

# 3 Energie



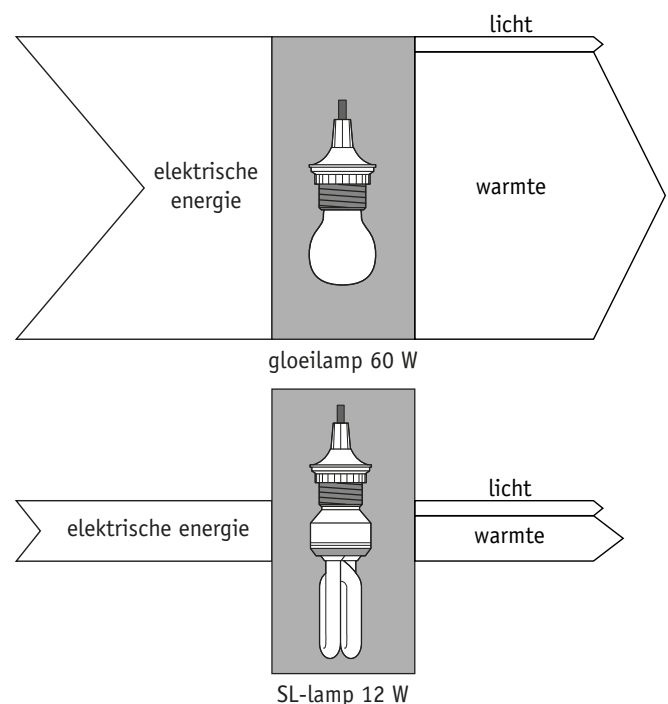
# 1 Energie omzetten

## Leerstof

- Vul in:
  - Chemische energie zit opgeslagen in een stof.
  - Om chemische energie vrij te maken, is een chemische reactie nodig.
  - Je lichaam zet de chemische energie in voedsel om in warmte en beweging.
  - Het vermogen van een energie-omzetter wordt gemeten in watt.
  - 1 watt is per definitie gelijk aan 1 joule per seconde.
- Schrijf een energie-omzetter op die:
  - stralingsenergie (van zonlicht) omzet in warmte.  
bijvoorbeeld: een zonnecollector
  - chemische energie (van aardgas) omzet in warmte.  
bijvoorbeeld: een gasfornuis of een cv-ketel
  - veerenergie omzet in bewegingsenergie.  
bijvoorbeeld: een katapult of een (kruis)boog
  - chemische energie omzet in elektrische energie.  
bijvoorbeeld: een batterij of een accu
- Vaak wordt voor de eenheid joule (J) een voorvoegsel gezet. Zo kun je uiteenlopende hoeveelheden energie overzichtelijk opschrijven.  
Vul in:
  - 1 kJ =  $10^3$  J = duizend joule
  - 1 MJ =  $10^6$  J = een miljoen joule
  - 1 GJ =  $10^9$  J = een miljard joule
  - 1 TJ =  $10^{12}$  J = een biljoen joule

## Toepassing

- Een gloeilamp zet 5% van de opgenomen elektrische energie om in licht. Een spaarlamp zet 25% van de opgenomen elektrische energie om in licht.
  - Maak de energie-stroomdiagrammen in figuur 1 af.
  - Wat valt je op als je de hoeveelheid elektrische energie vergelijkt die beide lampen verbruiken?  
De spaarlamp verbruikt veel minder energie dan de gloeilamp.
  - Wat valt je op als je kijkt naar de hoeveelheid energie die beide lampen omzetten in licht?  
Ze zetten dezelfde hoeveelheid energie om in licht.
  - Wat kun je zeggen over de hoeveelheid licht die beide lampen geven?  
De hoeveelheid licht is bij beide lampen even groot.
  - Volgens de reclame is een spaarlamp 'zuinig met energie'.  
Wat wordt daarmee bedoeld?  
De spaarlamp geeft dezelfde hoeveelheid licht als de gloeilamp maar gebruikt daar minder elektrische energie voor.



▲ **figuur 1**  
twee energie-stroomdiagrammen

- 5 Geef telkens aan welke energie-omzetting er plaatsvindt.

a houtkachel

chemische energie → warmte

b kerncentrale

kernenergie → elektrische energie

c olielamp

chemische energie → stralings-energie (licht)

d waterkrachtcentrale

zwaarte-energie → elektrische energie

e halogeenlamp

elektrische energie → stralings-energie (licht)

f zonnecel

stralingsenergie (licht) → elektrische energie

g windturbine + generator

bewegingsenergie → elektrische energie

- \*6 Op de fiets van Erik zit een dynamo in de as van het voorwiel. De dynamo wekt tijdens het rijden elektrische energie op voor de fietsverlichting. Als Erik 's avonds in het donker naar huis fietst, vinden verschillende energie-omzettingen plaats om de fietsverlichting te laten branden.

Welke vier energie-omzettingen vinden er plaats?

Begin bij de benen van Erik.

- bewegingsenergie van Eriks benen

→ bewegingsenergie van de wielen

- bewegingsenergie van het

voorwiel → bewegingsenergie van de dynamo

- bewegingsenergie van de dynamo

→ elektrische energie

- elektrische energie

→ licht + warmte

- 7 Hier staan vier energie-omzetters met een schema voor de energievormen bij de omzetting. Vul de schema's in.

a een halogeenlamp

elektrische energie → stralingsenergie (licht) + warmte

b een elektromotor

elektrische energie → bewegingsenergie + warmte

c het schoepenwiel van een waterkrachtcentrale

bewegingsenergie → elektrische energie + warmte

d de zonnecellen in een zonnepaneel

stralingsenergie (licht) → elektrische energie + warmte

- 8 Vul tabel 1 verder in.

▼ **tabel 1**

omrekenen in joule

|                 |                |                            |                        |                     |
|-----------------|----------------|----------------------------|------------------------|---------------------|
| 1500 J =        | 1,5 kJ =       | $1,5 \cdot 10^3$ J =       | $0,0015 \cdot 10^6$ J  |                     |
| 621 000 J =     | 621 kJ =       | $6,21 \cdot 10^3$ J =      | $0,00621 \cdot 10^6$ J |                     |
| 150 000 000 J = | 150 000 kJ =   | $150\,000 \cdot 10^3$ J =  | $150 \cdot 10^6$ J =   | $0,15 \cdot 10^9$ J |
| 3 500 000 000 J | 3 500 000 kJ = | $3\,500\,000 \cdot 10^3$ J | $3500 \cdot 10^6$ J    | $3,5 \cdot 10^9$ J  |

9 Reken uit en vul in:

- a  $360\,000\,000\text{ J} = \underline{0,00\,036}\text{ TJ}$   
 b  $18,5\text{ TJ} = \underline{18,5 \cdot 10^6}\text{ kJ}$   
 c  $35\text{ MJ} = \underline{3,5 \cdot 10^6}\text{ J}$   
 d  $100\text{ J} = \underline{0,000\,000\,000\,1}\text{ TJ}$   
 e  $16 \cdot 10^3\text{ J} = \underline{16}\text{ kJ}$   
 f  $6,5 \cdot 10^9\text{ J} = \underline{65 \cdot 10^3}\text{ MJ}$

 Meer oefening nodig? Ga naar de V-trainer.

10 Een stofzuiger heeft een elektrisch vermogen van 1,8 kW. Jeroen zuigt de huiskamer een kwartier lang op vol vermogen. De stofzuiger zet 65% van het opgenomen vermogen om in zuigkracht. De rest gaat verloren in de vorm van warmte.

a Hoeveel energie neemt de stofzuiger in dat kwartier op?

$$P = 1,8\text{ kW} = 1800\text{ W}$$

$$t = 15\text{ min} = 15 \times 60\text{ s} = 900\text{ s}$$

$$E = P \cdot t$$

$$= 1800 \times 900$$

$$= 1\,620\,000\text{ J} (= 1,62\text{ MJ})$$

b Hoeveel energie gaat er in die tijd verloren in de vorm van warmte?

$$\text{zuigkracht} = 65\%, \text{ dus warmteverlies is } 100\% - 65\% = 35\%$$

$$\text{Er gaat dus } 0,35 \times 1\,620\text{ kJ} = 567\text{ kJ verloren.}$$

## Plus De kerncentrale

11 Vul in:

- a In een kernreactor worden de kernen van uraniumatomen gespleten.  
 b Daarbij komt erg veel warmte vrij.

12 Gebruik je Binas.

In het radioactieve afval van een kerncentrale komen onder andere de isotopen jood-131 en plutonium-239 voor.

a Hoe groot is de halfwaardetijd van deze isotopen?

$$\text{jood-131: } 8,0\text{ dagen;}$$

$$\text{plutonium-239: } 2,4 \cdot 10^4\text{ jaar}$$

b Is de radioactiviteit van het jood-131 na honderd jaar al duidelijk afgenomen? Leg uit.

Ja, er is dan geen jood-131 meer over dat straling kan uitzenden.

c Is de radioactiviteit van het plutonium-239 na honderd jaar al duidelijk afgenomen? Leg uit.

Nee, verreweg het meeste plutonium-239 is na honderd jaar nog aanwezig.

d Waarom moet radioactief afval eeuwenlang goed opgeborgen blijven?

Omdat het afval nog eeuwenlang gevaarlijke straling blijft uitzenden.

# 2 Energiebronnen

## Leerstof

13 Vul in:

- a Alles wat een bruikbaar soort energie kan leveren, noem je een energiebron.
- b Fossiele brandstoffen zoals aardolie, aardgas en steenkool leveren chemische energie.
- c Er wordt hard gewerkt aan de ontwikkeling van duurzame energiebronnen.
- d In een windturbine is een generator ingebouwd, die bewegings energie omzet in elektrische energie.
- e Een zonnecollector zet stralingsenergie om in warmte.
- f Biomassa is materiaal dat van planten en dieren afkomstig is.

14 In Nederland worden verschillende energiebronnen gebruikt voor het opwekken van elektrische energie.

Maak het overzicht in tabel 2 af.

▼ tabel 2  
energiebronnen in Nederland

| energiebron           | deze bron levert  | die kan worden benut door |
|-----------------------|-------------------|---------------------------|
| biomassa              | chemische energie | een 'gewone' centrale     |
| fossiele brandstoffen | chemische energie | een 'gewone' centrale     |
| uranium               | kernenergie       | een kerncentrale          |
| waterkracht           | zwaarte-energie   | een waterkrachtcentrale   |
| wind                  | bewegingsenergie  | een windturbine           |
| zonlicht              | stralingsenergie  | zonnecellen               |

## Toepassing

15 Vroeger werd ook al van verschillende energiebronnen gebruikgemaakt. In figuur 2 zie je twee voorbeelden.

Zet onder elk type molen:

- a van welke energiebron gebruik wordt gemaakt.
- b welk soort energie die energiebron levert.



energiebron: waterkracht  
energiesoort: zwaarte-energie



energiebron: wind  
energiesoort: bewegingsenergie

▲ figuur 2  
een watermolen en een windmolen

## 16 Lees en bekijk de grafiek in figuur 3.

a De wind wordt weleens de 'grootste nieuwe stroombron' genoemd. Eigenlijk klopt dat niet. Natuurkundig gezien is wind geen bron van stroom. Wat levert de wind dan wel?

De wind levert bewegingsenergie (die je met een generator kunt omzetten in elektrische energie).

b De grafiek laat de toename van de capaciteit zien.

Wat wordt hier bedoeld met 'capaciteit'?

