

Overall Natuurkunde 3V

Uitwerkingen

Hoofdstuk 5 Energie en duurzaamheid

5.1 Energieomzettingen

A1

- a Naast vermogen is ook de tijd nodig om de energie te berekenen.
Je berekent de energie E met: $E = P \cdot t$.

b

grootheid	symbool	eenheid	afkorting
energie	E	joule	J
vermogen	P	watt	W
tijd	t	seconde	s
rendement	η	(procenten)	(%)

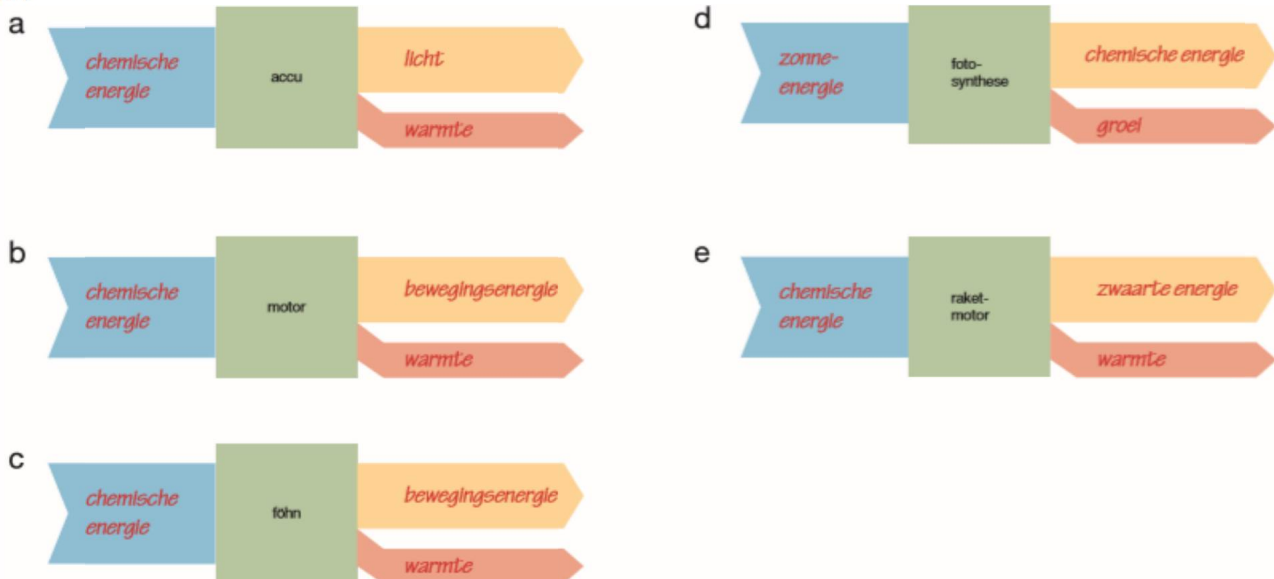
A2

- a Onjuist, want een batterij kan wel energie omzetten, maar niet creëren.
b Onjuist, want $1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J}$.
c Onjuist, want het rendement geeft aan hoeveel van de totale energie er wordt omgezet in nuttige energie. In dit geval 80%.

B3

- a De niet-nuttige energie neemt toe en de nuttige energie neemt af, dus het rendement wordt kleiner.
b De nuttige energie wordt groter en de niet-nuttige energie neemt af, dus het rendement wordt groter

B4



B5

Arbeid reken je uit met: $W = F \cdot s$ (zie hoofdstuk 4). Omdat arbeid energie overbrengt, geldt $W = E_z$ en omdat $s = h \rightarrow E_z = F \cdot h$

De zwaartekracht reken je uit met: $F = m \cdot g$

Vervang F door $m \cdot g$ in de formule $E_z = F \cdot h$. Waaruit volgt: $E_z = m \cdot g \cdot h$

B6

$E_{\text{nuttig}} \text{ (J)}$	$E_{\text{totaal}} \text{ (J)}$	rendement η (%)	$E_{\text{niet-nuttig}} \text{ (J)}$	berekening
180	200	90	20	$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{totaal}}} \times 100\% = \frac{180}{200} \times 100\% = 90\%$
30	120	25	90	$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{totaal}}} \times 100\% = \frac{30}{120} \times 100\% = 25\%$
42	50	84	8	$E_{\text{totaal}} = \frac{E_{\text{nuttig}}}{\eta} \times 100\% = \frac{42}{84} \times 100\% = 50 \text{ J}$
12,5	50	25	37,5	$E_{\text{totaal}} = \frac{E_{\text{nuttig}}}{\eta} \times 100\% = \frac{12,5}{25} \times 100\% = 50 \text{ J}$
16	80	20	64	$E_{\text{nuttig}} = \frac{\eta \times E_{\text{totaal}}}{100\%} = \frac{20 \times 80}{100} = 16 \text{ J}$
33	55	60	22	$E_{\text{nuttig}} = \frac{\eta \times E_{\text{totaal}}}{100\%} = \frac{60 \times 55}{100} = 33 \text{ J}$

B7

a

	vermogen (w)	tijd per dag (h)	energie per dag (kWh)	tijd per jaar (h)	energie per jaar (kWh)	Kosten in €
Actief	275	3	0,825	1095	301	66,22
Stand-by	80	6	0,48	2190	175	38,50
Slaap	20	15	0,30	5475	110	24,20
Totaal			1,605	8760	586	128,92

Voorbeeld berekening energie per dag "actief": $E = P \cdot t = 0,275 \times 3 = 0,825 \text{ kWh}$.

Voorbeeld berekening energie per jaar "actief": $E = P \cdot t = 0,275 \times 3 \times 365 = 303 \text{ kWh}$.

b Voorbeeld berekening jaarlijkse kosten "actief": $\text{kosten} = 303 \times 0,22 = 66,22$

De totale kosten bedragen € 66,22

c De jaarlijkse kosten zijn € 128,92. Zie tabel "Totaal".

d Het percentage is: $\frac{586}{3500} \times 100\% = 16,7\%$

B8

a Het lichaam van Jantien zet chemische energie om in zwaarte-energie (via bewegingsenergie) en warmte.

b Gegeven: tijd $t = 4,4 \text{ s}$, energie $E = 8100 \text{ J}$

Gevraagd: het nuttig vermogen $P = ?$

Formule: $E = P \cdot t$

Berekenen: $P = \frac{E}{t}$

$$P = \frac{8100}{4,4} = 1841$$

Antwoord: Het nuttig vermogen $P = 1841 \text{ W} = 1,8 \text{ kW}$.

