



Blok 2

INHOUD

BASISSTOF

- T0** **Elektriciteit en energie** 38
- T1** **Elektriciteit thuis** 40
- W1** 41
- T2** **Het vermogen van elektrische apparaten** 42
- W2** 43
- T3** **Elektrische energie** 44
- W3** 45
- T4** **Beveiliging** 46
- W4** 48

HERHAALSTOF

- H1** **Nieuwe begrippen** 49
- H2** **Elektriciteit thuis: de huisinstallatie** 51
- H3** **Vermogen en energie** 53

EXTRASTOF

- E1** **Beveiligingsautomaten** 56
- E2** **Schakelingen in huis** 59
- E3** **Oefenvragen en opgaven** 61

LEERDOELEN

Bij het begin van blok 2

- 1** Je moet verschillende spanningsbronnen (stop-contact, batterij, accu) kennen en ze kunnen gebruiken. [T0 en 1m hv Blok 5, T2]
- 2** Je moet weten wat een serie- en wat een parallel-schakeling is. [T0 en 1m hv Blok 8, P4, T4]
- 3** Je moet weten wat we onder vermogen verstaan. [T0 en 1m hv Blok 8, P4, T4]
- 4** Je moet weten dat het verband tussen energie, vermogen en tijd gegeven wordt door de formule $E = P \cdot t$ en je moet deze formule kunnen gebruiken. [T0 en 1m hv Blok 8, T4, W4]



Elektriciteit thuis

Aan het eind van blok 2

- 5 Je moet de belangrijkste onderdelen van de huisinstallatie op kunnen noemen en kunnen uitleggen waar deze onderdelen voor dienen. [P1, T1, W1, T4, W4]
- 6 Je moet weten dat de spanning van de huisinstallatie 220 V is. [P1, T1]
- 7 Je moet serie- en parallelschakelingen in huis aan kunnen geven. [T1, W1]
- 8 Je moet weten dat het verband tussen vermogen, spanning en stroomsterkte wordt gegeven door de formule: $P = V \cdot I$ en je moet deze formule kunnen gebruiken. [P2, T2, W2]
- 9 Je moet weten dat de kilowattuur (kWh) een eenheid van energie is en je moet kWh kunnen omrekenen in joule. [P3, T3, W3]
- 10 Je moet weten hoe de elektrische energie afhangt van:
 - a de tijd;
 - b de stroomsterkte;
 - c de spanning. [P3, T3, W3]
- 11 Je moet weten wat we onder overbelasting verstaan en je moet kunnen berekenen wanneer er van overbelasting sprake is. [P4, T4, W4]
- 12 Je moet weten wat we onder kortsluiting verstaan. [P4, T4, W4]
- 13 Je moet weten welke gevaren elektriciteit met zich meebrengt. [P4, T4, W4]
- 14 Je moet een aantal beveiligingen (zoals elektrische isolatie, smeltveiligheid en randaarde) kunnen noemen en kunnen uitleggen waarvoor ze dienen. [P4, T4, W4]

TO Elektriciteit en energie

In Blok 5 van 1mhv heb je al het een en ander over elektriciteit geleerd. Elektricititeit kun je gebruiken voor:

- warmte en licht (warmte-effect);
- beweging (magnetisch effect);
- het doorgeven van signalen.

Een spanningsbron (batterij, accu of stopcontact) zorgt ervoor dat er een elektrische stroom gaat lopen, als er een gesloten stroomkring is. De eenheid van spanning (symbool V) is de volt (V).



EEN BATTERIJ

Een batterij is ook een spanningsbron. Is de spanning 4,5 V, dan geef je dat als volgt aan:
 $V = 4,5 \text{ V}$.

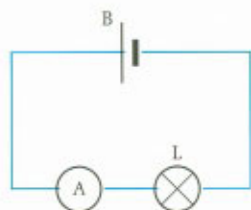
De eenheid van stroomsterkte (symbool I) is de ampère (A). Je meet de stroomsterkte met een stroommeter (figuur 1).



KLEINE STROMEN

Als je met kleine stromen te maken hebt, geef je die meestal aan in mA (milli-ampère). Er geldt:
 $1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A}$ en $1 \text{ A} = 1000 \text{ mA}$.

FIG. 1 Het meten van de stroomsterkte.
B: batterij, L: lamp en A: stroommeter.



Er zijn twee soorten schakelingen:

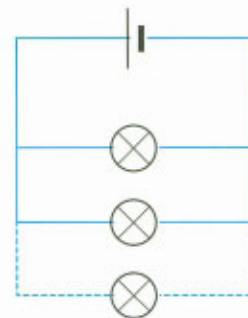
1 De serieschakeling: de lampjes (of apparaten) staan in één stroomkring (figuur 2). De elektrische stroom moet eerst door het eerste lampje, dan door het tweede enz. Draai je één lampje los, dan branden ze geen van alle meer.