De capaciteit is het elektrische vermogen van bijvoorbeeld windturbines of elektriciteitscentrales.

c Hoeveel kWh werd in 2002 geproduceerd met behulp van windenergie?

circa 1 000 000 000 kWh

d Hoeveel kWh werd in 2013 geproduceerd met behulp van windenergie?

circa 5 500 000 000 kWh

e Een gemiddeld huishouden in Nederland gebruikt per jaar ongeveer 3000 kWh elektrische energie.

Hoeveel huishoudens konden in 2013 met windenergie van elektriciteit worden voorzien?

1 833 333 huishoudens

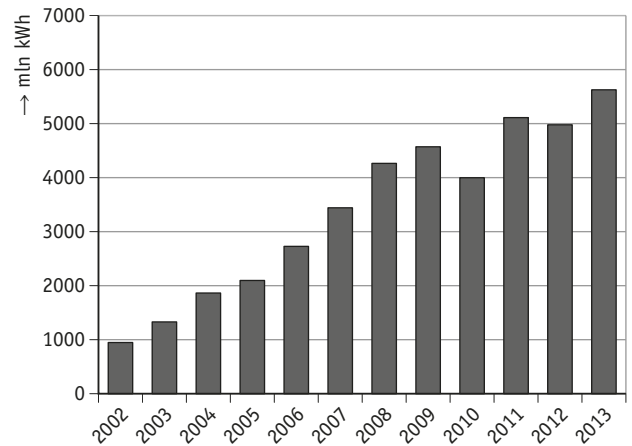
f In 2010 is er eenmalig een daling in de productie geweest.

Bedenk hiervoor een mogelijk oorzaak.

Mogelijke oorzaken:

– Het heeft in 2010 minder hard gewaaid.

– Een aantal windturbines werd vervangen of onderging groot onderhoud en was daardoor een tijd uitgeschakeld.



Bron: CBS 2015

▲ **figuur 3**  
elektriciteitsproductie windenergie

17 Het is vaak handig een voorraad energie aan te leggen om schommelingen in het aanbod te kunnen opvangen. Waar en in welke vorm wordt die voorraad energie opgeslagen:

a door een oliemaatschappij?

Oliemaatschappijen leggen grote tanks met olie aan.

b door een aardappelplant?

Een aardappelplant maakt knollen onder de grond.

c door een beer die zich voorbereidt op de winterslaap?

Een beer legt vetreserves aan.

18 Op een discussieavond over de toekomst van onze energievoorziening wordt gepraat over duurzame en hernieuwbare energiebronnen.

Zoek op internet informatie over het verschil tussen duurzame energie en hernieuwbare energie.

a Wanneer mag je een energiebron hernieuwbaar noemen?

Als deze bron niet uitgeput raakt.

b Wanneer mag je een energiebron duurzaam noemen?

Als bij de productie en het gebruik ervan geen (of veel minder) schadelijke stoffen vrijkomen.

c Geef ten minste drie voorbeelden van hernieuwbare energiebronnen.

zonlicht, wind, getijden, waterkracht, aardwarmte

Tijdens deze discussieavond noemt iemand biomassa een duurzame energiebron. Iemand anders gaat hier tegenin en zegt dat biomassa lang niet zo duurzaam is als bijvoorbeeld zonne-energie.

**d** Zoek op internet informatie over biomassa als energiebron. Geef een argument voor beide standpunten.

Biomassa is een duurzame energiebron: door het gebruik van biomassa wordt het gebruik van fossiele brandstoffen verminderd. Daardoor vermindert ook de CO<sub>2</sub>-uitstoot.  
 Biomassa is geen duurzame energiebron: bij de verbranding van biomassa wordt nog steeds CO<sub>2</sub> uitgestoten, bij het gebruik van zonne-energie niet.

**19** In figuur 4 staat een artikel uit het webmagazine van het CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek).

**a** Leg uit wat er wordt bedoeld met 'hernieuwbare elektriciteit'.

elektrische energie die wordt opgewekt met hernieuwbare energiebronnen, zoals wind, biomassa en zonlicht

**b** Hoeveel % van het totale elektriciteitsverbruik was hernieuwbaar:

- in 2000? circa 2,6%
- in 2014? circa 10%

**c** Vul in:

Tussen 2000 en 2014 is het aandeel hernieuwbare elektriciteit bijna 4 × zo groot geworden.

**d** Wat was in 2000 de belangrijkste energiebron voor hernieuwbare elektriciteit?

biomassa

**e** Wat was in 2014 de belangrijkste energiebron voor hernieuwbare elektriciteit?

windenergie

**\*20** Om elektriciteit en warmte te produceren voor de huishoudens en bedrijven in Nederland, is veel energie nodig. Die energie wordt door verschillende energiebronnen geleverd (tabel 3).

**a** Hoe groot was de bijdrage van fossiele brandstoffen (in %):

- in 2008?

$$\frac{3\,067\,360}{3\,334\,550} = 0,92.. \approx 92\%$$

- in 2013?

$$\frac{2\,969\,070}{3\,255\,760} = 0,91.. \approx 91\%$$

**b** Hoe groot was de bijdrage van duurzame energiebronnen (in %):

- in 2008?

$$\frac{118\,600}{3\,334\,550} = 0,035.. \approx 3,6\%$$

- in 2013?

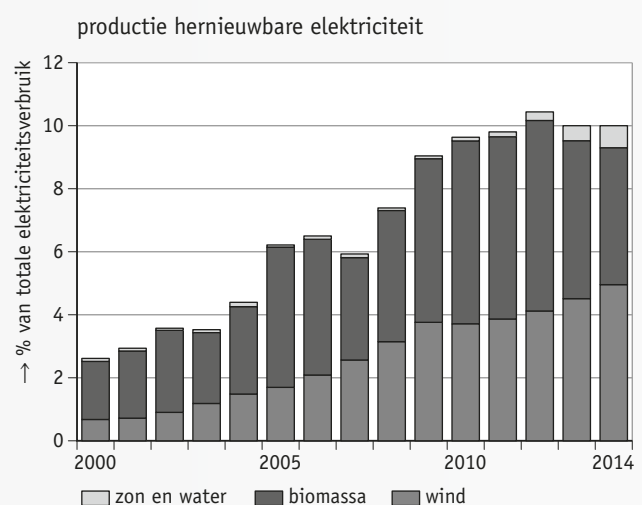
$$\frac{137\,430}{3\,255\,760} = 0,042.. \approx 4,2\%$$

Webmagazine, dinsdag 24 februari 2015 9:30

### Wind belangrijkste bron hernieuwbare elektriciteit

Voor het eerst is wind de belangrijkste energiebron voor hernieuwbare elektriciteit. De elektriciteitsproductie uit wind lag in 2014 zo'n 8 procent hoger dan in 2013, terwijl deze productie uit biomassa 16 procent lager uitpakte. Dit maakt het CBS vandaag bekend.

Bron: CBS



▲ figuur 4

In Nederland wordt steeds meer elektriciteit met wind opgewekt.

c Welke conclusie kun je trekken als je de gegevens van 2013 vergelijkt met die van 2008:

- over het totale energieverbruik?

Dat is licht gedaald (met  $\pm 3\%$ ).

- over het aandeel van fossiele brandstoffen?

Dat is licht gedaald (met  $\pm 3\%$ ).

- over het aandeel van duurzame energiebronnen?

Dat is met circa 15% gestegen.

- over het aandeel van kernenergie?

Dat is met circa 32% gedaald.

▼ **tabel 3**

energieverbruik in Nederland

| energiebronnen          | jaar | inzet (TJ) |
|-------------------------|------|------------|
| totaal energiebronnen   | 2008 | 3 334 550  |
|                         | 2013 | 3 255 760  |
| fossiele brandstoffen   | 2008 | 3 067 360  |
|                         | 2013 | 2 969 070  |
| duurzame energiebronnen | 2008 | 118 600    |
|                         | 2013 | 137 430    |
| kernenergie             | 2008 | 40 120     |
|                         | 2013 | 27 600     |
| overige energiebronnen  | 2008 | 51 410     |
|                         | 2013 | 56 010     |

Bron: CBS/StatLine 2015

21 Afval dat niet kan worden gerecycled, wordt steeds vaker als energiebron gebruikt.

- a Op welke manier kun je afval als energiebron gebruiken?

Door een afvalverbrander te koppelen aan bijvoorbeeld een elektriciteitscentrale of een stadsverwarmingsinstallatie. De warmte die vrijkomt bij de verbranding wordt dan nuttig gebruikt.

- b Veel bedrijven moeten machines koelen. Zulke bedrijven werden vaak dicht bij rivieren gebouwd zodat het rivierwater als koelwater kon worden gebruikt. Het opgewarmde water loosden zij dan weer op de rivier. Daardoor werd de rivier 'thermisch verontreinigd'.

Leg uit wat wordt bedoeld met 'thermisch verontreinigd'.

De temperatuur van het rivierwater stijgt door het geloosde koelwater. (Daardoor werd bijvoorbeeld vissterfte veroorzaakt.)

## Plus Aardwarmte als energiebron

22 Aardwarmte wordt zowel gebruikt voor de verwarming als voor de koeling van een huis. Daarbij wordt grondwater gebruikt.

- a Beschrijf hoe met grondwater een huis kan worden verwarmd.

Grondwater wordt opgepompt vanaf diepten tussen 20 en 100 m. Met een warmtepomp wordt dit water ongeveer 4 °C afgekoeld. Met de vrijgekomen warmte wordt het huis verwarmd.

- b Beschrijf hoe met grondwater een huis 's zomers kan worden gekoeld.

De warmte in huis wordt gebruikt om het koude grondwater

warmer te maken. Het verwarmde grondwater wordt vervolgens in de grond teruggepompt.

23 Aardwarmtesystemen hebben voordelen en nadelen.

- a Schrijf drie voordelen op.

- laag energieverbruik
- geen afvoer voor verbrandingsgassen nodig
- veel lagere CO<sub>2</sub>-uitstoot

- b Schrijf twee nadelen op.

- hoge investeringskosten
- bij bestaande huizen is een verbouwing nodig

# 3 Energiebronnen en het milieu

## Leerstof

- 24 Bij de verbranding van fossiele brandstoffen ontstaan verschillende gassen. Sommige van die gassen zijn schadelijk voor het milieu.
- a Welk gas versterkt volgens veel deskundigen het broeikaseffect? koolstofdioxide ( $CO_2$ )
- b Wat is volgens deze deskundigen het gevolg van dit versterkte broeikaseffect?  
Door het versterkte broeikaseffect wordt de atmosfeer rond de aarde langzaam opgewarmd.
- c Op welke waarnemingen baseren de deskundigen hun conclusies?  
– Over de hele wereld smelten gletsjers sneller dan vroeger. Ze worden steeds kleiner.  
– Op de Noordpool ligt 's zomers veel minder ijs dan tien jaar geleden.
- d Welke gassen dragen bij aan het ontstaan van smog? stikstofoxiden ( $NO_x$ )
- e Welke gassen veroorzaken zure regen? zwaveldioxide ( $SO_2$ ) en stikstofoxiden ( $NO_x$ )
- 25 Het kernaafval van een kerncentrale moet eeuwenlang veilig worden opgeslagen. Waarom is dat nodig?  
Het duurt duizenden jaren voordat de hoeveelheid straling zo klein is dat het afval niet meer gevaarlijk is.
- 26 Noem drie 'schone' energiebronnen.  
bijvoorbeeld wind, waterkracht, zonlicht, aardwarmte, getijdenwerking

## Toepassing

- 27 In tabel 4 worden zes energiebronnen genoemd die in Nederland worden gebruikt.

Beantwoord de vragen in de tabel met 'ja' of 'nee'.