c Gegeven: zwaarte energie $E_z = 8,1 \text{ kJ} = 8100 \text{ J}$, $m = 55 \text{ kg}$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Gevraagd: hoogte $h = ?$

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

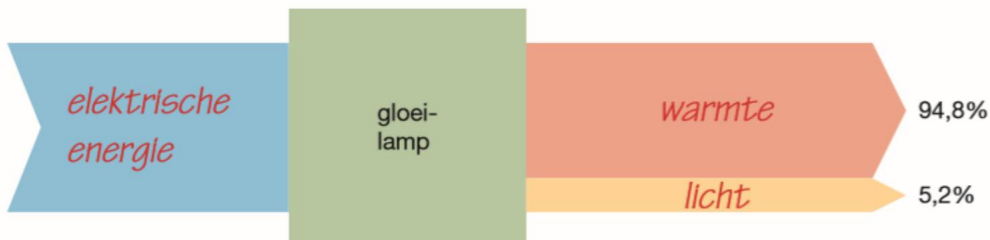
Berekenen: $8100 = 55 \cdot 9,81 \cdot h$

$$h = \frac{8100}{395,5} = 15$$

Antwoord: Jantien is 15 m hoger gekomen.

B9

a



b Gegeven: de afgegeven stralingsenergie = 5,2 %
 $E_{\text{nuttig}} = 2,0 \text{ kJ}$.

Gevraagd: de gebruikte energie $E_{\text{totaal}} = ?$

Formule: $\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{totaal}}} \times 100\%$

Berekenen: $5,2 = \frac{2,0}{E_{\text{totaal}}} \times 100\%$

$$E_{\text{totaal}} = \frac{2,0}{0,052}$$

$$E_{\text{totaal}} = 38,46$$

Antwoord: De gebruikte energie van de lamp is 38,5 kJ = 38 500 J

$$38,5 \text{ kJ} = \frac{38,5}{3\,600\,000} = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ kWh}$$

B10

a In totaal is er $0,2 \times 15\,000 = 3\,000 \text{ kWh}$ omgezet.
 Dat is $3000 \times 3\,600\,000 = 10\,800\,000\,000 \text{ J}$

b Gegeven: $\eta = 60\%$, $E_{\text{totaal}} = 1,08 \cdot 10^{10} \text{ J}$ (3000 kWh)

Gevraagd: $E_{\text{nuttig}} = ?$

Formule: $\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{totaal}}} \times 100\%$

Berekenen: $60 = \frac{E_{\text{nuttig}}}{1,08 \cdot 10^{10}} \times 100\%$

$$E_{\text{nuttig}} = 0,60 \times 1,08 \cdot 10^{10}$$

$$E_{\text{nuttig}} = 6,48 \cdot 10^9$$

Antwoord: Er is $6,48 \cdot 10^9 \text{ J}$ omgezet.

c Gegeven: $E = 3000 \text{ kWh}$, $t = 300 \text{ h}$ ($\frac{15\,000}{50}$)

Gevraagd: totale vermogen $P_{\text{totaal}} = ?$

Formule: $E = P_{\text{totaal}} \cdot t$

Berekenen: $3000 = P_{\text{totaal}} \times 300$

$$P_{\text{totaal}} = \frac{3000}{300} = 10$$

Antwoord: Het gemiddelde totale vermogen $P_{\text{totaal}} = 10 \text{ kW}$.

C11

a Gegeven: $\eta = 75\%$, $E_{\text{nuttig}} = 970 \text{ kJ}$

Gevraagd: $E_{\text{totaal}} = ?$

Formule: $\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{totaal}}} \times 100\%$

Berekenen: $75 = \frac{970}{E_{\text{totaal}}} \times 100\%$

$$E_{\text{totaal}} = \frac{970}{0,75} = 1293,3$$

Antwoord: Voor het omhoog brengen is $1293,3 \text{ kJ} = 1,3 \text{ MJ}$ aan elektrische energie nodig.

b Gegeven: $E = 1293 \text{ kJ}$, $t = 8 \text{ s}$

Gevraagd: totale vermogen $P = ?$

Formule: $E = P \cdot t$

Berekenen: $1293 = P \times 8$

$$P = \frac{1293}{8} = 162$$

Antwoord: Het totale vermogen $P = 162 \text{ kW}$ ($\frac{\text{kJ}}{\text{s}} = \text{kW}$)

c Gegeven: zwaarte energie $E_z = 970 \text{ kJ} = 970\,000 \text{ J}$, $h = 12 \text{ m}$

aantal stenen $n = 900$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Gevraagd: massa van één steen $m = ?$

Formule: $E_z = m_{\text{totaal}} \cdot g \cdot h$

Berekenen: $970\,000 = m_{\text{totaal}} \cdot 9,81 \cdot 12$

$$m_{\text{totaal}} = \frac{970\,000}{117,7} = 8239,9$$

Antwoord: De massa m van één steen is $\frac{8239,9}{900} = 9,16 \rightarrow 9,2 \text{ kg}$

C12

De breedte van de pijl die de warmte voorstelt is 14 mm .

De breedte van de pijl die de totale energie voorstelt is $21,5 \text{ mm}$.

Het rendement van de elektromotor is $\frac{14}{21,5} \times 100\% = 65\%$.

C13

a Gegeven: $\eta = 5\%$, $P = 60 \text{ W}$, $t = 10 \text{ minuten}$

Gevraagd: Bereken hoeveel energie aan warmte is geproduceerd.

Formule: $\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{totaal}}} \times 100\%$

$$E = P \cdot t$$

Berekenen: $5 = \frac{P_{\text{nuttig}}}{60} \times 100\%$

$$P_{\text{nuttig}} = 0,05 \times 60 = 3$$

aan warmte is $60 - 3 = 57 \text{ W}$ per seconde geproduceerd.

$$E = P \cdot t$$

$$E = 57 \times 10 \times 60 = 34\,200$$

Antwoord: Er is $34\,200 \text{ J}$ energie geproduceerd.

b De warmte energie is van lage kwaliteit, omdat het moeilijk is om te zetten in nuttige energievormen.

c Ook als je de gloeilamp als kachel gebruikt blijft het vermogen 60 W .
Het nuttig vermogen is dan $60 - 3 = 57 \text{ W}$.

+14

Bij het bergop rijden neemt de zwaarte-energie E_z toe en bij het bergaf rijden neemt de zwaarte-energie met een zelfde hoeveelheid af, volgens de wet van behoud van energie.