2 De parallelschakeling: de lampjes (of apparaten) zijn in aparte takken geschakeld (figuur 3). Doe je een lampje extra aan, dan heeft dat geen invloed op de andere lampjes.

FIG. 2 Een serieschakeling van twee lampjes.



FIG. 3 Een parallelschakeling van lampjes.



In Blok 8 van 1 mhv heb je het volgende geleerd: Er is energie nodig om een apparaat te laten werken. Een elektrisch apparaat sluit je aan op een spanningsbron. De spanningsbron levert de elektrische energie. Het apparaat zet de elektrische energie om.

De eenheid van *energie* (symbool E) is de joule (J). Vaak is het veel belangrijker te weten hoeveel energie een apparaat in één seconde omzet. Dit noemen we het vermogen van het apparaat. De eenheid van *vermogen* (symbool P) is de watt (W).



VERMOGEN

Het vermogen van verwarmingsapparaten is groot. Vaak meer dan 1000 W. Je spreekt dan van kilowatt (kW). Het vermogen dat een elektriciteitscentrale levert, is natuurlijk veel groter (figuur 4). Dat wordt uitgedrukt in Mega-watt (MW).

Er geldt:

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W (kilo} = 1000)$$

$$1 \text{ MW} = 1\,000\,000 \text{ W}$$

Het vermogen is dus de energie gedeeld door de tijd.
In formule:

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

Dus: 1 W = 1 J/s (1 watt is 1 joule per seconde).

Je kunt het vermogen berekenen als je weet hoeveel energie in een bepaalde tijd wordt omgezet.

Maar weet je het vermogen van een apparaat en je weet hoe lang je het apparaat gebruikt, dan kun je de gebruikte energie berekenen:

$$E = P \cdot t$$



VAN ENERGIE NAAR VERMOGEN EN OMGEKEERD

VOORBEELD 1: Een auto trekt in 10 s op van 0 tot 100 km per uur. Hij gebruikt in die tijd 600 000 J energie. Het vermogen P van de motor is dan:

$$\frac{E}{t} = \frac{600\,000}{10} = 60\,000 \text{ J/s} = 60\,000 \text{ W} = 60 \text{ kW}$$

Daarna rijdt de auto verder met een snelheid van 108 km per uur. Hij verbruikt dan elke 10 s 150 000 J aan energie. Het vermogen P van de automotor is dan:

$$\frac{E}{t} = \frac{150\,000}{10} \text{ J/s} = 15\,000 \text{ W} = 15 \text{ kW}$$

In dit voorbeeld zie je dat een auto niet altijd het *maximale vermogen* levert.

Je kunt de *gebruikte energie* uitrekenen als het vermogen en de tijd bekend zijn.

VOORBEELD 2: Een lamp heeft een vermogen van 75 W. Hij brandt 100 s.

Hoeveel energie gebruikt de lamp dan?

$$P = 75 \text{ W}, t = 100 \text{ s}$$

$$P = \frac{E}{t} \rightarrow E = P \cdot t \rightarrow E = 75 \times 100 = 7500 \text{ J}$$



FIG. 4 Een elektriciteitscentrale van 1000 MW.

In de tabel van figuur 5 vind je een overzicht van de grootheden met hun eenheden.

FIG. 5 Overzicht van de grootheden met hun eenheden.

grootheid	symbool	eenheid	symbool
spanning	V	volt	V
stroomsterkte	I	ampère	A
energie	E	joule	J
vermogen	P	watt	W (= J/s)
tijd	t	seconde	s

Bovendien kennen we de *afgeleide* eenheden.

Voor kleine stroomsterktes gebruik je vaak de milliampère (mA).

$$1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A}$$

$$1 \text{ A} = 1000 \text{ mA}$$

Behalve de watt worden ook de kilowatt (kW) en de megawatt (MW) gebruikt.

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W (kilo = 1000)}$$

$$1 \text{ MW} = 1\,000\,000 \text{ W (mega = 1\,000\,000)}$$

T1 Elektriciteit thuis

Thuis gebruik je elektriciteit voor zeer uiteenlopende dingen: verlichting, radio, t.v., misschien verwarming; noem maar op. Je hoeft maar een stekker in een stopcontact te steken, de knop om te zetten en het apparaat werkt.

Toch is er heel wat voor nodig om het zo makkelijk voor je te maken. Er moeten stopcontacten (wandcontactdozen) zijn en er moet spanning op het stopcontact staan. De hele installatie moet zó veilig zijn dat je geen gevaar loopt. Maar de elektriciteitsmaatschappij wil ook graag weten hoeveel elektrische energie jij gebruikt hebt. Kortom, er is een hele huisinstallatie nodig om gebruik kunnen maken van het elektriciteitsnet.