▼ tabel 4

energiebronnen in Nederland

| energiebron | Moet de bron geïmporteerd worden? | Kan de bron in de toekomst uitgeput raken? | Is de bron op elk moment beschikbaar? |
|-------------|-----------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------|
| aardgas     | nee                               | ja                                         | ja                                    |
| steenkool   | ja                                | ja                                         | ja                                    |
| uranium     | ja                                | ja                                         | ja                                    |
| waterkracht | ja                                | nee                                        | ja                                    |
| wind        | nee                               | nee                                        | nee                                   |
| zonlicht    | nee                               | nee                                        | nee                                   |

- 28 Elke manier om elektriciteit op te wekken, heeft nadelen.

Noteer de nadelen van:

- a windturbines.

Windturbines zijn gevaarlijk voor trekvogels. Veel mensen vinden dat windturbines de horizon vervuilen. De wieken van windturbines veroorzaken geluidsoverlast.

- b stuwmeren in de Zwitserse Alpen.

Bijvoorbeeld:

– Bij de aanleg van een stuwmeer komt een prachtig dal onder water te staan.

– Voor het maken van een waterkrachtcentrale zijn grondstoffen en energie nodig; daarbij ontstaat afval.

– Als de waterstand in het stuwmeer te laag is, kan de centrale geen elektriciteit produceren.

c elektriciteit die in Zweden wordt opgewekt met steenkool of aardolie.

Bij de verbranding hiervan komt zwaveldioxide in de lucht, waardoor de regen en het water in de meren verzuurt.

d kerncentrales.

Kerncentrales produceren levensgevaarlijk radioactief afval dat duizenden jaren zorgvuldig moet worden bewaard voordat de radioactiviteit zo laag is geworden dat er geen gevaar meer bestaat.

b Waardoor wordt deze stijging volgens de meeste deskundigen veroorzaakt?

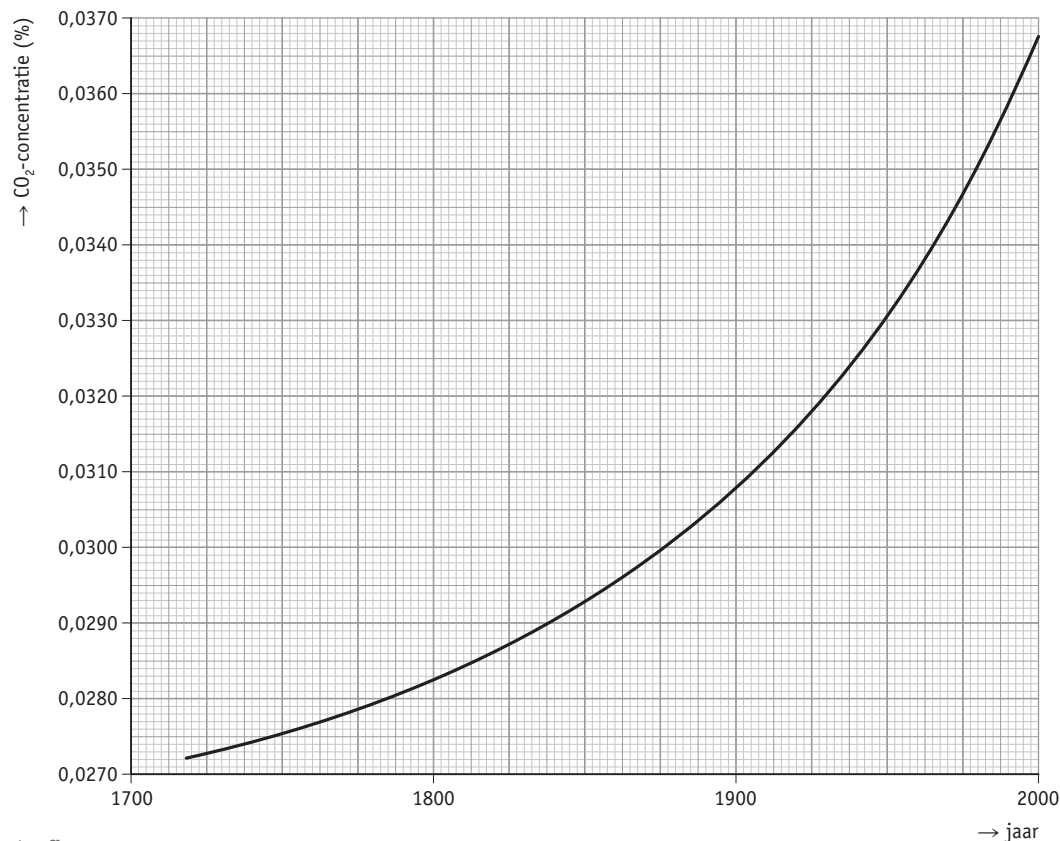
Volgens hen komt dat doordat de mensen in de laatste tweehonderd tot driehonderd jaar steeds grotere hoeveelheden fossiele brandstoffen zijn gaan verbranden.

c Schat hoeveel  $\text{CO}_2$  de atmosfeer in 2050 zal bevatten. Leg uit hoe je die schatting hebt gemaakt. Ongeveer 0,040%. Je kunt dit schatten door de grafiek door te trekken en de assen te verlengen.

29 In de grafiek van figuur 5 kun je zien hoe de  $\text{CO}_2$ -concentratie in de atmosfeer vanaf 1700 is gestegen.

a Hoe hoog was de  $\text{CO}_2$ -concentratie in de atmosfeer:

- in 1800? 0,0282%
- in 1850? 0,0292%
- in 1900? 0,0307%
- in 1950? 0,0328%
- in 2000? 0,0365%



▲ figuur 5  
de stijging van de  $\text{CO}_2$ -concentratie in de atmosfeer

### Biomassa

Snouehout, stro en andere plantenresten kunnen worden gebruikt als brandstof voor de opwekking van elektriciteit. Deze plantaardige brandstof, die speciaal wordt geteeld, heet biomassa. Door vergassing en verbranding van biomassa wordt op een efficiënte wijze elektriciteit opgewekt. Doordat planten tijdens het groeiproces CO<sub>2</sub> opnemen uit de lucht, komt er bij verbranding geen extra CO<sub>2</sub> vrij.

*Uit: een brochure van de stichting Groene stroom*

#### ▲ figuur 6

grote hoeveelheden biomassa

30 Lees de tekst in figuur 6.

a Wat is biomassa?

Biomassa is materiaal van planten (en dieren) dat wordt gebruikt om elektriciteit op te wekken.

b Welk soort energie levert biomassa?

chemische energie

c Noem twee voordelen van deze energiebron.

- Biomassa is CO<sub>2</sub>-neutraal; er is geen extra CO<sub>2</sub>-afgifte.
- Biomassa is een hernieuwbare energiebron die niet uitgeput raakt.

#### ▼ figuur 7

warmteopslag in de oceaan

### Bovenlaag oceaan speelt hoofdrol bij zeespiegelstijging

De extra energie die door het versterkte broeikaseffect in de oceanen wordt gepompt, blijft in de bovenste honderden meters oceaanwater steken en verdwijnt niet naar de echte diepzee. De opwarmende bovenlaag van 700 tot 200 meter speelt de hoofdrol in de zeespiegelstijging, omdat die geleidelijk uitzet.

Dat komt naar voren uit metingen met boeien op zee, die nu voor het eerst ook op het zuidelijk

d Bedenk zelf een nadeel van deze energiebron.

Bijvoorbeeld: het kost veel tijd om bomen en planten te laten groeien; er zijn grote gebieden nodig voor het kweken van bomen en planten.

31 In de tekst van figuur 6 is sprake van 'extra CO<sub>2</sub>'.

Wat wordt daarmee bedoeld?

De CO<sub>2</sub> die vrijkomt bij de verbranding van biomassa is niet lang daarvoor door de plant uit de atmosfeer gehaald. De CO<sub>2</sub> die vrijkomt bij de verbranding van fossiele brandstoffen is miljoenen jaren geleden door planten uit de atmosfeer gehaald. Als die CO<sub>2</sub> nu weer vrijkomt, komt er extra CO<sub>2</sub> in de atmosfeer.

32 Lees de tekst van figuur 7. Amerikaanse onderzoekers beweren dat de bovenlaag van de oceaan een hoofdrol speelt bij de zeespiegelstijging.

a Op wat voor manier speelt de bovenlaag die hoofdrol? Leg je antwoord uit.

Door de opwarming zet de bovenlaag uit. De bovenlaag kan niet naar beneden uitzetten, wel naar boven. Daardoor stijgt de zeespiegel.

b Leg uit dat je de bovenlaag van de oceaan als een energiebron kunt beschouwen.

Er is energie in de vorm van warmte opgeslagen in het oceaanwater.

half rond zijn gebruikt om energiebalans en temperatuur van de wereldzeeën te schatten. Daarvoor gebeurde dat daar alleen met rekenmodellen. Amerikaanse oceanografen zeggen dat de schatting voor de energie-opname in de zuidelijke zeeën omhoog moet worden bijgesteld voor de bovenste twee kilometer water. Daar wordt anderhalf tot tweeënhalft keer zo veel warmte opgeslagen als eerder werd gedacht. In de diepten daaronder, zo is gebleken, wordt daarentegen nauwelijks warmte opgeslagen.

## Plus Energielabel voor auto's

33 Op de televisie wordt reclame gemaakt voor een 'zuinige auto'.

a Omschrijf zo nauwkeurig mogelijk wat er wordt verstaan onder een zuinige auto.

een auto die om dezelfde afstand af te leggen, veel minder benzine nodig heeft dan andere auto's

b Noteer vier manieren die auto-ontwerpers kunnen gebruiken om een zuiniger auto te maken.

- een goede stroomlijn aanbrengen, zodat de auto weinig luchtweerstand heeft

- een motor met minder cilinderinhoud monteren (een 1.1 liter motor gebruikt bijvoorbeeld minder brandstof dan een 1.6 liter motor)

- het gewicht van de auto omlaag brengen door lichte materialen te gebruiken (bijvoorbeeld glasvezel in plaats van staal)

- een elektromotor (erbij) plaatsen

34 Bekijk het energielabel in figuur 14 van je handboek.

a Op welke twee manieren wordt het brandstofverbruik van de auto aangegeven?

- als 7,2 liter per 100 km

- als 1 liter per 13,9 km

b Laat door een berekening zien dat beide manieren met elkaar overeenstemmen.

De auto rijdt 100 km op 7,2 liter benzine.

Op 1 liter benzine rijdt de auto dus  $100 / 7,2 \approx 13,9$  km.

c Bij een rit stoot de auto 16,2 kg CO<sub>2</sub> uit.

Hoeveel km heeft de auto gereden?

De auto stoot 173 g CO<sub>2</sub> uit per gereden kilometer.

Tijdens de hele rit is de uitstoot 16,2 kg = 16 200 g.

De afgelegde afstand is dus  $16\,200 / 173 \approx 93,64$  km.

# 4 Rekenen met energie

## Leerstof

35 Uit hoeveel significante cijfers bestaan de volgende meetresultaten?

a 0,2365 K

4 significante cijfers

b 140 kg

3 significante cijfers

c 0,0650 m

3 significante cijfers

d 644 m

3 significante cijfers

e 321,0080 N

7 significante cijfers

36 Vul in:

a Je kunt de hoeveelheid elektrische energie berekenen met de formule:

$$E_{el} = P \cdot t = U \cdot I \cdot t$$

b Je kunt de hoeveelheid zwaarte-energie berekenen met de formule:

$$E_z = m \cdot g \cdot h$$

c Je kunt de hoeveelheid bewegingsenergie berekenen met de formule:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

37 Hoe luidt de wet van behoud van energie?

De totale hoeveelheid energie voor en na de energieomzetting is even groot.