In theorie kost het dus geen extra energie. Omdat het rendement geen 100% is, zal de energie die nodig is om bergop te gaan meer zijn dan de energie die vrij komt bij het bergaf gaan.

+15

Gegeven: $h = 120 \text{ m}$, $P = 7,0 \cdot 10^5 \text{ kW} = 7,0 \cdot 10^5 \text{ kJ/s}$, $V = 690 \text{ m}^3/\text{s}$,
 $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Gevraagd: rendement van de generator $\eta = ?$

Formule: $E_z = m \cdot g \cdot h$, $\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{totaal}}} \times 100\%$

Berekenen: uit $\rho = \frac{m}{V}$, volgt voor de hoeveelheid water dat $m = 6,9 \cdot 10^5 \text{ kg}$

$$E_z = 6,9 \cdot 10^5 \cdot 9,81 \cdot 120 = 8,12 \cdot 10^8$$

De zwaarte energie van het water is $8,12 \cdot 10^8 \text{ J} = 8,12 \cdot 10^5 \text{ kJ}$

$$\eta = \frac{7 \cdot 10^5}{8,12 \cdot 10^5} \times 100\% = 86,2\%$$

Antwoord: Rendement van de generator $\eta = 86\%$

5.2 Energie gebruik thuis

A16

Een gemiddeld Nederlands gezin gebruikt ongeveer 3500 kWh per jaar.

A17

a Drie voordelen van LED lampen ten opzichte van gloeilampen zijn:

- ze gaan efficiënter om met energie (hoger rendement).
- ze worden minder warm.
- ze gaan lang mee.

b Mogelijke voorbeelden om in huis op energie te besparen:

- gloeilampen vervangen door spaarlampen of LED-lampen.
- het licht uit doen als je een ruimte in huis niet gebruikt.
- je warm aankleden in plaats van de kachel hoger te zetten.
- dubbelglas laten plaatsen.
- vloer- en muurisolatie aanbrengen.
- ligbad vervangen door douche.
- niet te lang douchen.

A18

Energieclassificering zegt iets over hoe zuinig een apparaat is.

B19

a Kijk naar de zwarte pijl met de A er in. Hoe hoger de pijl, hoe zuiniger het apparaat.

De juiste volgorde is: B,C,A

b 1. Het nieuwste apparaat is niet het zuinigst. Mogelijke verklaring: het nieuwe apparaat heeft meer mogelijkheden.

2. Het apparaat met A++ gebruikt meer energie dan het apparaat met A+. Mogelijke verklaring: het apparaat met A++ is ouder en was toen, voor zijn tijd, zuinig.

3. Het apparaat uit 2013 gebruikt veel minder energie dan de andere twee apparaten. Mogelijke verklaring: dit apparaat is speciaal ontwikkeld voor energiebewuste consumenten.

B20

Als ze langer meegaan en energiezuiniger zijn, is het op de lange termijn voordeliger.

B21

a

	Energiegebruik per jaar	Energiekosten per jaar	Aanschafkosten
A	172 kWh	€34,40	€608
B	272 kWh	€54,40	€298

b Het verschil in aanschaf prijs is $608 - 298 = € 310,00$.

Het verschil in energiegebruik is $54,40 - 34,40 = € 20,00$.

De duurdere aanschafprijs is terug verdiend in $\frac{310,00}{20,00} = 15,5$ jaar.

B22

a Op de energielabel staat 1 liter op 15,9 km.

Van Groningen naar Maastricht is 336 km.

Er is dus $\frac{336}{15,9} = 21,1$ L benzine nodig.

b De CO₂ uitstoot is: $149 \times 336 = 50\,064$ g = 50 kg.

c De auto kost aan benzine $21,1 \times €1,60 = € 33,76$.

De trein is met € 26,42 goedkoper dan de auto.

C23

- a** Gegeven: $t = 1,5$ h, aantal wasbeurten 220,

$$E = 139 \text{ kWh}$$

Gevraagd: vermogen van de wasmachine $P_{\text{wasmachine}} = ?$

Formule: $E = P \cdot t$

Berekenen: totaal tijd wasbeurten : $t_{\text{totaal}} = 1,5 \times 220 = 330$ h

$$139 = P \cdot 330$$

$$P = \frac{139}{330} = 0,42$$

Antwoord: Het vermogen van de wasmachine $P = 0,42$ kW.

- b** De kosten aan elektriciteit zijn $139 \times \frac{180}{220} \times \text{€ } 0,20 = \text{€ } 22,75$
 De kosten voor het waterverbruik zijn $\frac{9240}{1000} \times \frac{180}{220} \times \text{€ } 0,65 = \text{€ } 4,91$
 De totale kosten zijn € 27,66.

C24

- a** Gegeven: $P = 60 \text{ W} = 0,060 \text{ kW}$, $t = 20\,000$ h, prijs € 0,20 per kWh

Gevraagd: prijs voor 20 000 branduren.

Formule: $E = P \cdot t$

Berekenen: $E = 0,060 \times 20\,000 = 1200$

Antwoord: Totaal is 1200 kWh gebruikt. De totale prijs is $1200 \times 0,20 = \text{€ } 240,00$.

- b** Gegeven: $P = 12 \text{ W} = 0,012 \text{ kW}$, $t = 20\,000$ h, prijs € 0,20 per kWh

Gevraagd: prijs voor 20 000 branduren.

Formule: $E = P \cdot t$

Berekenen: $E = 0,012 \times 20\,000 = 240$

Antwoord: Totaal is 240 kWh gebruikt. De totale prijs is $240 \times 0,20 = \text{€ } 48,00$.

- c** Het prijsverschil tussen de lampen is $\text{€ } 4,50 - \text{€ } 0,80 = \text{€ } 3,70$.
 Drie uur branden van de gloeilamp kost $0,06 \times 3 \times 0,20 = \text{€ } 0,036$.
 Drie uur branden van de spaarlamp kost $0,012 \times 3 \times 0,20 = \text{€ } 0,0072$.
 Het terugverdienen van de spaarlamp duurt:

$$\frac{3,70}{0,036 - 0,0072} = 128 \text{ dagen.}$$

C25

a

stand	vermogen	tijdsduur	prijs
1	1000 W	10 min	$E = P \cdot t$; $E = 1,000 \times 10/60 = 0,16666 \text{ kWh}$ $0,16666 \times 0,20 = \text{€ } 0,033$
2	1600 W	6 min	$E = P \cdot t$; $E = 1,600 \times 6/60 = 0,16 \text{ kWh}$ $0,16 \times 0,20 = \text{€ } 0,032$
3	2300 W	5 min	$E = P \cdot t$; $E = 2,300 \times 5/60 = 0,19 \text{ kWh}$ $0,19 \times 0,20 = \text{€ } 0,038$

- b** Anna kan het beste stand 2 gebruiken, want de kosten zijn dan het laagst.
- c** Gezien de kosten kun je dit verwachten. De volgorde van oplopend rendement is tegenovergesteld aan de oplopende bedragen.
- d** stand 1: $1000 \times 0,58 = 580 \text{ W}$
stand 2: $1600 \times 0,60 = 960 \text{ W}$
stand 3: $2300 \times 0,50 = 1150 \text{ W}$
- e** Nee, je zou verwachten dat bij een toenemend vermogen het rendement lager wordt, omdat meer warmte verloren zal gaan aan de omgeving.