FIG. 6 De meterkast.



De huisinstallatie

De huisinstallatie (figuur 6) bestaat uit de volgende onderdelen:

- 1 de kabel van de elektriciteitsmaatschappij: de voedingskabel;
- 2 de huisaansluitkast;
- 3 de kWh-meter;
- 4 de aardlekschakelaar;
- 5 de groepenkast met zekeringen;
- 6 de aardleiding;
- 7 de aansluiting naar de rest van het huis.

We lopen deze onderdelen nog eens stuk voor stuk langs:

- 1 De voedingskabel komt in de meterkast het huis binnen. Dit is een dikke kabel met twee aders (te vergelijken met de + en de - van een batterij, maar de spanning is 220 V!). De voedingskabel is aangesloten op het elektriciteitsnet.
- 2 De voedingskabel gaat naar de huisaansluitkast.
- 3 Vervolgens komt de kilowattuurmeter. Dit apparaat meet hoeveel elektrische energie in huis gebruikt wordt (zie T3).

FIG. 7 Schakeling met kleurcode.



Kleurcode:
 bruin: spanningvoerende draad
 blauw: nuldraad
 zwart: schakeldraad
 geelgroen: aarddraad.

4 Dan volgen een of meer aardlekschakelaars, die er zijn voor de beveiliging (zie T4).

5 De kabel gaat daarna naar de groepenkast, waar de aansluiting verdeeld wordt over een aantal groepen die parallel geschakeld zijn. Gaat er in één groep wat mis, dan hebben de andere groepen daar geen last van. Iedere groep heeft zijn eigen zekering (de officiële naam is smeltveiligheid, maar vaak spreekt men over een stop). De stop dient ter beveiliging tegen de gevaaren van een te grote elektrische stroom in een groep (zie ook T4).

6 In de groepenkast zit ook een verbinding met de aardleiding (via geel-groene draden). Dit is ook een beveiliging (zie T4).

7 De groepsleidingen gaan in PVC-buizen door de muren naar alle kamers in het huis. Maak je een stopcontact, een wandschakelaar, of een aansluitpunt voor de verlichting open (natuurlijk eerst de groep uitschakelen door de zekering los te draaien!), dan zie je de draden terug. Je hebt bij al die aansluitpunten twee of drie draden in verschillende kleuren: bruin of zwart, blauw en soms als derde draad: geel-groen. Deze kleurcode is aangebracht zodat je kunt weten welke draden je zonder gevaar aan kunt raken, maar vooral om te weten hoe je een apparaat op deze draden aan moet sluiten (figuur 7).

- 1 Noem drie apparaten of voorzieningen in de huisinstallatie die dienen ter beveiliging.
- 2 Waarvoor dient de kWh-meter?
- 3 Wat kom je allemaal tegen, als je de elektriciteit volgt van de voedingskabel tot aan de huiskamerlamp?
- 4 Waarom wordt de huisinstallatie verdeeld in verschillende groepen, ieder met een eigen zekering?
- 5 Teken het schakelschema van een lamp die via een snoer en een schakelaar met het stopcontact verbonden is.
- 6
 - a Houd gedurende één week de stand van de kWh-meter bij ('s morgens en 's avonds, telkens op hetzelfde tijdstip).
 - b Maak van jouw metingen een staafdiagram van het verbruik per half etmaal.
 - c Tijdens welk deel van de dag wordt de meeste elektriciteit gebruikt?
 - d Geef hiervoor een verklaring.
 - e Op welke dag van de week werd de meeste elektriciteit gebruikt?
 - f Geef hiervoor een verklaring.

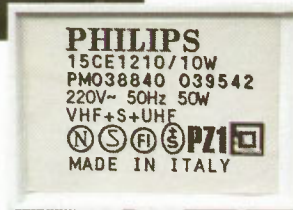
T2 Het vermogen van elektrische apparaten

Je gebruikt thuis apparaten van zeer uiteenlopend vermogen. Voor verwarming heb je een apparaat met een groot vermogen nodig (1000 à 2000 W), voor verlichting en het doorgeven van informatie heb je apparaten met weinig vermogen nodig (100 W en minder, zie figuur 8).

Door een apparaat met een groot vermogen loopt een grote stroom. Per seconde wordt dan veel elektrische energie omgezet.

Maar niet alleen de stroomsterkte bepaalt hoe groot het vermogen is. Ook de spanning waar het apparaat op aangesloten moet worden, is van belang. Een lamp van 6 V brandt maar heel zwak als hij op een batterij van 1,5 V aangesloten wordt. De lamp gebruikt aangesloten op 1,5 V minder vermogen dan wanneer hij op 6,0 V aangesloten wordt.

FIG. 8 Misschien heb je een eigen stereotoren. Zo'n apparaat heeft meestal een vermogen van minder dan 100 W.