## Toepassing

In de opgaven mag je rekenen met:  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

38 Reken uit en geef het antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

a  $187,500 + 90,60 = 278,10 \text{ m}$

b  $50,00 - 5,8 = 44,2 \text{ mL}$

c  $3,44 \times 3,78 = 13,0$

d  $8,297 / 9,00 = 0,922$

e  $0,50 \times 0,340 = 0,17$

f  $9,3001 / 30 = 0,31$

g  $400 \times 0,004 = 2$

h  $0,0540 / 200,00 = 0,000270$  of  $2,70 \cdot 10^{-4}$

 Meer oefening nodig? Ga naar de V-trainer.

39 Bereken de hoeveelheid elektrische energie die nodig is om:

a een elektrische bel 5 seconden te laten rinkelen:

$$U = 8 \text{ V}, I = 0,6 \text{ A.}$$

$$E_{el} = U \cdot I \cdot t$$

$$= 8 \times 0,6 \times 5$$

$$= 24 \text{ J}$$

b de koplamp van een auto 10 minuten te laten branden:  $U = 12 \text{ V}, I = 5,3 \text{ A}$ .

$$t = 10 \times 60 = 600 \text{ s}$$

$$E_{el} = U \cdot I \cdot t$$

$$= 12 \times 5,3 \times 600$$

$$= 38\,160 \text{ J} \approx 38 \text{ kJ}$$

\*40 Er bestaan halogeenlampen voor 12 V en voor 230 V.

a Bereken de stroomsterkte door een halogeenlamp van 50 W die geschikt is voor een spanning van 12 V.

$$I = P / U$$

$$= 50 / 12$$

$$= 4,16 \text{ A} \approx 4,2 \text{ A}$$

b Bereken de stroomsterkte door een halogeenlamp van 50 W die geschikt is voor een spanning van 230 V.

$$I = P / U$$

$$= 50 / 230$$

$$= 0,21 \text{ A} \approx 0,2 \text{ A}$$

c Leg uit dat beide lampen toch evenveel energie verbruiken.

Beide lampen hebben een vermogen van 50 W en verbruiken dus evenveel elektrische energie.

**41** Bereken de hoeveelheid zwaarte-energie:

- a** van een piano (185 kg) die door verhuizers naar de derde verdieping van een gebouw (op 7,2 m boven de grond) is gehesen.

$$m = 185 \text{ kg}$$

$$h = 7,2 \text{ m}$$

$$E_z = m \cdot g \cdot h$$

$$= 185 \times 10 \times 7,2$$

$$= 13\,320 \text{ J} \approx 13 \text{ kJ}$$

- b** van een Boeing 747-400 (300 000 kg) die op 9 km hoogte vliegt.

$$m = 300\,000 \text{ kg} = 3 \cdot 10^5 \text{ kg}$$

$$h = 9 \text{ km} = 9000 \text{ m} = 9 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$E_z = m \cdot g \cdot h$$

$$= 3 \cdot 10^5 \times 10 \times 9 \cdot 10^3$$

$$= 27 \cdot 10^9 \text{ J} = 27 \text{ TJ}$$

**42** Een man van 84 kg staat op een balkon op 2,5 m boven de grond. Hij zwaait naar een kleuter van 14 kg die op het balkon van een ander gebouw staat. Dat balkon bevindt zich 15 m boven de grond.

- a** Wie heeft de meeste zwaarte-energie, denk je, de man of de kleuter?

*eigen antwoord*

- b** Onderzoek met een berekening of je gelijk had.

*De man:*

$$m = 84 \text{ kg}$$

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

$$E_z = m \cdot g \cdot h$$

$$= 84 \times 10 \times 2,5$$

$$= 2100 \text{ J} = 2,1 \text{ kJ}$$

*De kleuter*

$$m = 14 \text{ kg}$$

$$h = 15 \text{ m}$$

$$E_z = m \cdot g \cdot h$$

$$= 14 \times 10 \times 15$$

$$= 2100 \text{ J} = 2,1 \text{ kJ}$$

*De man en de kleuter hebben dus evenveel zwaarte-energie.*

**43** Bereken de hoeveelheid kinetische energie:

- a** van een op afstand bestuurbare speelgoedauto met een massa van 1,6 kg en een snelheid van 3,0 m/s.

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$= 0,8 \times 3^2$$

$$= 7,2 \text{ J}$$

- b** van een geweerkogel met een massa van 20 g en een snelheid van 100 m/s.

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$= 0,01 \times 100^2$$

$$= 100 \text{ J} = 0,1 \text{ kJ}$$

- c** van een vrachtauto met een massa van  $35 \cdot 10^3$  kg en een snelheid van 81 km/h (22,5 m/s).

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$= 17,5 \cdot 10^3 \times 22,5^2$$

$$= 8\,859\,375 \text{ J} \approx 8,9 \text{ MJ}$$

**44** De bovenste verdieping van het Shanghai World Financial Center in China bevindt zich op 474 m boven de grond (figuur 8).

- a** Bereken de zwaarte-energie van een elektrische lift met vijf personen (totale massa 620 kg) op die hoogte.

$$m = 620 \text{ kg}$$

$$h = 474 \text{ m}$$

$$E_z = m \cdot g \cdot h$$

$$= 620 \times 10 \times 474$$

$$= 2\,938\,800 \text{ J} \approx 2,94 \text{ MJ}$$

Volgens Erik volgt uit de wet van behoud van energie dat de elektrische energie die nodig is om de lift naar de bovenste verdieping te brengen, gelijk is aan de zwaarte-energie van de lift.

- b** Heeft Erik gelijk? Leg je antwoord uit.

*Erik heeft ongelijk, want de elektromotor die de lift omhoog brengt wordt warm, dus is er meer dan 2,94 MJ nodig om de lift naar de bovenste verdieping te brengen.*

► **figuur 8**  
de Shanghai-toren



- 45 In wintersportgebieden brengt een skilift mensen naar de top van een berghelling. Als er sneeuw ligt, kunnen ze op ski's of met een snowboard naar beneden (figuur 9).



▲ figuur 9

Een skilift brengt mensen naar boven.

- a De skilift brengt een vader met zijn drie kinderen omhoog. Hun totale massa is 225,2 kg.

Bereken de toename van de zwaarte-energie van de vader met kinderen als de lift 139 m omhooggaat.

$$\begin{aligned} E_z &= m \cdot g \cdot h \\ &= 225,2 \times 10 \times 139 \\ &= 313\,028 \text{ J} \approx 3,1 \cdot 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

- b De skilift wordt aangedreven door een elektromotor op een spanning van 400 V. De motor heeft een vermogen van 90 kW.

Bereken de stroomsterkte door de elektromotor.

$$\begin{aligned} I &= P / U \\ &= 90\,000 / 400 \\ &= 225 \text{ A} \end{aligned}$$

Naar: examen 2014-I

- 46 Een bloempot van 1,45 kg valt van 15,0 m hoogte naar beneden.

Bereken met welke snelheid de bloempot de grond raakt. Ga ervan uit dat alle zwaarte-energie wordt omgezet in bewegingsenergie.

$$\begin{aligned} m &= 1,45 \text{ kg} \\ h &= 15,0 \text{ m} \\ E_z \text{ op het hoogste punt} &= E_k \text{ op het laagste punt} \\ \text{Dus: } m \cdot g \cdot h &= \frac{1}{2} m \cdot v^2 \\ 1,45 \times 10 \times 15,0 &= 0,725 \times v^2 \\ 217,5 &= 0,725 \times v^2 \\ v^2 &= 217,5 / 0,725 = 300 \\ v &= \sqrt{300} \approx 17,3 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- 47 De schommel van figuur 10 beweegt, zonder dat er iemand op zit, met een snelheid van 3,0 m/s door de laagste stand.

- a Bereken tot welke hoogte de schommel stijgt als de plank een massa heeft van 1,0 kg.

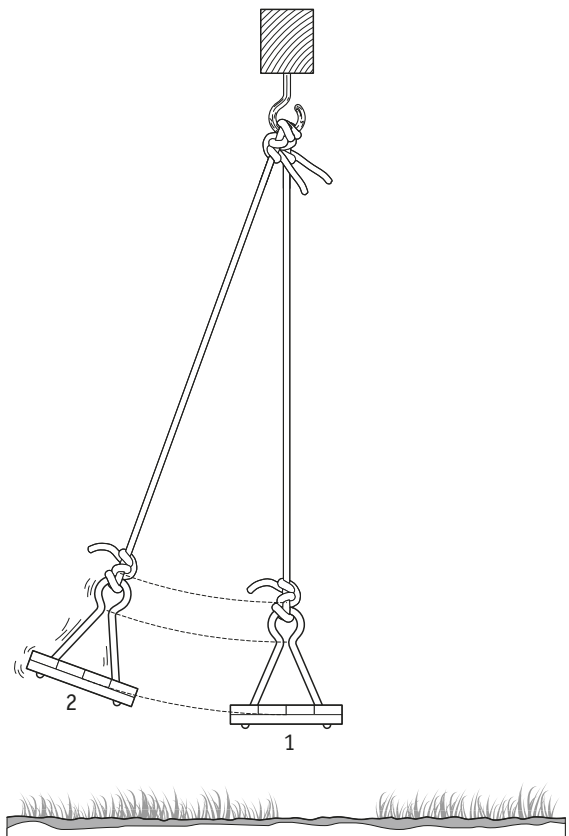
$$\begin{aligned} v &= 3,0 \text{ m/s} \\ m &= 1,0 \text{ kg} \\ m \cdot g \cdot h &= \frac{1}{2} m \cdot v^2 \\ 1 \times 10 \times h &= 0,5 \times 3^2 \\ 10 \times h &= 4,5 \\ h &= 4,5 / 10 = 0,45 \text{ m} \end{aligned}$$

- b Bereken tot welke hoogte de schommel stijgt, maar nu als de plank een massa heeft van 2,0 kg.

$$\begin{aligned} v &= 3,0 \text{ m/s} \\ m &= 2,0 \text{ kg} \\ m \cdot g \cdot h &= \frac{1}{2} m \cdot v^2 \\ 2 \times 10 \times h &= 1,0 \times 3^2 \\ 20 \times h &= 9 \\ h &= 9 / 20 = 0,45 \text{ m} \end{aligned}$$

- c Welke conclusie kun je uit de antwoorden bij vraag a en b trekken?

De massa maakt niet uit voor de hoogte die je met een bepaalde snelheid kunt bereiken.



▲ figuur 10

een lege schommel: op het laagste (1) en het hoogste (2) punt

- 48** Een chauffeur krijgt tijdens een afdaling in de bergen pech aan zijn remmen. Hij stuurt zijn vrachtwagen een vluchthelling op. Op dat moment rijdt de vrachtauto 108 km/h.  
Bereken de hoogte  $h$  die de vluchthelling moet hebben om de vrachtauto tot stilstand te brengen.  
 $v = 108 \text{ km/h} = 108/3,6 = 30 \text{ m/s}$   
 $m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m \cdot v^2$   
 Vul de gegevens in:  
 $10 \times m \times h = 0,5 \times m \times 30^2$   
 Deel links en rechts door  $m$ :  
 $10 \times h = 0,5 \times 30^2$   
 $10 \times h = 450$   
 $h = 450 / 10 = 45 \text{ m}$

- 49** Een wielrenner rijdt vanaf een vlakke polderweg zonder te trappen tegen een dijk van 4,0 m hoogte op. Boven aangekomen heeft de wielrenner nog een snelheid van 2,0 m/s (7,2 km/h).

Wielrenner en fiets hebben samen een massa van 62 kg. Je mag de wrijving verwaarlozen.  
Bereken welke snelheid de wielrenner had vlak voordat hij de helling opreed.