+26

- a** Nee, je kunt alleen goed vergelijken bij auto's van gelijke grootte.
- b** Ze vallen qua uitstoot binnen de gehanteerde grenzen van hun klasse.
- c** Voor: het is handig om auto's per klasse eerlijker te vergelijken.
Voor: consumenten kunnen een goede afweging maken.
Tegen: een auto kan een A-label hebben en toch onzuinig zijn.
Tegen: iedereen maakt een eigen label, dus vergelijken is wellicht toch lastig.
- d** Je eigen antwoord. Denk aan: veiligheid, prettig om in te rijden, ruimte, goedkoop, zuinigheid...

+27

Een voordeel is dat je binnen een bepaald merk goed kunt vergelijken.
Een nadeel is dat een fabrikant altijd een zo gunstig mogelijk energielabel zal geven aan zijn eigen producten.

5.3 Opwekken van energie

A28

Het verschil zit in de energiebron die van water stoom maakt.

In een kerncentrale wordt stoom gemaakt met de warmte die opgewekt wordt door kernsplijting.

In een kolencentrale wordt stoom gemaakt met de warmte die opgewekt wordt door de verbranding van steenkool.

A29

a Voordeel: er is nog een grote voorraad uranium. Daarnaast levert het geen extra CO₂ in de atmosfeer op. Nadeel: er blijft radioactief afval over dat nog lang gevaarlijk is.

b Voordeel: bij kernsplijting heb je minder "brandstof" nodig dan bij fossiele brandstof om evenveel energie op te wekken.

Nadeel: er is ruimte nodig voor de opslag van het radioactieve afval.

A30

a Per kilogram uranium komt 22,8 miljoen kWh in totaal vrij.

b Effectief door een centrale wordt 7,6 miljoen kWh omgezet.

B31

a

stof	verbrandingswarmte	
aardgas	32 MJ/m ³	$\frac{3,2 \cdot 10^7}{3,6 \cdot 10^6} = 8,89 \text{ kWh/m}^3$
benzine	33 GJ/m ³	$\frac{3,3 \cdot 10^{10}}{3,6 \cdot 10^6} = 9167 \text{ kWh/m}^3$
diesel	36 GJ/kg	$\frac{3,6 \cdot 10^{10}}{3,6 \cdot 10^6} = 10\,000 \text{ kWh/kg}$
hout	15 MJ/kg	$\frac{1,5 \cdot 10^7}{3,6 \cdot 10^6} = 4,17 \text{ kWh/kg}$
steenkool	27 MJ/kg	$\frac{3,7 \cdot 10^7}{3,6 \cdot 10^6} = 7,5 \text{ kWh/kg}$

b Bij uranium komt heel veel meer energie per kg vrij.

B32

a Bij een kleinere bevolkingsdichtheid moet naar verhouding veel meer geïnvesteerd worden in het energietransport. Daardoor gaat het rendement omlaag.

b Het voordeel van zonnepanelen is dat de energie ter plaatse wordt opgewekt. Er is geen uitgebreide vorm van energietransport nodig.

B33

Het water is nodig om de centrale te koelen en de stoom te laten afkoelen om het weer vloeibaar te maken.

B34

- a Zonnepanelen leveren elektrische energie uit zonlicht en zijn dus hernieuwbaar.
- b Zonnecollectoren leveren warmte uit zonlicht en zijn dus hernieuwbaar.
- c Windenergie levert elektrische energie uit bewegingsenergie van de lucht en is dus hernieuwbaar.
- d Geothermische energie levert warmte uit de aarde en is dus hernieuwbaar.
- e Vallend water levert elektrische energie uit bewegingsenergie van stromend water en is dus hernieuwbaar.
- f Afval levert warmte bij de verbranding. Er ontstaat steeds nieuw afval, dus het is hernieuwbaar.

B35

- a $P = 0,5 \text{ kW}$. E_{totaal} in één jaar: $0,5 \times 24 \times 365 = 4380 \text{ kWh}$.
- b Voor het leveren van $4380 \text{ kWh} = 15\,768\,000\,000 \text{ J}$ energie is $15\,768 \text{ MJ} \div 27 \text{ MJ} = 584 \text{ kg}$ steenkool nodig. Of $15,768 \text{ GJ} \div 33 \text{ GJ} = 0,478 \text{ m}^3 = 478 \text{ L}$ benzine.
- c Dit komt omdat het regelmatig bewolkt is en we niet een constant vermogen van de zon ontvangen.

B36

- a Gegeven: nuttig vermogen $P_{\text{nuttig}} = 140 \text{ W/m}^2$, $\eta = 15 \%$

Gevraagd: $P_{\text{max}} = ?$

$$\text{Formule: } \eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{max}}} \times 100\%$$

$$\text{Berekenen: } 15 = \frac{140}{P_{\text{max}}} \times 100\%$$

$$P_{\text{max}} = \frac{140}{0,15}$$

$$P_{\text{max}} = 933,33$$

Antwoord: Het maximale vermogen van de zonnestraling is 933 W/m^2 .

- b De oppervlakte van het paneel is: $A = \frac{350}{140} = 2,5 \text{ m}^2$

B37

- a De zonnecollector heeft als output warmte, terwijl een zonnepaneel als output elektrische energie heeft.
- b De zonnecollector met een oppervlakte $A = 2 \text{ m}^2$ heeft een vermogen van $90 \times 2 = 180 \text{ W}$.
In één jaar is dat $0,18 \times 365 \times 24 = 1577 \text{ kWh}$.
- c Met een rendement van 8% is de opbrengst van de zonnecollector $1577 \times 0,08 = 126,16 \text{ kWh}$.
De zonnecollector levert dan $\frac{126,16}{3500} \times 100\% = 3,6 \%$ van 3500 kWh .