Conclusie:

Het vermogen van een elektrisch apparaat hangt af van:

- 1 De stroomsterkte: hoe groter I , hoe groter P .
- 2 De spanning: hoe groter V , hoe groter P .

Het elektrische vermogen is gelijk aan de spanning maal de stroomsterkte. In formule:

$$P = V \cdot I$$



REKENVOORBEELD MET VERMOGEN

Op kachel A staat dat het vermogen 2000 W is. Op kachel B staat vermeld: '220 V, 12 A'. Je wilt weten welke kachel de meeste warmte geeft. Je moet dan het vermogen van de beide kachels vergelijken.

Het vermogen van kachel A is gegeven: 2000 W. Dat is dus 2000 J warmte per seconde.

Het vermogen van kachel B kun je berekenen: $V = 220 \text{ V}$; $I = 12 \text{ A}$. $P = V \cdot I = 220 \times 12 = 2640 \text{ W}$.

Dus kachel B geeft per seconde 2640 J warmte.

Kachel B geeft dus per seconde de meeste warmte.

Op een apparaat staat vermeld op welke spanning het aangesloten dient te worden (figuur 9). Er staat ook bij wat dan het vermogen van het apparaat is. Sluit je het apparaat op een lagere spanning aan (b.v. op 110 V in plaats van op 220 V), dan zet het apparaat per seconde minder energie om. Het vermogen is dan kleiner.



INFORMATIEPLAATJE OP EEN T.V.

Op een t.v. staat vermeld: 220 V; 250 W. Dat betekent dat deze t.v. goed werkt, als hij op 220 V aangesloten wordt. En dat het vermogen dan 250 W is.

FIG. 9 Het informatieplaatje op een elektrisch apparaat.

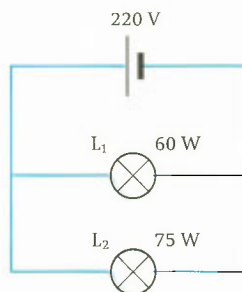
- 1 In Blok 5 van 1 mhv hebben we de elektrische apparaten verdeeld in apparaten die zorgen voor:
 - licht en warmte;
 - beweging;
 - informatie-overdracht.
 - a Geef voor iedere soort apparaat aan wat ongeveer het vermogen is.
 - b Welke soort apparaten gebruikt het grootste vermogen?
 - c Welke soort apparaten gebruikt het kleinste vermogen?
- 2 Een lamp zet in 2 uur tijd 720 000 J om in warmte en stralingsenergie. Bereken het vermogen van de lamp.
- 3 Op een fietslampje staat vermeld: 6,0 V; 0,15 A.
 - a Wat betekenen deze gegevens?
 - b Bereken het vermogen als het lampje op de juiste spanning brandt.
 - c Wat gebeurt er als je dit lampje op 8 V aansluit?
 - d En als je het op 220 V aansluit?
- 4 Over een lampje staat een spanning van 6,0 V. De stroomsterkte door het lampje is 30 mA.
 - a Bereken het vermogen van het lampje.
 - b Hoeveel energie wordt er per seconde in het lampje omgezet?
 - c Waarin wordt die energie omgezet?
- 5 Een apparaat gebruikt 200 W. De stroomsterkte door het apparaat is 4,0 A. Bereken de spanning waarop het apparaat is aangesloten.
- 6 Een radio heeft een vermogen van 2,0 W. De spanning over de radio bedraagt 12 V. Hoe groot is de stroomsterkte door de radio?

- 7 a Bereken de stroomsterkte in het apparaat van figuur 9.

b Wat voor soort apparaat zal dat zijn?

- 8 In figuur 10 zijn twee lampen getekend. Op L_1 staat: 220 V; 60 W. Op L_2 staat: 220 V; 75 W. De lampen zijn op de juiste spanning aangesloten.

FIG. 10 Een parallelschakeling.



- a Bereken de stroomsterkte door L_1 .
- b Bereken de stroomsterkte door L_2 .
- c Bereken het totale vermogen dat de spanningsbron levert.

T3 Elektrische energie

In de meterkast ben je de kWh-meter al tegengekomen. Dit apparaat houdt bij hoeveel elektrische energie wij gebruiken. De eenheid van energie die daarbij wordt gebruikt is niet de joule, maar de kilowattuur (kWh).

De eenheid kilowattuur

Een kilowattuur (kWh) is de hoeveelheid energie die je gebruikt als je een apparaat van 1 kW gedurende één uur laat werken.

Uit de formule $E = P \cdot t$ volgt de waarde van de energie-eenheid kilowattuur.

Vul je namelijk P in met als eenheid kilowatt en t met als eenheid uur, dan krijg je E in de eenheid kilowattuur.

Dus: 1 kilowattuur = 1 kilowatt \times 1 uur.