Bovenaan geldt:

$$m = 62 \text{ kg}$$

$$v = 2,0 \text{ m/s}$$

$$h = 4,0 \text{ m}$$

De wielrenner heeft zowel  $E_z$  als  $E_k$ :

$$E_{\text{tot}} = m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$= 62 \times 10 \times 4 + \frac{1}{2} \times 62 \times 22$$

$$= 2604 \text{ J}$$

Volgens de wet van behoud van energie geldt onder aan de dijk:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$2604 = \frac{1}{2} \times m \cdot v^2$$

$$v^2 = 2604 / 31 = 84$$

$$v = \sqrt{84} = 9,2 \text{ m/s (33 km/h)}$$

## Plus Energie-omzettingen in een heimachine

- 50** Een heimachine met een generator die op dieselolie werkt, hijst een heiblok 1,75 m boven een paal.  
Als het blok op de paal valt, gaat de paal 20 cm de grond in.

Bij vraag a en b hoef je geen rekening te houden met energieverlies door het ontstaan van warmte.

- a** Welke energie-omzettingen vinden er plaats bij het ophijzen van dit heiblok?

bij de verbranding van de dieselolie:  
chemische energie  $\rightarrow$  elektrische energie

bij het ophijzen van het blok:  
elektrische energie  $\rightarrow$

bewegingsenergie

- b** Welke energie-omzettingen vinden er plaats bij het in de grond duwen van de paal?

tijdens het vallen van het blok:

zwaarte-energie  $\rightarrow$

bewegingsenergie

tijdens het in de grond zakken van de paal: bewegingsenergie van het blok  $\rightarrow$  bewegingsenergie van de paal

- 51** Een heimachine heeft een heiblok van 1250 kg en moet vijftien palen 8 m de grond in slaan.

Bij elke klap van het blok gaat een paal 20 cm verder de grond in. Het heiblok wordt elke keer precies 1,75 m omhoog getakeld. De generator zet 80% van de opgenomen energie om in elektrische energie.

Hoeveel liter dieselolie moet de motor verbranden om alle palen in de grond te slaan?

$$\text{Zwaarte-energie blok } E_z = m \cdot g \cdot h = 1250 \times 10 \times 1,75 = 21\,875 \text{ J}$$

$$\text{Elke paal krijgt } 800 / 20 = 40 \text{ klappen, 15 palen krijgen } 15 \times 40 = 600 \text{ klappen.}$$

$$\text{De generator moet } 600 \times 21\,875 \text{ J} = 13\,125\,000 \text{ J afgeven.}$$

$$\text{Dat is 80\% van de opgenomen energie. De generator neemt dus in totaal } 100 / 80 \times 13\,125\,000 = 16\,406\,250 \text{ J op.}$$

$$\text{Verbrandingswarmte dieselolie} = 36\,000 \text{ J/cm}^3$$

$$16\,406\,250 / 36\,000 = 455,73 \text{ cm}^3 \approx 0,46 \text{ L dieselolie}$$

# 5 Rendement

## Leerstof

52 Vul in:

- a Je kunt het rendement van een apparaat berekenen met de formules:

$$\eta = \frac{E_{af}}{E_{op}} \cdot 100\%$$

en

$$\eta = \frac{P_{af}}{P_{op}} \cdot 100\%$$

- b Bij een spaarlamp is:

- $E_{af}$  de hoeveelheid energie die wordt omgezet in licht.
- $E_{op}$  de hoeveelheid elektrische energie die de lamp opneemt.

- c Je kunt het rendement ook berekenen door het afgegeven vermogen te delen door het opgenomen vermogen.

53 Voor allerlei apparaten zijn 'energiezuinigere' alternatieven ontwikkeld. Het nieuwe apparaat kan hetzelfde als het oude apparaat, maar heeft een flink lager energieverbruik.

- a Geef twee voorbeelden van zulke 'energiezuinige' apparaten.

de spaarlamp en de hr-ketel

- b Voor welke oude apparaten vormen deze apparaten een alternatief?

voor de gloeilamp en de ouderwetse cv-ketel

54 Op welke twee manieren kun je elektrische energie besparen?

- door het vermogen kleiner te maken
- door de tijd kleiner te maken

## Toepassing

In de opgaven mag je rekenen met:  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

55 In een gewone (ouderwetse) cv-ketel wordt 75% van de opgenomen chemische energie nuttig gebruikt. In een hr-ketel is dat 90%. In figuur 11 zie je de energie-stroomdiagrammen van deze ketels.

- a Teken in elk diagram twee pijlen: één voor de nuttig gebruikte warmte en één voor de warmte die verloren gaat.

- b Welke cv-ketel verbruikt het meeste aardgas?  
de gewone cv-ketel

- c Waaraan zie je dat de ketels evenveel heet water leveren?

De pijlen met 'nuttige warmte' zijn precies even breed.

- d Volgens de reclame is een hr-ketel 'zuiniger met energie'.

Wat wordt daarmee bedoeld?

Een hr-ketel produceert evenveel heet water als een gewone cv-ketel, terwijl hij minder chemische energie verbruikt.

56 David doet een proef met een gloeilamp, een spaarlamp en een led-lamp. De lampen geven alle drie evenveel licht.

David sluit elke lamp aan op een kilowattuurmeter en laat de lampen vervolgens 24 uur branden. Daarna noteert hij de meetresultaten in tabel 5.

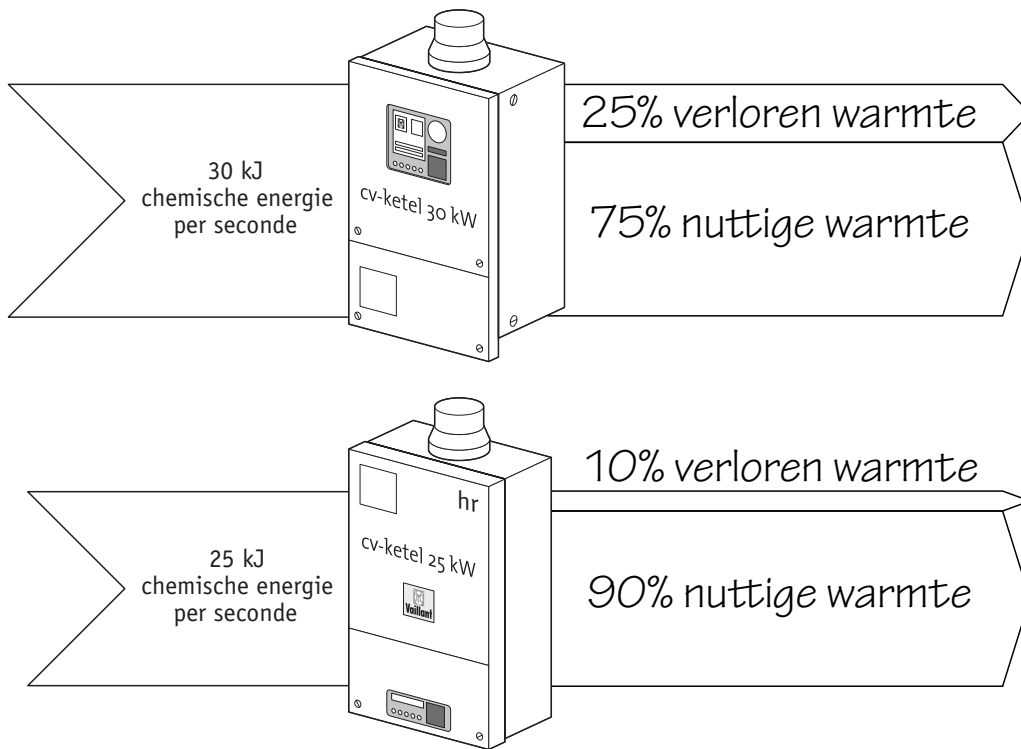
- a Vul kolom 4 in.

- b Vul daarna kolom 1 in.

### ▼ tabel 5

de meetresultaten van Davids proef

| soort lamp | beginstand (kWh) | eindstand (kWh) | verbruik (kWh) |
|------------|------------------|-----------------|----------------|
| gloeilamp  | 16 108,7         | 16 111,1        | 2,4            |
| led-lamp   | 17 678,3         | 17 678,6        | 0,3            |
| spaarlamp  | 21 913,5         | 21 914,8        | 1,3            |



▲ **figuur 11**  
energie-stroomdiagrammen van een gewone  
en een hr-ketel

57 Lees de folder van een Nederlandse fabrikant van led-lampen (figuur 12).

Bij het berekenen van de energiebesparing gaat de fabrikant uit van een kWh-prijs.

**a** Wat kost 1 kWh volgens deze fabrikant?

$$\text{€ } 12,00 / 60 = \text{€ } 0,20$$

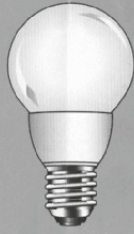
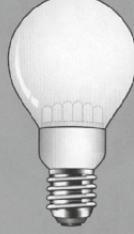
**b** Het nuttig vermogen van de spaarlamp is 1 W. Bereken het rendement van de spaarlamp.

$$1 / 5 = 0,2$$

$$0,2 \times 100\% = 20\%$$

Naar: examen 2013-I

**DE VOORDELEN OP EEN RIJ:**

| spaarlamp                                                                            | LED lamp                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| <b>5 W</b>                                                                           | <b>2 W</b>                                                                            |
| <b>6.000 branduren</b>                                                               | <b>30.000 branduren</b>                                                               |

• Deze lamp gaat 30 keer langer\* mee dan een normale gloeilamp!

|                          | 5 W spaarlamp   | = | 2 W LED lamp     |
|--------------------------|-----------------|---|------------------|
| lichtopbrengst:          | 6.000 branduren |   | 30.000 branduren |
| verbruik 30 jaar:        | 150 kWh         |   | 60 kWh           |
| energiekosten 30 jaar**: | € 30,-          |   | € 12,-           |

▲ **figuur 12**  
een spaarlamp en een led-lamp

58 Bekijk de energie-stroomdiagrammen in figuur 13.

Bereken het rendement van:

a de hogedruk-natriumlamp.

$$\eta = \frac{E_{af}}{E_{op}} \cdot 100\% = \frac{118}{400} \times 100\% = 29,5\%$$