C38

- a Op een lengte van $4,0 \text{ km}$ staan dan 9 molens. Zo ontstaat een vierkant van 9 bij 9 molens. In totaal $9 \times 9 = 81$ molens.
- b Met een vermogen van $0,90 \text{ MW}$ per molen levert het park $81 \times 0,90 \text{ MW} = 72,9 \text{ MW}$. Door een extra strook van $0,5 \text{ km}$ wordt de totale oppervlakte $5 \times 5 = 25 \text{ km}^2 = 2,5 \times 10^7 \text{ m}^2$.
Het vermogen per m^2 is $\frac{72,9}{2,5 \cdot 10^7} = 2,916 \cdot 10^{-6} \text{ MW/m}^2 = 2,9 \text{ W/m}^2$

C39

a Het gemiddeld opgevangen vermogen is $90 \times 25 = 2250 \text{ W}$.

b Gegeven: vermogen $P_{\text{totaal}} = 2250 \text{ W}$, $\eta = 15 \%$, $t = 1 \text{ jaar}$

Gevraagd: $E_{\text{nuttig}} = ?$

Formules: $\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{totaal}}} \times 100\%$

$$E = P \cdot t$$

Berekenen: $15 = \frac{P_{\text{nuttig}}}{90 \times 25} \times 100\%$

$$P_{\text{nuttig}} = 2250 \times 0,15 = 337,5 \text{ W} = 0,3375 \text{ kW}$$

$$E = 0,3375 \times 24 \times 365 = 2956,5$$

Antwoord: De geproduceerde energie is 2956,5 kWh.

c De zonnepanelen leveren dan $\frac{2956,5}{4435} \times 100\% = 67\%$ van 4435 kWh.

C40

a De golfbeweging zorgt ervoor dat de boei op en neer gaat. De magneet gaat daardoor ook op en neer in de spoel. Hierdoor wordt er energie opgewekt (zoals bij de werking van een dynamo).

b



+41

a Als het natter wordt, worden watervallen krachtiger en levert deze vorm meer energie op.

b Door de toename van de broeikasgassen neemt de temperatuur toe. Dit hoeft echter niet te betekenen dat er meer of minder wolken zullen zijn. Voor het opwekken van zonne-energie is de temperatuurstijging nauwelijks van invloed.

c Als er grotere temperatuurverschillen zijn, dan komen er ook in de luchttemperatuur meer verschillen. Hierdoor zal het harder gaan waaien en levert deze vorm van energie meer op.

+42

Gegeven: $P = 7 \cdot 10^5 \text{ kW}$, $m = 690 \text{ kg}$ (zie +15)

Gevraagd: energie per kilogram water dat vrijkomt.

Berekenen: P per kilogram is $\frac{7 \cdot 10^5}{690} = 1014,4$

Antwoord: Vermogen per kilogram is 1014,4 W.

Of

Gegeven: $m = 690 \text{ kg}$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, $h = 120 \text{ m}$

Gevraagd: energie per kilogram water dat vrijkomt.

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

Berekenen: $E_z = 1 \cdot 9,81 \cdot 120 = 1177,2$

bij een rendement van 86,2 % $\rightarrow 1177,2 \times 0,862 = 1014,4$

Antwoord: Vermogen per kilogram is 1014,7 W.

(Door afrondingen is er klein verschil met 1014,4 kW.)

5.4 Milieu

A43

- a De drie P's staan voor: People, Planet, Profit
- b De Nederlandse vertaling is: Mensen, Planeet, Economie

A44

- a Je kunt energie duurzaam opwekken uit zon, wind en water.
- b Drie andere vormen van hernieuwbare energie zijn:
 - biomassa
 - geothermische energie
 - waterkracht (getijden, golfslag, stuwmeer)

A45

CO₂ is een van de broeikasgassen en draagt daardoor bij aan de opwarming van de aarde.

A46

- a Door het gebruik raken fossiele brandstoffen op.
Bij de verbranding van fossiele brandstoffen komen broeikasgassen en fijnstof vrij.
- b Als de hernieuwbare energiebronnen zorgen voor een evenwicht tussen mens, milieu en economie.

B47

Je kunt de energievraag beperken door het toepassen van spouwmuur-, dak- en vloerisolatie en het plaatsen van dubbelglas. Ook kun je deuren in huis sluiten en warme kleding dragen. Je kunt ook het warmwater gebruik verminderen.

B48

- a Steenkool gaat op den duur op. Ook ontstaat het broeikasgas CO₂. Hout is duurzamer doordat je bomen kunt aanplanten, die de CO₂ die bij verbranding van het hout ontstaat weer kunnen opnemen. (Maar echt duurzaam is het natuurlijk niet.)
- b Door het planten van bomen die weer CO₂ opnemen uit de lucht. Een nadeel is wel dat bossen erg langzaam groeien.

B49

Kernenergie is geen duurzame energiebron, omdat er bij de winning en het vervoer van uranium veel CO₂ ontstaat.

B50

Bij recycling worden spullen hergebruikt, waardoor de vraag naar grondstoffen wordt beperkt en het energie spaart.

B51

- a In de stad, omdat je daar veel meer optrekt en afremt met een auto dan op de snelweg.
- b Je beperkt de uitstoot van fijnstof door:
 - rustiger op te trekken;
 - minder hard te rijden;
 - goed vooruit te kijken zodat je in minder hoeft te remmen;
 - de motor aan te laten bij een korte stop.
- c De cruisecontrol zorgt er voor dat je met een constante snelheid rijdt en dus niet onnodig afremt of versnelt.
- d Een roetfilter vermindert de uitstoot van fijnstof. Tijdens de verbranding van dieselolie ontstaat fijnstof. Dit zijn microscopisch kleine roetdeeltjes. De deeltjes kleven vast aan de wanden van de poriën van het filtermateriaal. Roetfilters zijn daardoor ook voor de allerkleinste deeltjes geschikt. Een roetfilter kan worden gemaakt van keramisch materiaal. Een roetfilter wordt zo dicht mogelijk bij de motor in het uitlaatsysteem gemonteerd.

De deeltjes verzamelen zich in de filter. In het roetfilter worden de roetdeeltjes elke 200 tot 1000 kilometer verbrand.