Met andere woorden: een apparaat van 1 kW (= 1000 W) gebruikt in 1 uur 1 kWh aan elektrische energie.

De afkorting voor kilowattuur is kWh (de h komt van het Engelse hour). De kWh wordt veel gebruikt bij elektrische apparaten. Het gaat dan om apparaten die lang (uren) in bedrijf zijn. De elektriciteitsbedrijven rekenen altijd in kWh.



HOEVEEL ENERGIE WORDT ER OMGEZET?

Hoeveel energie zet een lamp van 75 W om in 6 uur?

Om dit te berekenen kun je gebruik maken van de energie-eenheid kilowattuur.

$$P = 75 \text{ W} = 0,075 \text{ kW};$$

$$t = 6 \text{ uur}; E = P \cdot t = 0,075 \times 6 = 0,450 \text{ kWh}.$$

Je kunt ook eerst in Joule rekenen:

$$P = 75 \text{ W} = 75 \text{ J/s};$$

$$t = 6 \text{ uur} = 21\,600 \text{ s}. E = P \cdot t = 75 \times 21\,600 = 1\,620\,000 \text{ J}.$$

Omdat 1 kWh = 3 600 000 J (zie onder) komt 1 620 000 J overeen met:

$$1\,620\,000 : 3\,600\,000 \text{ kWh} = 0,450 \text{ kWh}.$$

Je kunt kWh omrekenen in J en omgekeerd:

$$1 \text{ kilowattuur} = 1 \text{ kilowatt} \times 1 \text{ uur} =$$

$$1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3\,600\,000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}.$$



KILOWATTUUR OF JOULE?

Wanneer gebruik je kWh en wanneer J?

Als de tijd in uren gegeven of gemeten is, reken je gemakkelijker in kWh. Als de tijd in s gegeven is, reken je meestal in J. Is de tijd in minuten opgegeven, dan moet je een keuze maken.

Berekenen van de gebruikte energie

De energie die een apparaat omzet, is afhankelijk van het vermogen van het apparaat. Ook is belangrijk hoe lang het apparaat in werking is.

Met de formule $P = V \cdot I$ kun je het vermogen uitrekenen.

Met de formule $E = P \cdot t$ reken je de energie uit die gebruikt is.

Zijn V , I en t gegeven, dan mag je ook in één keer $E = V \cdot I \cdot t$ uitrekenen.



BEREKENING VAN HET ENERGIEGEBRUIK

Een haardroger werkt op 220 V (figuur 11). Er gaat dan een elektrische stroom doorheen van 5,0 A. Hoeveel elektrische energie gebruikt de droger als hij 10 minuten gebruikt wordt bij een spanning van 220 V?

Gevraagd wordt naar de elektrische energie (E). Je hebt dus $E = P \cdot t$ nodig. Je kent t (10 min) maar P niet. Die kun je berekenen door $P = V \cdot I$ te gebruiken.

$$V = 220 \text{ V}; I = 5 \text{ A}.$$

$$P = V \cdot I \rightarrow P = 220 \times 5 = 1100 \text{ W}$$

$$t = 10 \text{ min} = 600 \text{ s}$$

$$E = P \cdot t = 1100 \cdot 600 = 660\,000 \text{ J} = 660 \text{ kJ}$$

In één keer:

$$E = V \cdot I \cdot t = 220 \cdot 5 \cdot 600 = 660\,000 \text{ J} = 660 \text{ kJ}$$

A young man with dark, wavy hair is shown from the chest up, facing a mirror. He is wearing a white hoodie with a graphic design. He is holding a red comb in his right hand, combing his hair, and a black hairbrush in his left hand, brushing his hair. The mirror reflects his face and upper body. The background is a plain, light-colored wall.

Met de kostprijs van 1 kWh kun je uitrekenen wat het kost om een apparaat een bepaalde tijd te laten werken. Je berekent dan eerst hoeveel energie je gebruikt hebt (in kWh). Daarna vermenigvuldigt je het aantal kWh met de kostprijs per kWh.



1 kWh kost f 0,30. Een lamp brandt van 8 uur tot 11 uur. Het vermogen van de lamp is 60 W. Wat kost dat?

$$E = P \cdot t = 0,060 \times 3 = 0,180 \text{ kWh}$$

Dit kost: $0,180 \times 0,30 = f\ 0,054$ (= 5,4 cent).

W3

- FIG. 12** De jaarrekening van een elektriciteitsmaatschappij.

[illegible]

- 4 Een straalkachel heeft een vermogen van 880 W en is aangesloten op 220 V.
 - a Bereken de stroomsterkte door de kachel.
 - b Bereken hoeveel warmte in één uur geleverd wordt.
1 kWh kost 25 cent.
 - c Bereken de kosten van één uur branden.