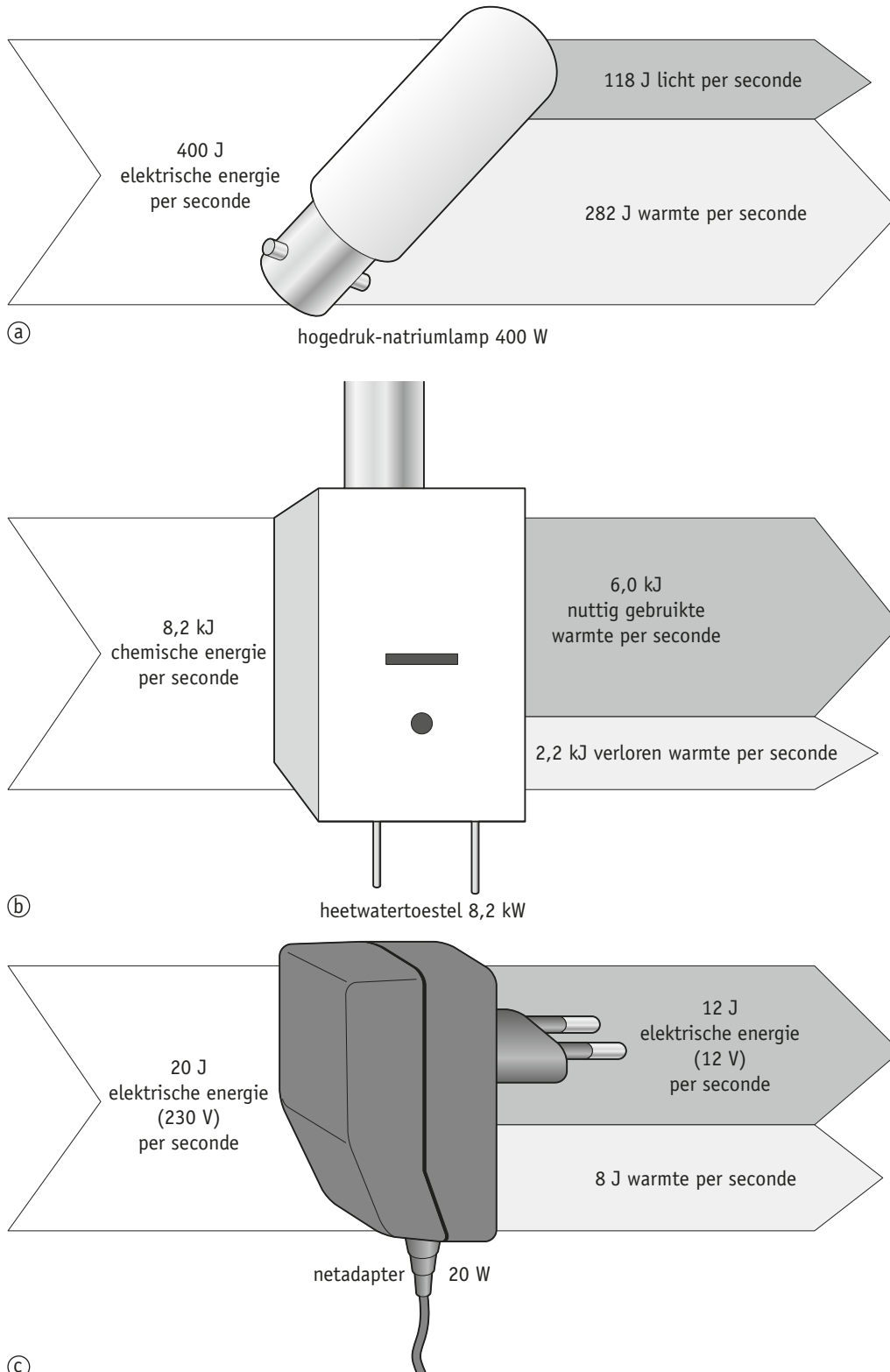
b het heetwatertoestel.

$$\eta = \frac{E_{af}}{E_{op}} \cdot 100\% = \frac{6000}{8200} \times 100\% = 73,2\%$$

c de netadapter.

$$\eta = \frac{E_{af}}{E_{op}} \cdot 100\% = \frac{12}{20} \times 100\% = 60\%$$

▼ figuur 13  
drie energie-omzetters



- 59 1 m<sup>3</sup> aardgas levert bij verbranding 32 MJ warmte.

Hoeveel MJ daarvan wordt nuttig gebruikt:

- a in een ouderwetse cv-ketel (rendement 75%)?

$$75\% \text{ van } 32 \text{ MJ} = 0,75 \times 32 \text{ MJ} = 24 \text{ MJ}$$

- b in een moderne hr-ketel (rendement 90%)?

$$90\% \text{ van } 32 \text{ MJ} = 0,90 \times 32 \text{ MJ} = 28,8 \text{ MJ}$$

- 60 Lees het artikel in figuur 14.

De rugzak kan langs het frame op en neer bewegen.

Deze beweging drijft een kleine dynamo aan.

De geleverde energie kan worden opgeslagen in oplaadbare batterijen (figuur 15).

De rugzak (36 kg) beweegt tijdens het lopen met een hoogteverschil van 5 cm op en neer. Daarbij wordt zwaarte-energie omgezet in bewegingsenergie.

- a Hoeveel zwaarte-energie zet de rugzak tijdens het lopen per stap om in bewegingsenergie?

$$m = 36 \text{ kg}$$

$$h = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$$

$$E_z = m \cdot g \cdot h$$

$$= 36 \times 10 \times 0,05$$

$$= 18 \text{ J}$$

Omdat het vermogen van de rugzak afhankelijk is van bewegingen, noem je dit het mechanische vermogen.

Dit wordt berekend met de volgende formule:

$$\text{mechanisch vermogen} = \frac{\text{zwaarte-energie}}{\text{tijd voor één stap}}$$

- b Bereken het mechanisch vermogen als de loper twee stappen per seconde zet.

$$P = \frac{E_z}{t} = \frac{18}{0,5} = 36 \text{ W}$$

- c Het elektrische vermogen dat de dynamo in die situatie levert, is 4 W.

Bereken het rendement van de rugzak in dit geval.

$$P_{op} = 36 \text{ W}$$

$$P_{af} = 4 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_{af}}{P_{op}} \cdot 100\% = \frac{4}{36} \times 100\%$$

$$\approx 11\%$$

Naar: examen 2008-I

## Loopstroom

Energie opwekken met een rugzak is mogelijk.

Mensen die op een expeditie gaan, willen de

batterijen van hun gps, mobiele telefoon, mp3-

speler en andere apparatuur graag eenvoudig

opladen. Daarvoor kunnen ze opvouwbare

zonnepanelen meenemen. Maar die nemen ruimte

in en op bewolkte dagen is er te weinig licht om

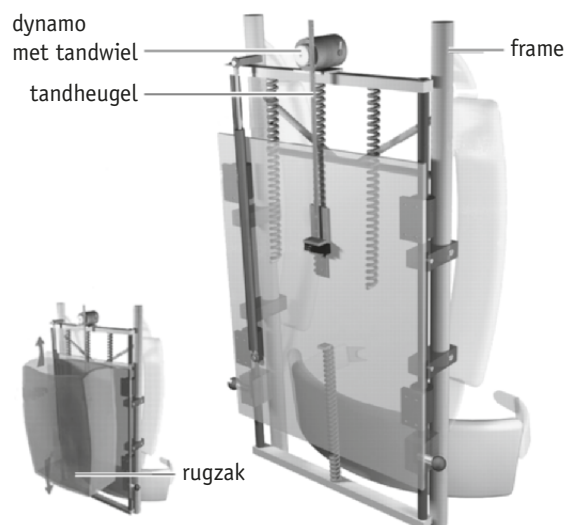
goed te kunnen laden. Een speciale rugzak, de

**suspended-load backpack**, lost dit probleem op.



▲ figuur 14

Loopstroom: iets voor jou?



▲ figuur 15

Zo werkt de suspended-load backpack.

- \*61** Op een lanceerbasis voor ruimtevaartuigen wordt een raket op een reusachtig platform naar de lanceerplaats getransporteerd (tabel 6). Het platform wordt verplaatst met behulp van elektromotoren. De benodigde elektrische energie wordt opgewekt met generatoren die worden aangedreven door dieselmotoren. Deze verbranden tijdens het verplaatsen  $7,6 \cdot 10^3$  L ( $\text{dm}^3$ ) dieselolie.

▼ **tabel 6**  
gegevens van het platform

|                                        |                      |
|----------------------------------------|----------------------|
| massa (met raket)                      | $6,22 \cdot 10^6$ kg |
| totale aandrijfkracht van het platform | 3,2 MN               |
| vermogen van één generator             | 750 kW               |
| aantal generatoren                     | 4                    |

De afstand van de hangar naar het lanceerplatform is 6,8 km.

Het verplaatsen van het platform duurt 7,60 uur.

- a** Bereken met de gegevens in tabel 6 hoeveel energie de generatoren bij de verplaatsing leveren.

$$P = 4 \times 750 \text{ kW} = 3000 \text{ kW}$$

$$T = 7,60 \text{ uur}$$

$$E = P \cdot t$$

$$= 3000 \times 7,60$$

$$= 22\,800 \text{ kWh} = 22,8 \cdot 10^3 \text{ kWh}$$

- b** Bereken het rendement van de dieselmotoren.

Maak waar nodig gebruik van je Binas.

Verbrandingswarmte dieselolie:

$36 \text{ kJ/cm}^3$ , dat is  $36 \text{ MJ/dm}^3$ .

Totaal wordt verbrand:

$7,6 \cdot 10^3 \text{ dm}^3$ .

Er wordt  $7,6 \cdot 10^3 \times 36 \text{ MJ} =$

$273\,600 \text{ MJ}$  energie opgenomen.

$1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$

Er wordt dus  $22\,800 \times 3,6 =$

$82\,080 \text{ MJ}$  afgegeven.

$$\eta = \frac{82\,080}{273\,600} \times 100\% = 30\%$$

Naar: examen 2010-II

- 62** Een elektrische auto van 800 kg versnelt 5 s vanuit stilstand. De benodigde elektrische energie wordt geleverd door een brandstofcel van 200 V. Het rendement van de elektromotor is tijdens het versnellen 80%. Er loopt dan een stroom van 50 A door de motor.

- a** Hoeveel elektrische energie wordt in totaal door de accu geleverd tijdens het versnellen?

$$U = 200 \text{ V}$$

$$I = 50 \text{ A}$$

$$t = 5 \text{ s}$$

$$E_{\text{el}} = P \cdot t = U \cdot I \cdot t$$

$$= 200 \times 50 \times 5$$

$$= 50\,000 \text{ J (50 kJ)}$$

- b** Hoeveel energie wordt gebruikt voor het versnellen van de auto?

$$80\% \text{ van } 50\,000 =$$

$$0,8 \times 50\,000 = 40\,000 \text{ J (40 kJ)}$$

- c** Zie vaardigheid 5 achter in je handboek.

Bereken de snelheid die de auto na 5 s heeft.

$$m = 800 \text{ kg}$$

$$E_k = 40\,000 \text{ J}$$

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$40\,000 = 400 \times v^2$$

$$v^2 = 40\,000 / 400 = 100$$

$$v = \sqrt{100} = 10 \text{ m/s}$$

## Plus Warmtekrachtkoppeling

**63** Erwin leest op de nieuwssite Nu.nl: "Volgens deskundigen kan met WKK tientallen procenten efficiencyverbetering worden bereikt."

**a** Wat betekenen de letters WKK?  
warmtekrachtkoppeling

**b** Leg uit wat wordt bedoeld met 'efficiencyverbetering'.

Dat de energie beter wordt benut. Je kunt ook zeggen: dat het rendement van de energie-omzetting toeneemt.

**c** Waarom zal WKK juist in de glastuinbouw op grote schaal worden toegepast, denk je?  
Omdat kassen zowel verlicht als verwarmd moeten worden. Er is dus een grote vraag naar elektriciteit én warmte.

**d** WKK kan ook worden toegepast bij elektriciteitscentrales.

Welk voordeel heeft dat?

De chemische energie (in de brandstof die de centrale verstoekt) wordt beter benut: het rendement van de centrale neemt toe.

**e** Welke nadelen heeft het toepassen van WKK bij centrales?

– Er moet een duur leidingnet worden aangelegd.  
– In de leidingen treden flinke warmteverliezen op.

**64** Op de site van een energiebedrijf wordt informatie gegeven over de nieuwe hre-ketel (figuur 16).

**a** Waarom wordt een hre-ketel ook wel micro-WKK genoemd?

Omdat het gaat om warmtekrachtkoppeling op de schaal van één huishouden, dus op kleine schaal ('micro' betekent klein).

**b** Een hre-ketel heeft een iets hoger gasverbruik dan een gewone hr-ketel. Toch is een hre-ketel zuiniger met energie dan een gewone hr-ketel.