C52

- a** People: nee, want door het duurder worden van de palmolie werd ook het voedsel duurder.
Planet: nee, want er is veel ontbossing. Oerwouden zijn de “longen” van de aarde.
Profit: ja, want door de enorme vraag is de prijs van palmolie sterk gestegen, wat gunstig is voor de plaatselijke werkgelegenheid.
- b** Nee, want er is geen evenwicht tussen de drie P's.
- c** People: minder ontbossing, boeren worden beter behandeld
Planet: minder ontbossing
Profit: meer opbrengst voor iedereen

C53

- a** Omdat ze anders veel meer zonnepanelen nodig hebben en dat past wellicht niet op het dak.
- b** De benodigde oppervlakte $A = \frac{1750}{120} = 14,58 \text{ m}^2$.
- c** Uitstoot aan $\text{CO}_2 = 90 \text{ kg/m}^2$. Voor $14,58 \text{ m}^2$ is de uitstoot $14,58 \times 90 = 1312,2 \text{ kg}$.
- d** Bij het antwoord is van alle zonnepanelen uitgegaan, dus een oppervlakte van $14,58 \text{ m}^2$. Een centrale stoot per 1 kWh 600 g CO_2 uit, dat is 0,6 kg.
Ze besparen 1750 kWh per jaar.
Dan is er een verminderde uitstoot van $1750 \times 0,6 = 1050 \text{ kg}$ per jaar.
Voor de productie van $14,58 \text{ m}^2$ zonnepanelen is $90 \times 14,58 = 1312,2 \text{ kg}$ CO_2 uitgestoten. De zonnepanelen zijn na $= \frac{1312,2}{1050} = 1,25$ jaar CO_2 -neutraal.
- e** Guus heeft gelijk, want de kosten voor vervaardiging, vervoer en plaatsing van de zonnepanelen haalt je er na 1,25 jaar niet uit. Ook bij het vervoer en de plaatsing is er CO_2 uitstoot.
- f** Het gezin heeft $14,58 \times € 190,00 = € 2770,20$ uitgegeven.
- g** De opbrengst van de zonnepanelen is $€ 0,20 \times 1750 = € 350,00$ per jaar.
De zonnepanelen hebben zich na $\frac{2770,20}{350,00} = 8$ jaar terugverdiend.
- h** Omdat de investering ruim binnen de levensduur is terugverdiend en ook de CO_2 uitstoot sterk verminderd is, is het een duurzame investering.

C54

- a** Bij de productie van de elektrische energie in een centrale komt wel CO_2 vrij.
- b** De batterijen laden bij het remmen een beetje op.
Voor het stoplicht staat de motor uit.
De motor wordt minder warm.

+55

- a** Omdat het hergebruik van grondstoffen is.
- b** Bij de verbranding van biomassa is de uitstoot van CO_2 niet minder dan bij fossiele brandstoffen. Ook de uitstoot van fijnstof is niet minder.

+56

Omdat biomassa eerst gezorgd heeft voor de afname van CO_2 .

5.5 Alternatieve energievoorzieningen

A57

a Drie voordelen zijn:

- rustiger
- minder uitstoot CO₂
- niet afhankelijk van fossiele brandstoffen

Drie nadelen zijn:

- kleine actieradius
- er ontstaat nog steeds CO₂
- hoge kostprijs

b Er is toch uitstoot, omdat bij de productie van de elektrische energie in de centrale CO₂ ontstaat.

B58

a Door water te ontleden in waterstof (H₂) en zuurstof (O₂)

b Elektrische energie → chemische energie + warmte

c Chemische energie → elektrische energie (bewegingsenergie) + warmte

d De tank is extra gepantserd, omdat het gas onder hoge druk staat en de tank niet uit elkaar mag knallen.

e De tank is vrij groot en in de bus is daar makkelijker ruimte voor te vinden.

B59

a Een elektrische auto stoot $100 - 87 = 13$ g/km minder uit dan de zuinigste benzineauto. Als de elektrische energie voor de auto gemaakt wordt uit zon of wind is het verschil nog veel groter.

b Een elektrische auto gebruikt de elektrische energie van een centrale. De elektrische auto stoot zelf geen CO₂ uit, maar dat gebeurt in de centrale. Per km rijden wordt er 87 g CO₂ geproduceerd. Bij de productie van 1 kWh ontstaat 580 g CO₂. De elektrische auto gebruikt daarvan 87 g/km. De auto gebruikt dus $87 \div 580 = 0,15$ kWh/km.

B60

a Omdat voor de loodaccu geldt: 0,030 kWh/kg

heeft een accu die 120 kWh moet leveren een massa van $\frac{120}{0,030} = 4000$ kg.

b Voor lithium geldt: 0,15 kWh/kg.

De lithiumbatterij die 120 kWh kan leveren heeft een massa van $\frac{120}{0,15} = 800$ kg.

B61

1 Gebruik de uitknop van een apparaat in plaats van de stand-by knop.

2 Trek de stekker uit apparaten die in de uitstand toch nog elektriciteit gebruiken, zoals televisies, computers, adapters en dergelijke.

3 Gebruik voor meerdere apparaten een contactdoos met aan/uit-schakelaar.

4 Veel led- en halogeenlampen gebruiken een transformator. Door een aan/uit-schakelaar tussen de lamp en de transformator te zetten gebruikt de transformator geen stroom als de lamp niet brandt.

5 Schaf zogenaamde bespaarstekkers aan. Een bespaarstekker zet je tussen het stopcontact en het apparaat. Zo wordt de stand-by stand echt uitgeschakeld.

C62

Gegeven: afstand $s = 600$ km, snelheid $v = 80$ km/h, $P = 15$ kW

Gevraagd: energie $E = ?$

Formules: $s = v \cdot t$, $E = P \cdot t$

Berekenen: Bereken eerst de tijd t , daarna de energie E .

$$s = v \cdot t$$

$$600 = 80 \cdot t$$

$$t = \frac{600}{80} = 7,5$$

De tijd $t = 7,5$ h

$$E = P \cdot t$$

$$E = 15 \cdot 7,5 = 112,5$$

Antwoord: De waterstof in de tank kan 112,5 kWh leveren.

b Reken eerst het aantal kWh om naar Joule:

$$112,5 \text{ kWh} = 112,5 \times 3,6 \cdot 10^6 = 4,05 \cdot 10^8 \text{ J}$$

$$\text{De hoeveelheid waterstof } m = \frac{4,05 \cdot 10^8}{6,7 \cdot 10^7} = 6 \text{ kg}$$

c De hoeveelheid waterstof in de tank is 6 kg. Hiermee kan de auto 600 km rijden.

Op 1 kg kan de auto dus 100 km rijden.