- 5 Op gloeilamp 1 staat vermeld: 110 V; 100 W. Op gloeilamp 2 staat vermeld: 220 V; 100 W. Beide lampen worden op de juiste spanning aangesloten.
 - a In welke lamp wordt in 1 s de meeste energie omgezet? Licht je antwoord toe.
 - b Bereken de stroomsterkte door de lampen. Je wilt 2 uur lang een boek lezen. Je hebt een spanningsbron tot je beschikking waarvan je de spanning kunt variëren.
 - c Welke lamp is het goedkoopst in het energiegebruik? Licht je antwoord toe.

- 6 Een apparaat verbruikt 8 kWh in 4 uur. Bereken het vermogen van het apparaat in kW.

- 7 Op een avond staan in huis de volgende apparaten aan:
 - 5 lampen van ieder 60 W (van 7 uur tot 11 uur);
 - een lamp van 40 W (van 6 uur tot 12 uur);
 - de t.v. van 250 W (van 7.30 tot 9.00 uur);
 - een koelkast van 200 W (ieder uur gedurende een kwartier);
 - een föhn van 600 W gedurende 20 min.
 - a Bereken het geleverde vermogen als alle apparaten tegelijk in gebruik zijn.
 - b Bereken de stroomsterkte in de voedingskabel.
 - c Bereken hoeveel energie (in kWh) ieder apparaat op die avond (tussen 6 en 12 uur) gebruikt.
1 kWh kost 25 cent.
 - d Bereken hoeveel deze avond aan elektrische energie kost.

Het gebruik van elektrische energie brengt een aantal gevaren met zich mee:

- Er kan per ongeluk een elektrische stroom door je lichaam lopen. Spieren (b.v. de hartspier) reageren op elektrische prikkels.
- Er kan een te grote stroom door de draden lopen. De draden worden dan te warm. De isolatie om de draad kan smelten en er kan zelfs brand ontstaan.

Elektrische stroom door je lichaam

Een elektrische schok krijgen betekent meestal dat je via je lichaam een verbinding maakt tussen de spanningvoerende draad (220 V) en 0 V. Een elektrische stroom door je lichaam kan gevaarlijk zijn (figuur 13). De stroom door je lichaam hangt onder andere af van de spanning. Een batterij zal weinig kwaad kunnen. Een stopcontact meestal wel! Ben je goed nat (b.v. in bad), dan kan de stroom vrij makkelijk door je heen. De stroomsterkte door een nat lichaam is tien tot honderd maal zo groot als de stroomsterkte door een droog lichaam. Voor vochtige ruimtes (badkamer, keuken) zijn daarom extra veiligheidsvoorschriften opgesteld.

Beveiliging

Snoeren en stopcontacten zijn voorzien van een isolerende buitenkant. Je kunt dus niet zomaar het koperdraad aanraken waar de elektrische stroom doorheen gaat. Andere beveiligingen zijn de aardlekschakelaar en de aardleiding.

DE AARDLEKSCHAKELAAR

De aardlekschakelaar (figuur 14) vergelijkt de stroomsterkte die het huis binnenkomt met de stroomsterkte die het huis via het net weer verlaat. Is er een verschil (b.v. omdat er stroom via jouw lichaam en de metalen buizen van de waterleiding het huis verlaat), dan schakelt de aardlekschakelaar de elektrische stroom uit.

FIG. 13 De gevaren van elektrische stroom.

stroomsterkte	lichamelijke verschijnselen
0,01 - 1 mA	– net waarneembaar, vergelijkbaar met het kriebelen van mieren op je hand
1 - 5 mA	– het lijkt of je hand slaapt, zwakke stijfheid in hand en arm
5 - 15 mA	– loslaten kan nog net, krampgevoel, stijgende bloeddruk
15 - 25 mA	– loslaten kan niet meer
25 - 80 mA	– kramp, bloeddruk stijgt, onregelmatigheden in de hartslag, bewusteloosheid boven 50 mA
80 mA - 8 A	– ongecoördineerd trillen hart, bij grotere stroomsterktes hartstilstand

DE AARDLEIDING

Een apparaat met een metalen omhulsel (figuur 15) heeft een geaarde stekker voor een geaard stopcontact. Via een extra (geel-groene) draad is de buitenkant van het apparaat verbonden met de aarde. Komt er spanning op de buitenkant van het apparaat te staan (b.v. doordat de isolatie van de draden in het apparaat kapot is gegaan), dan loopt er een stroom via de aardleiding. De aardlekschakelaar zorgt ervoor dat de elektrische stroom wordt uitgeschakeld. Is er geen aardlekschakelaar, dan gaat de zekering kapot omdat er een te grote stroomsterkte is. Sluit je een apparaat met randaarde aan op een niet geaard stopcontact, dan is het apparaat niet beveiligd. Je loopt dan kans een schok te krijgen, als je de buitenkant van het apparaat aanraakt.