Leg uit hoe dat kan.

De hre-ketel verbruikt iets meer gas dan een gewone hr-ketel. Daar staat tegenover dat hij, behalve warmte, ook elektrische energie levert. Daardoor heeft een hre-ketel een hoger rendement dan een gewone hr-ketel.

### Hre-ketel

De hre-ketel, ook wel micro-WKK genoemd, is de opvolger van de hr-ketel. Hij is zuiniger met energie dan een hr-ketel en is dus minder belastend voor het milieu.

De hre-ketel werkt eenvoudig: in de centrale zit naast een hr-ketel ook een kleine motor. De motor drijft een dynamo aan die elektriciteit opwekt. De warmte die hierbij vrijkomt, verdwijnt niet, maar wordt opgeslagen in een boiler of direct gebruikt voor de centrale verwarming of om water te verwarmen. Er gaat dus niets verloren waardoor het totaalrendement van de hre-ketel hoog is.



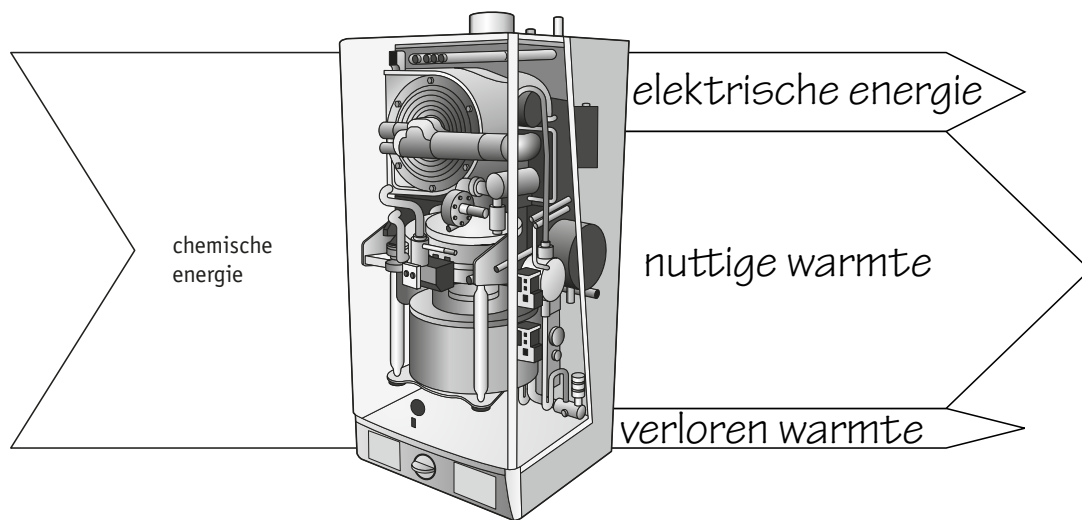
▲ **figuur 16**  
reclame voor een hre-ketel

**c** Een hre-ketel heeft in de winter een hoger rendement dan in de zomer.

Leg uit hoe dat komt.

In de winter kan alle warmte van de hre-ketel nuttig worden gebruikt. In de zomer is dat niet altijd zo (al is er wel altijd warm water nodig). Als de geproduceerde warmte niet nuttig kan worden gebruikt, daalt het rendement.

**d** Schets in figuur 17 het energie-stroomdiagram van een hre-ketel.



▲ **figuur 17**  
het energie-stroomdiagram van een hre-ketel

# Practicum

## Proef 1 Meten met een vermogensmeter 40 min

### Inleiding

Met een vermogensmeter kun je het vermogen en het energieverbruik van elektrische apparaten meten. Het apparaat wordt ook wel energiemeter of energiekostenmeter genoemd. Van je docent krijg je (een link naar) de gebruiksaanwijzing. Lees die goed voor je aan het werk gaat.

### Doel

Je gaat het vermogen en het energieverbruik bepalen van verschillende apparaten.

### Nodig

- ☐ vermogensmeter
- ☐ föhn
- ☐ waterkoker
- ☐ spotje
- ☐ halogeenlamp, led-lamp, spaarlamp; de drie lampen moeten ongeveer evenveel licht geven
- ☐ kWh-meter
- ☐ elektrisch kacheltje
- ☐ lichtmeter

#### WAARSCHUWING

Je werkt in deze proef met een spanning van 230 V. Wees dus voorzichtig. Houd je aan de aanwijzingen van je docent.

### Uitvoeren en uitwerken

- Je docent zal je vertellen waar en in welke volgorde je de verschillende metingen gaat uitvoeren.

#### Meting 1: Het vermogen van een föhn

- Steek de vermogensmeter in een stopcontact.
- Sluit de föhn aan op de vermogensmeter (figuur 18).
- Bepaal het opgenomen vermogen bij verschillende standen van de föhn.



▲ figuur 18

Zo meet je het opgenomen vermogen van een föhn.

- 1 Noteer je meetresultaten.

---



---



---



---

- 2 Noteer het vermogen dat op het typeplaatje van de föhn staat vermeld.

---

- 3 Vergelijk het vermogen op het typeplaatje (vraag 2) met de vermogens die je hebt gemeten (vraag 1).

Wat is je conclusie?

---



---



---

#### Meting 2: Het energieverbruik van een waterkoker

- Stel op de vermogensmeter het actuele elektriciteitsstarief in. Vraag je docent naar de prijs van een kilowattuur.
- Doe een halve liter water in de waterkoker.
- Meet hoeveel elektrische energie nodig is om een halve liter water aan de kook te brengen.

**4** Noteer hieronder:

- hoelang het duurde om het water aan de kook te brengen;
- hoeveel elektrische energie de waterkoker heeft verbruikt;
- hoeveel je voor deze hoeveelheid energie moet betalen.

---



---



---

**5** Bereken het energieverbruik van de waterkoker met behulp van:

- het vermogen op het typeplaatje;
- de tijdsduur die je bij vraag 4 hebt opgeschreven.

---



---



---



---



---



---

**6** Vergelijk het berekende energieverbruik (vraag 5) met het gemeten energieverbruik (vraag 4). Wat is je conclusie?

---



---



---

*Meting 3: Lampen vergelijken*

- Bepaal met de lichtmeter of de halogeenlamp, de spaarlamp en de led-lamp inderdaad evenveel licht geven.
- Meet het vermogen van de drie lampen en bereken de kosten per uur.

**7** Noteer hieronder je meetresultaten.

---



---



---

**8** Welke lamp is het zuinigst met energie? Waaraan zie je dat?

---



---



---

**9** Welke lamp is het minst energiezuinig? Waaraan zie je dat?

---



---

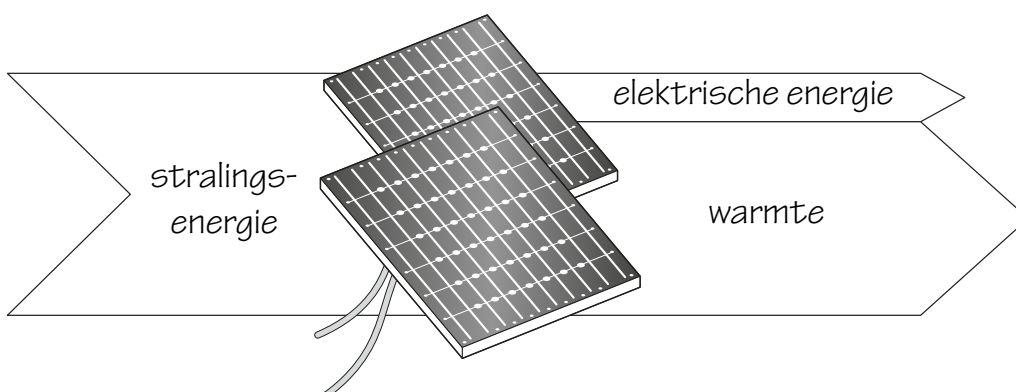


---

# Test jezelf

In de opgaven mag je rekenen met:  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

- In figuur 19 is het energie-stroomdiagram van een paneel zonnecellen getekend.  
Vul in elke pijl de juiste energiesoort in. Kies uit:  
*elektrische energie – stralingsenergie – warmte.*
- Reken om en vul in:
  - $2700 \text{ J} = \underline{2,7} \text{ kJ}$
  - $4,5 \cdot 10^4 \text{ J} = \underline{45} \text{ kJ}$
  - $8,8 \cdot 10^7 \text{ J} = \underline{88} \text{ MJ}$
  - $6,3 \cdot 10^9 \text{ J} = \underline{6,3} \text{ GJ}$
- Vul in:  
Het voedsel dat je eet bevat chemische energie. Deze wordt in je lichaam omgezet in warmte en bewegings energie.
- Hoe noem je energie die:
  - is opgeslagen in een stof?  
chemische energie
  - wordt geleverd door een generator?  
elektrische energie
  - wordt geleverd door de wind?  
bewegingsenergie
  - in een gespannen boog ontstaat?  
veerenergie of elastische energie
  - wordt veroorzaakt door hoogteverschillen?  
zwaarte-energie
- Schrijf achter elke energiebron welk soort energie hij levert.
  - Aardolie levert chemische energie.
  - De wind levert bewegingsenergie.
  - Zonlicht levert stralingsenergie.
  - Uranium levert kernenergie.
  - Biomassa levert chemische energie.
- Vul in:  
Welke energie-omzetting vindt er plaats:
  - in een waterkrachtcentrale?  
zwaarte- energie  $\rightarrow$  elektrische energie
  - in een lift die omhooggaat?  
elektrische energie  $\rightarrow$  zwaarte- energie
  - in een dynamo?  
bewegings energie  $\rightarrow$  elektrische energie
  - in een kerncentrale?  
kern energie  $\rightarrow$  elektrische energie
- Twee leerlingen doen een uitspraak over energie.  
Tanja beweert: "Tijdens het opladen van een accu wordt elektrische energie omgezet in chemische energie."  
Lois beweert: "In een lampje dat op de accu brandt, wordt chemische energie omgezet in elektrische energie."  
Wie heeft er gelijk: Tanja of Lois?
  - ☐ A Lois heeft gelijk, Tanja heeft geen gelijk.
  - ☒ B Tanja heeft gelijk, Lois heeft geen gelijk.
  - ☐ C Tanja en Lois hebben allebei gelijk.
  - ☐ D Tanja en Lois hebben allebei ongelijk.



▲ figuur 19

Wat neemt een zonnecel op en wat staat hij af?

- 8 Op een vergelijkingssite wordt informatie gegeven over groene stroom en warmte (figuur 20). De site legt uit dat groene stroom en warmte worden opgewekt met duurzame energiebronnen. Hier staan zeven energiebronnen. Zet een kruisje voor de energiebronnen die duurzaam zijn.

- ☐ aardgas  
☒ aardwarmte  
☐ steenkool  
☐ uranium  
☒ waterkracht  
☒ wind  
☒ zonlicht



▲ **figuur 20**  
informatie over duurzame energiebronnen

- 9 Kruis aan of de volgende beweringen waar (W) of onwaar (O) zijn.

| bewering                                                                    | W | O |
|-----------------------------------------------------------------------------|---|---|
| a Aardgas is een hernieuwbare energiebron.                                  |   | X |
| b De energie van een waterkrachtcentrale is helemaal 'schoon'.              |   | X |
| c Een gasgestookte elektriciteitscentrale produceert geen CO <sub>2</sub> . |   | X |
| d Het afval van een kerncentrale blijft eeuwenlang gevaarlijk.              | X |   |
| e Smog is irriterend voor je slijmvliezen, ogen en luchtwegen.              | X |   |

- 10 Bij de verbranding van fossiele brandstoffen ontstaan verschillende gassen die milieuproblemen veroorzaken.