C63

a Voor 120 kWh betaal je $120 \times 0,25 = €30,00$.

$$\text{Dit is per kilometer } \frac{€ 30}{600} = € 0,05.$$

b Voor 20 kWh betaal je € 5, dus voor 120 kWh betaal je $5 \times 6 = €30,00$

$$\text{Dit is per kilometer } \frac{€ 30}{600} = €0,05.$$

+64

a Als er voor 8 km 1 L brandstof nodig is is er voor 16 000 km

$$\frac{16\,000}{8} = 2000 \text{ L nodig.}$$

b Elke m² akkerland levert 0,58 L biobrandstof op. dus voor 2000 L is er

$$\frac{2000}{0,58} = 3448 \text{ m}^2 \text{ akkerland nodig.}$$

Oefentoets

1

Denk bijvoorbeeld aan: bij het vervoer, verwerken en de verbranding van afvalhout is er uitstoot van CO₂ en worden fossiele brandstoffen gebruikt.

Als mest van vee gebruikt wordt, is er door het vee al veel uitstoot van CO₂ geweest.

Bij de teelt, vervoer en verwerking van palmolie is veel CO₂ uitstoot en wordt fossiele brandstof gebruikt.

2

De uitstoot wordt minder groot als je nieuwe bomen plant en zeer fijne houtsnippers gebruikt bij de verbranding, waardoor de verbranding zo effectief mogelijk is.

3

Bij kernenergie is er geen uitstoot van CO₂. Daarnaast komt er per kg brandstof veel meer energie vrij dan bij fossiele brandstoffen.

4

1 Bij de vervaardiging van uranium uit uraniumerts is veel energie nodig, wat tot uitstoot van CO₂ leidt.

2 Het afval van een kerncentrale is zeer radioactief; kernafval moet voor duizenden jaren worden opgeslagen.

5

Met thermische verontreiniging wordt bedoeld dat de temperatuur van het koelwater zorgt voor een temperatuurstijging van het oppervlakte water.

6

Als de centrale minder elektriciteit hoeft te leveren, zal er ook minder koelwater nodig zijn.

Hierdoor wordt minder warmwater geloosd op het oppervlakte water.

7

Gegeven: vermogen $P = 1,6 \text{ kW}$, tijd $t = 5,5 \text{ uur}$, geproduceerde warmte $E = 5,32 \text{ MJ}$.

Gevraagd: Hoeveel kost het gebruik van de ventilator?

Formule: $E = P \cdot t$

Berekenen: $E = 1,6 \times 5,5 = 8,8$

Antwoord: De totale energie $E = 8,8 \text{ kWh}$.

$8,8 \text{ kWh}$ kost: $8,8 \times € 0,22 = € 1,94$

8

Gegeven: $E_{\text{nuttig}} = 8,8 \text{ kWh}$

Gevraagd: het rendement $\eta = ?$

Formule: $\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{totaal}}} \times 100\%$

Berekenen: Reken eerst de geproduceerde warmte om van MJ naar kWh.

$$5,32 \text{ MJ} = 5,32 \cdot 10^6 \text{ J. Dat is } \frac{5,32 \cdot 10^6}{3,6 \cdot 10^6} = 1,48 \text{ kWh.}$$

De totaal toegevoerde energie $E_{\text{totaal}} = 8,8 + 1,48 = 10,28 \text{ kWh}$

$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{totaal}}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{8,8}{10,28} \times 100\% = 85,6$$

Antwoord: Het rendement $\eta = 85,6 \%$

9

Gegeven: $V_{\text{stookolie}} = 0,9 \text{ L}$, verbrandingswarmte = 40 MJ/L , rendement $\eta = 66 \%$

Gevraagd: De energie die het water opneemt. $E_{\text{nuttig}} = ?$

Formules: *geleverde energie* = $V \times \text{verbrandingswarmte}$

$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{totaal}}} \times 100\%$$

Berekenen: *geleverde energie* = $0,9 \times 4 \cdot 10^7 = 3,6 \cdot 10^7 \text{ J}$

$$66 = \frac{E_{\text{nuttig}}}{3,6 \cdot 10^7} \times 100\%$$

$$0,66 = \frac{E_{\text{nuttig}}}{3,6 \cdot 10^7}$$

$$E_{\text{nuttig}} = 0,66 \times 3,6 \cdot 10^7 = 2,38 \cdot 10^7$$

Antwoord: De energie die het water opneemt is $2,38 \cdot 10^7 \text{ J}$

10

Gegeven: vermogen $P = 110 \text{ W} = 0,11 \text{ kW}$ per m^2

Gevraagd: hoeveelheid energie aan zonnestraling per m^2 per jaar.

Formule: $E = P \cdot t$

Berekenen: $E = 0,11 \times 365 \times 24 = 963,6$

Antwoord: De energie $E = 963,6 \text{ kWh/m}^2$

11

Gegeven: geleverde energie per jaar $157 \text{ GJ} = 1,57 \cdot 10^{11} \text{ J}$,

oppervlakte $A = 10\,000 \text{ m}^2$, $E = 963,6 \text{ kWh/m}^2$

Gevraagd: rendement η van de omzetting van zonne-energie in chemische energie in biomassa

Formule: $\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{totaal}}} \times 100\%$

Berekenen: reken het aantal kWh/m² om naar J/m².

$$963,6 \times 3,6 \cdot 10^6 = 3,47 \cdot 10^9.$$

$$\text{Voor } 10\,000 \text{ m}^2 \text{ is dat } 3,47 \cdot 10^9 \times 1 \cdot 10^4 = 3,47 \cdot 10^{13}$$

$$\eta = \frac{1,57 \cdot 10^{11}}{3,47 \cdot 10^{13}} \times 100\%$$

$$\eta = 0,45 \%$$

Antwoord: Het rendement van de verbranding $\eta = 0,45 \%$.

12

Ga ervan uit dat de auto 10 kW gebruikt om in beweging te blijven.

Gegeven: $t = 45 \text{ min} = 2700 \text{ s}$

$$P_{\text{nuttig}} = 10 \text{ kW} = 1,0 \cdot 10^4 \text{ W}$$

$$\eta_{\text{motor}} = 21 \%$$

$$\text{verbrandingswarmte} = 33 \text{ GJ/m}^3 = 3,3 \cdot 10^7 \text{ J/liter}$$

Gevraagd: de hoeveelheid benodigde benzine

Formule: $E = P \cdot t$

$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{totaal}}} \times 100\%,$$

$$\text{geleverde energie} = \text{verbruik} \times \text{verbrandingswarmte}$$

Berekenen: bereken de nuttige energie die de wielen in totaal gebruiken

$$E_{\text{nuttig}} = P_{\text{nuttig}} \cdot t = 1,0 \cdot 10^4 \cdot 2700 = 2,7 \cdot 10^7 \text{ joule}$$

bereken de energie die de motor in totaal levert

$$E_{\text{totaal}} = \frac{E_{\text{nuttig}}}{\eta} \times 100\% = \frac{2,7 \cdot 10^7}{21} \times 100 = 1,3 \cdot 10^8 \text{ joule}$$

bereken de hoeveelheid benzine

$$\text{verbruik} = \frac{\text{geleverde energie}}{\text{verbrandingswarmte}} = \frac{1,3 \cdot 10^8}{3,3 \cdot 10^7} = 3,9 \text{ liter}$$

Antwoord: De hoeveelheid verbrandde benzine is 3,9 liter.