Brandgevaar door een te grote stroomsterkte

Bij een te grote stroomsterkte ontstaat veel warmte. Er kan dan brand ontstaan. Oorzaken van een te grote stroomsterkte zijn onder andere de volgende:

- 1 Er zijn te veel apparaten tegelijk aangesloten (overbelasting).
- 2 Er zit ergens een fout in de schakeling, waardoor de stroom langs een te gemakkelijke weg kan gaan (kortsluiting).

FIG. 14 Een aardlekschakelaar.



FIG. 15 Stekker en stopcontact met randaarde.



EXTRA BEVEILIGING IN DE KEUKEN

In de keuken worden veel apparaten met metalen buitenkant gebruikt. Dit kan gevaar opleveren, vooral ook doordat in de keuken met water gewerkt wordt. Daarom zijn in de keuken stopcontacten met randaarde *verplicht*.

KORTSLUITING

Twee veel voorkomende voorbeelden van kortsluiting zijn de volgende:

- 1 Een snoer bestaat meestal uit twee koperen draden. Als het snoer oud is en de isolatie is doorgesleten, raken die twee draden elkaar.
- 2 Kortsluiting kan ook in een apparaat ontstaan door een defect of door een los draadje. In het geval van kortsluiting zijn de draden die van de polen van de spanningsbron komen, rechtstreeks met elkaar verbonden. De stroomkring sluit zich dus buiten het apparaat (b.v. een lamp) om. Vandaar de naam *kortsluiting*. De elektrische stroom hoeft niet meer door het apparaat. De stroom wordt daardoor enorm groot!

BEVEILIGING TEGEN TE GROTE STROOMSTERKTE

Omdat kortsluiting en overbelasting kunnen optreden, heeft men zekeringen aangebracht. In geval van kortsluiting of overbelasting smelt de zekering. In een zekering zit een dun draadje. Als er een te grote elektrische stroom doorheen gaat, wordt het draadje heet en smelt door. Er kan dan geen stroom meer gaan lopen omdat er geen gesloten kring meer is. De officiële naam voor een zekering is smeltveiligheid, maar vaak spreekt men ook over een stop.

- 1 Omschrijf wat onder kortsluiting verstaan wordt.
- 2 Beschrijf een situatie bij jou thuis waarbij overbelasting kan optreden.
- 3 Waarom is er bij kortsluiting geen gevaar meer als de zekering is doorgebrand?
- 4
 - a Noem een situatie waarbij de zekering beveiliging biedt.
 - b Noem een situatie waarbij de aardlekschakelaar beveiliging biedt.
 - c Noem een situatie waarbij randaarde beveiliging biedt.
 - d Noem een situatie waarbij de beveiligingen in huis geen veiligheid bieden.
- 5 Als plotseling het licht uitvalt, moet je eerst nadenken voordat je als een gek de stoppen gaat vervangen.
 - a Zet de stappen die je moet nemen in de juiste volgorde:
 - 1 een nieuwe zekering erin draaien;
 - 2 kijken of de aardlekschakelaar gesprongen is;
 - 3 kijken of de burens nog spanning hebben;
 - 4 het elektriciteitsbedrijf opbellen;
 - 5 het apparaat dat je het laatste aandeed, uitzetten (stekker uit het stopcontact trekken!).
 - b Geef een korte toelichting.
- 6 Rob merkt op: 'De aardlekschakelaar bewijst wel dat je eigenlijk niets voor de elektriciteit hoeft te betalen. Er gaat evenveel stroom het huis uit als erin gaat.' Waarom heeft Rob geen gelijk?
- 7 Op een stopcontact in je kamer sluit je tegelijk aan:
 - een straalkachel 220 V; 2500 W,
 - een platenspeler 220 V; 50 W,
 - vijf lampen van 220 V; 60 W elk,
 - een wasmachine 220 V; 1000 W.In de stroomkring zit een zekering van 16 A.
 - a Bereken de stroomsterkte door elk van de apparaten.
 - b Zal de zekering smelten? Licht je antwoord toe.
 - c Hoe had je dit sneller kunnen berekenen?
- 8 Een spanning van 22 V is ongevaarlijk. Een stroomsterkte van 5 mA kan ook niet veel kwaad.
 - a Waarom maken we de huisinstallatie niet geschikt voor 22 V?
 - b Waarom gebruiken we geen zekeringen van maximaal 5 mA?
- 9
 - a Hoeveel lampen van 100 W kun je in serie aansluiten op een groep met een zekering van 12 A?
 - b Hoeveel lampen van 100 W kun je parallel aansluiten op een groep met een zekering van 12 A?