Geef in tabel 7 aan welk gas welke problemen veroorzaakt. Doe dit door op de juiste plaatsen kruisjes te zetten.

▼ **tabel 7**

verbrandingsgassen en de problemen die ze veroorzaken

| verbrandingsgas | versterkte broeikas-effect | zure regen | smog |
|-----------------|----------------------------|------------|------|
| koolstofdioxide | X                          |            |      |
| stikstofoxiden  |                            | X          | X    |
| zwaveldioxide   |                            | X          |      |

- 11 De opwarming van de aarde kan grote gevolgen krijgen, zoals stijging van de zeespiegel, uitsterven van bepaalde diersoorten en extremer weer.

Welke twee kenmerken horen bij extremer weer?

- ☒ A grote droogte  
☐ B hete zomers  
☐ C koude winters  
☒ D wateroverlast

- 12 We zijn meer fossiele brandstoffen gaan verbranden. Dat heeft de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer:

- ☒ A 1,5× zo groot gemaakt.  
☐ B 1,5× keer zo klein gemaakt.  
☐ C helemaal opgemaakt.  
☐ D niet beïnvloed.

13 Lydia leest op de site [www.milieucentraal.nl](http://www.milieucentraal.nl):

In Nederland is één kerncentrale in werking. Deze centrale staat in Borssele en levert stroom aan het elektriciteitsnet. De centrale heeft een elektrisch vermogen van 450 MW.

Hoeveel joule elektrische energie levert de kerncentrale in één uur?

- ☐ A 45 GJ  
☐ B 81 GJ  
☐ C 162 GJ  
☐ D 450 GJ  
☐ E 810 GJ  
☒ F 1620 GJ

14 Thelma fietst na een feest in een halfuur naar huis. Haar achterlicht, dat op een batterij werkt, staat al die tijd aan. De spanning is 9,0 V, de stroomsterkte 50 mA.

Hoeveel elektrische energie levert de batterij in een halfuur?

$$\begin{aligned}
 U &= 9,0 \text{ V} \\
 I &= 50 \text{ mA} = 0,050 \text{ A} \\
 t &= 0,5 \text{ h} = 0,5 \times 3600 \\
 &= 1800 \text{ s} \\
 E_{\text{el}} &= U \cdot I \cdot t \\
 &= 9 \times 0,050 \times 1800 \\
 &= 810 \text{ J} = 0,81 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

15 Een auto rijdt met 108 km/h (30 m/s) over een snelweg. De massa van de auto, inclusief bestuurder, is 1120 kg. Bereken de kinetische energie van de auto (inclusief bestuurder).

$$\begin{aligned}
 m &= 1120 \text{ kg} \\
 v &= 30 \text{ m/s} \\
 E_{\text{k}} &= \frac{1}{2} m \cdot v^2 \\
 &= 560 \times 30^2 \\
 &= 504\,000 \text{ J} = 0,50 \text{ MJ}
 \end{aligned}$$

16 Een heiblok van 1500 kg wordt 6,0 m omhoog gehesen.

Bereken de zwaarte-energie van het heiblok op 6,0 m hoogte.

$$\begin{aligned}
 m &= 1500 \text{ kg} \\
 g &= 10 \text{ N/kg} \\
 h &= 6,0 \text{ m} \\
 E_{\text{z}} &= m \cdot g \cdot h \\
 &= 1500 \times 10 \times 6,0 \\
 &= 90\,000 \text{ J} = 90 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

17 Streep door wat fout is.

- a Een led-lamp heeft een *hoger* / ~~lager~~ rendement dan een halogeenlamp.  
b Een led-lamp heeft voor dezelfde lichtopbrengst ~~meer~~ / *minder* elektrische energie nodig dan een halogeenlamp.  
c Een led-lamp levert voor dezelfde hoeveelheid elektrische energie *meer* / ~~minder~~ licht dan een halogeenlamp.

18 Een elektriciteitscentrale heeft een elektrisch vermogen van 600 MW en een rendement van 40%. Hoe groot is het opgenomen vermogen van deze centrale?

- ☐ A 150 MW  
☐ B 240 MW  
☐ C 600 MW  
☒ D 1500 MW  
☐ E 2400 MW  
☐ F 6000 MW

19 Het licht dat op een zonnepaneel van 100 bij 20 cm valt, levert onder gunstige omstandigheden een vermogen van 200 W.

Hoe groot is het nuttig vermogen van zo'n zonnepaneel:

- a bij een rendement van 0,8%?  
 $0,8\% \text{ van } 200 \text{ W} = 1,6 \text{ W}$   
b bij een rendement van 2,5%?  
 $2,5\% \text{ van } 200 \text{ W} = 5,0 \text{ W}$

- 20** Om het nuttig vermogen van een zonnecel te bepalen, moet je metingen doen en berekeningen maken.

**a** Welke grootheden moet je meten om het nuttig vermogen van een zonnecel te berekenen?

de spanning en de stroomsterkte

**b** Met welke formule kun je daarna het vermogen berekenen?

$$P_{el} = U \cdot I$$

- 21** In een waterkrachtcentrale vinden twee energieomzettingen plaats.

**a** Welke omzetting vindt het eerst plaats?

bewegingsenergie van het water →

bewegingsenergie van de (schoepen van de) turbine

**b** Welke omzetting vindt meteen daarna plaats?

bewegingsenergie van de turbine →  
elektrische energie

- 22** Een paneel met zonnecellen heeft een oppervlakte van  $4,5 \text{ m}^2$  en een maximaal elektrisch vermogen van  $855 \text{ W}$ . Dit maximale vermogen wordt gehaald als het zonlicht  $1000 \text{ W per m}^2$  aan stralingsenergie levert.

Bereken het rendement van de zonnecellen.

$$P_{op} = 4,5 \times 1000 = 4500 \text{ W}$$

$$P_{af} = 855 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_{af}}{P_{op}} \cdot 100\% = \frac{855}{4500} \times 100\% \approx 19\%$$

- 23** Martin is aan het springen op een trampoline.

Tijdens het springen wordt er steeds energie omgezet: elastische energie in bewegingsenergie en bewegingsenergie in zwaarte-energie (en omgekeerd).

In figuur 21 op bladzijde 88 zijn vijf moment-

opnamen van één sprong getekend. Op welk moment:

**a** is de hoeveelheid bewegingsenergie het grootst?

op moment 4

**b** is de hoeveelheid elastische energie het grootst?

op moment 5

**c** is de hoeveelheid zwaarte-energie het grootst?

op moment 2

- 24** Barry wil met zijn skateboard stunts in de

halfpipe (figuur 22). Hij loopt daarvoor eerst de

trap op. Eenmaal boven aangekomen laat Barry

zich vanuit stilstand naar beneden rollen. Ga ervan

uit dat alle zwaarte-energie hierbij wordt omgezet

in bewegingsenergie. De massa van Barry en het

skateboard samen is  $70 \text{ kg}$ .

Bereken de snelheid van Barry onder in de halfpipe.

$$m = 70 \text{ kg}$$

$$h = 3,2 \text{ m}$$

$$E_z \text{ op het hoogste punt} =$$

$$E_k \text{ op het laagste punt}$$

$$\text{Dus: } m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$\text{links en rechts delen door } m$$

$$g \cdot h = \frac{1}{2} v^2$$

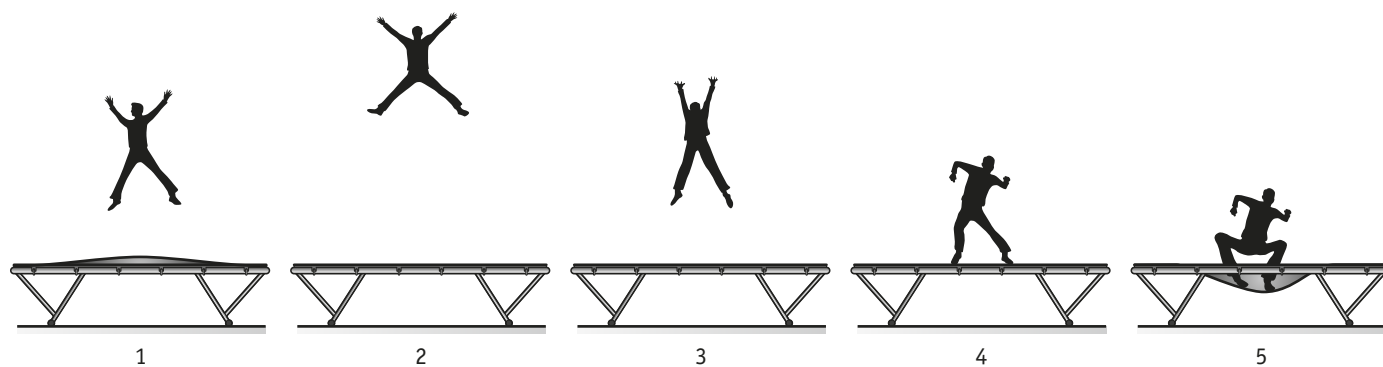
$$10 \times 3,2 = \frac{1}{2} v^2$$

$$\frac{1}{2} v^2 = 32$$

$$v^2 = 64$$

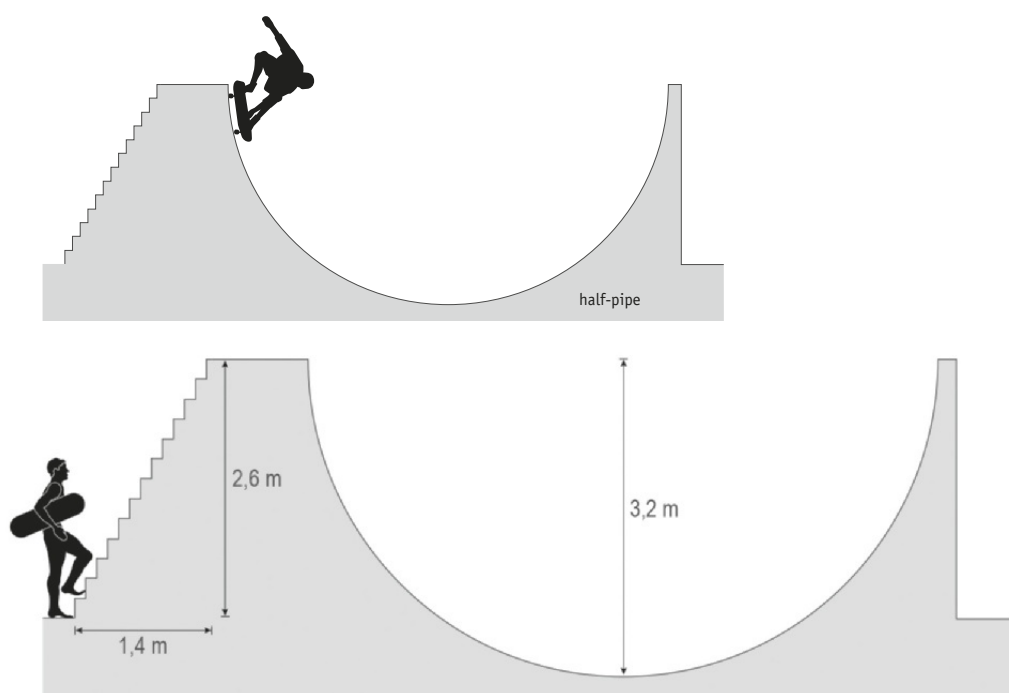
$$v = \sqrt{64} = 8 \text{ m/s}$$

Naar: examen 2008-I



▲ **figuur 21**

Springen op een trampoline is energie omzetten.



▲ **figuur 22**

Barry start een run in de halfpipe.