijk dat juist jouw kaartje uit een zeer ver afgelegen plaats zou worden teruggestuurd. Deze ballonnen gaan vrij gemakkelijk de lucht in omdat het gas waarmee ze gevuld zijn een kleinere dichtheid heeft dan lucht. Men heeft hiervoor ook wel vaak waterstof gebruikt. Maar

omdat dit gas explosief is, wordt dit niet meer zo veel toegepast.

De eerste luchtreizigers waren mensen die ook van luchtballonnen gebruik maakten en wel van heteluchtballonnen. Tegenwoordig zijn er weer enkele zeer fanatieke ballonvaarders. De eerste heteluchtballon ging in 1783 de lucht in.

Deze ballonnen waren gevuld met lucht die werd ver-

fig. 27
Hetelucht
ballonnen.



Zo'n 130 000 toeschouwers wisten niet wat ze zagen toen de gebroeders Montgolfier op 19 september 1783, in tegenwoordigheid van de koning, recht tegenover het paleis te Versailles een 'luchtkogel' lanceerden, met aan boord een ram, een haan en een eend. Het gevaarte zwierde statig met de wind mee over de paleistuinen en landde na acht minuten 2900 meter verderop zonder enige schade als 's werelds eerste 'bemande' luchtvaartuig.

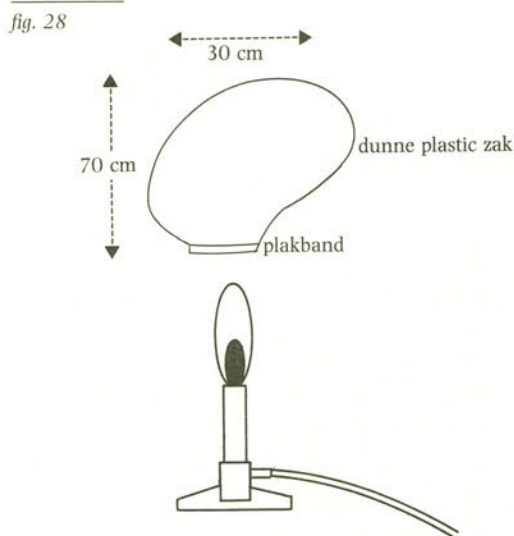
warmd door een vuurtje onder de ballon te stoken. Tegenwoordig zie je deze ballonnen steeds meer. De lucht in de ballon wordt dan verwarmd via een gasbrander vlak onder de opening van de ballon. Door de lucht tijdens de vlucht af en toe opnieuw te verwarmen, kan de ballon uren in de lucht blijven en kun je enigszins bepalen waar je de ballon weer aan de grond zult zetten.

Luchtballonnen worden ook voor weermetingen gebruikt. Deze ballonnen worden gevuld met heliumgas dat een kleinere dichtheid heeft dan lucht. Met deze ballonnen kan daardoor meetapparatuur omhoog gebracht worden.

Het gas helium is nogal duur en wordt vrijgemaakt bij het winnen van aardgas. Dit dure gas is ook gebruikt bij ballontochten over de Atlantische Oceaan.

Maak zelf een heteluchtballon

Als ballon gebruiken we een grote, dunne, plastic zak. Deze zak plakken we aan de opening een beetje dicht zodat de opening wat kleiner wordt. Nadat we dit gedaan hebben vraag je aan je leraar of hij de zak boven een gasbrander wil houden (figuur 28).



Pas op dat de zak geen vlam vat. Houd de zak ook niet te dicht bij de vlam omdat het plastic dan gaat smelten.

1 Waarom zouden we een met helium gevulde ballon ook luchtballon noemen?

2 Wat zijn de voor- en nadelen van de heteluchtballon in vergelijking met de met helium of waterstofgas gevulde ballon?

3 Zou je een met helium gevulde ballon ook kunnen laten stijgen en dalen? Verklaar je antwoord.

4 Leg uit waarom de luchtballon geen goede oplossing is om de fileproblemen op te lossen.