13

Opslag van CO₂: efficiënter en/of schoner omzetten van fossiele brandstoffen.

14

Vervangen van gloeilampen door ledverlichting: beperken van energiegebruik.

15

Plaatsen van zonnepanelen: duurzame energiebronnen gebruiken.

16

Door één zonnepaneel wordt $2,7 \times 365 \times 1,5 = 1478$ kWh per jaar opgevangen.

17

Gegeven: opgevangen energie $E_{\text{totaal}} = 1478,25$ kWh, rendement $\eta = 21,5 \%$

Gevraagd: hoeveelheid geleverde energie $E_{\text{nuttig}} = ?$

Formule: $\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{totaal}}} \times 100\%$

Berekenen: $21,5 = \frac{E_{\text{nuttig}}}{1478,25} \times 100\%$

$$0,215 = \frac{E_{\text{nuttig}}}{1478,25}$$

$$E_{\text{nuttig}} = 0,215 \times 1478,25 = 317,8$$

Antwoord: Eén zonnepaneel levert 317,8 kWh per jaar.

18

300 zonnepanelen leveren $317,8 \times 300 = 95\,340$ kWh.

De opbrengst van 300 panelen is $95\,340 \times \text{€ } 0,04 = \text{€ } 3813,60$.

De panelen zijn terugverdiend in $\frac{90\,000}{3813,60} = 23,6$ jaar.

19

Gegeven: $P = 15$ kW, $t = 45$ min = 0,75 h.

Gevraagd: hoeveelheid geleverde energie $E = ?$

Formule: $E = P \cdot t$

Berekenen: $E = 15 \times 0,75 = 11,25$

Antwoord: De geleverde energie $E = 11,25$ kWh

20

Gegeven: $E = 11,25$ kWh, rendement $\eta = 0,03\%$, $m = 1000$ kg, $g = 9,81$ m/s²

Gevraagd: bereken hoeveel de auto is gestegen. $h = ?$

Formules: $\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{totaal}}} \times 100\%$

$$E = m \cdot g \cdot h$$

Berekenen: $3 = \frac{E_{\text{nuttig}}}{11,25} \times 100\%$

$$0,03 = \frac{E_{\text{nuttig}}}{11,25} \rightarrow E_{\text{nuttig}} = 0,03 \times 11,25 = 0,3375$$

de nuttige energie is 0,3375 kWh.

reken de eenheid kWh om naar de eenheid J.

$$0,3375 \text{ kWh} = 0,3375 \times 3,6 \cdot 10^6 = 1\,215\,000 \text{ J}$$

$$E_{\text{nuttig}} = m \cdot g \cdot h$$

$$1\,215\,000 = 1000 \times 9,81 \times h \rightarrow h = \frac{1\,215\,000}{9810} = 123,9$$

Antwoord: De auto is tijdens de bergrit 123,9 m gestegen.

21

Voor de productie van waterstof is elektrische energie nodig. Wordt hierbij gebruik gemaakt van windenergie of zonne-energie, dan is er een geringe belasting van het milieu.

22

Bij de verbranding van waterstof ontstaat alleen water volgens $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$.

23

Om 600 km op waterstof te kunnen rijden heb je een grote gepantserde tank nodig van ruim 300 kg. Een dergelijke tank past niet gemakkelijk in een personenauto, maar wel in een bus.

24

Denk aan:

- lichtere batterijen ontwikkelen
- batterijen met een grotere capaciteit ontwikkelen
- rendement van de energie omzetting van elektrische energie naar bewegingsenergie verbeteren
- lichtere en goed gestroomlijnde auto's bouwen
- het gebruik van elektrische energie anders dan voor de voortstuwing uit aparte batterijen halen en sterk verminderen

+25

De waterstofcel levert in 8 uur $0,56 \times 1,2 \cdot 10^8 \times 6 = 4,03 \cdot 10^8 \text{ J}$.

Gegeven: $m = 6 \text{ kg}$, $\eta = 56\%$

Gevraagd: De geleverde energie van de waterstofcel $E = ?$

Formule: $\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{totaal}}} \times 100\%$

Berekenen: $56\% = \frac{P_{\text{nuttig}}}{1,2 \cdot 10^8} \times 100\%$

$$P_{\text{nuttig}} = 1,2 \cdot 10^8 \times 0,56 = 0,67 \cdot 10^8 \text{ per kg waterstof.}$$

voor 6 kg: $P_{\text{nuttig}} = 0,67 \cdot 10^8 \times 6 = 4,03 \cdot 10^8$

Antwoord: De geleverde energie van de waterstofcel $E = 4,03 \cdot 10^8 \text{ J}$.

+26

Gegeven: $E_{\text{totaal}} = 4,03 \cdot 10^8 \text{ J}$, $t = 8 \text{ h}$

Gevraagd: vermogen $P = ?$

Formule: $E = P \cdot t$

Berekenen: Reken eerst $4,03 \cdot 10^8 \text{ J}$ om naar kWh.

bereken dan P_{totaal} , daarna P_{nuttig}

$$E_{\text{totaal}} = \frac{4,03 \cdot 10^8}{3,6 \cdot 10^6} = 112$$

$$E_{\text{totaal}} = 112 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{totaal}} = P_{\text{totaal}} \cdot t$$

$$112 = P_{\text{totaal}} \cdot 8$$

$$P_{\text{totaal}} = 14$$

Het vermogen $P_{\text{totaal}} = 14 \text{ kW}$.

$$\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{totaal}}} \times 100\%$$

$$82 = \frac{P_{\text{nuttig}}}{14} \times 100\%$$

$$0,82 = \frac{P_{\text{nuttig}}}{14}$$

$$P_{\text{nuttig}} = 0,82 \times 14 = 11,5$$

Antwoord: Het nuttige vermogen is 11,5 kW.

+27

Het totale rendement is $0,56 \times 0,82 \times 100\% = 46 \%$.