H1 Nieuwe begrippen

Je moet nu zelf een overzicht maken van de belangrijke begrippen uit dit blok. Gebruik een schoon vel papier, werk netjes en overzichtelijk. Op die manier kun je jouw overzicht gebruiken als je gaat leren voor de E-toets.

Overzicht

- 1 Neem de tabel van figuur 16 over en vul de lege plaatsen in.

FIG. 16 Grootheden en eenheden bij elektriciteit.

grootheid	symbool	eenheid	symbool
spanning	V	volt	V
stroomsterkte
vermogen	watt = joule/seconde	.....
energie	joule	.....
energie	kilowattuur	.....

Formules

- 2 Het vermogen geeft aan hoeveel energie een apparaat in één seconde gebruikt.
 - a Schrijf dit op in de vorm van een formule. Het vermogen heeft ook iets te maken met de spanning over het apparaat en de stroomsterkte door het apparaat.
 - b Schrijf de formule op die het verband aangeeft tussen vermogen, spanning en stroomsterkte. De energie die een apparaat gebruikt, reken je uit met het vermogen van het apparaat en de tijd dat het apparaat in werking is.
 - c Schrijf de formule op waarmee je de gebruikte energie berekent, als je het vermogen en de tijd kent.

Beveiliging

- 3 Neem over in je schrift en vul aan:
 - a De smeltveiligheid (zekering) beveiligt tegen
 - b De randaarde verbindt de buitenkant van een apparaat met
 - c De aardlekschakelaar schakelt de stroom uit als

Schakelingen in huis

- 4 Neem over wat goed is en vul aan:
 - a De zekering staat in serie met/parallel aan de rest van de groep. Smelt de zekering, dan
 - b De apparaten in huis zijn in serie/parallel geschakeld. Als je een apparaat aanzet, heeft dat wel/geen invloed op de andere apparaten.

Schakelingen in een auto

Deze kennis moet je proberen toe te passen op de elektrische installatie van een auto. Een auto heeft ook een elektrisch circuit. Om te beginnen heb je de accu. Dit is de spanningsbron.

- 5 Wat wordt er bedoeld als men praat over een 12 volts-accu?

Er zijn belangrijke verschillen tussen een accu en een stopcontact. Onder andere:

- een accu zorgt voor gelijkspanning;
- de spanning van een accu is slechts 12 V.

- 6
 - a Wat weet je van de spanning van een stopcontact?
 - b Waarom is een accu van 12 V veel veiliger dan een stopcontact?

Toch heeft zo'n lage spanning ook nadelen. De stroomsterkte die nodig is voor een redelijk vermogen, is al gauw erg groot.

- 7** Een koplamp heeft een vermogen van 60 W.
- a** Controleer met een berekening (de formule óók opschrijven) dat de stroomsterkte dan 5,0 A moet zijn.
 - b** Bereken de stroomsterkte door een lamp van 60 W, als deze aangesloten wordt op een spanning van 220 V.

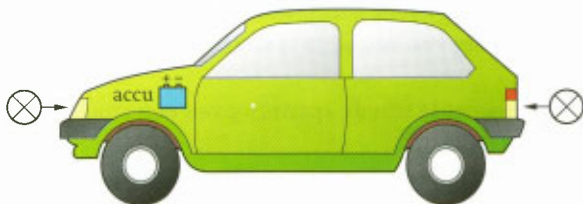
Een auto is óók elektrisch beveiligd door zekeringen. Een auto heeft meer zekeringen dan een woonhuis. Al gauw een stuk of zeven. De zekeringen in een auto zijn zwaarder (er kan een grotere maximale stroomsterkte doorheen). Ze variëren van 5 A (voor het mistachterlicht) tot 30 A (voor het ventilatiesysteem).

- 8** Bereken hoe groot het vermogen van het ventilatiesysteem maximaal kan zijn.

De apparaten in een auto zijn parallel geschakeld. Dat merk je als er een lamp kapot gaat; de andere lampen en de rest van de apparaten blijven het gewoon doen.

- 9** In figuur 17 is een (vereenvoudigde) auto getekend. Neem de tekening over in je schrift en geef aan hoe de draden van de lampen naar de accu lopen.

FIG. 17 Auto met accu en lampen.



Een (te) simpele manier om een controlelampje te maken, is een lampje in serie te plaatsen met het apparaat dat het controleert.

- 10 a** Teken een schakeling met lamp en controlelampje in serie.
- b** Hoe kun je aan het controlelampje zien dat de lamp kapot is?
 - c** Wat is het nadeel van deze methode?

- 11** Leg uit dat een controlelampje ook een beveiliging is.

De elektriciteit in de auto is niet gratis. De accu moet steeds bijgeladen worden. De motor drijft ook een dynamo (een paar maatjes groter dan die op je fiets) aan, die daarvoor zorgt. Een geheel bijgeladen accu kan 36 uur lang voor een stroomsterkte van 1,0 A zorgen, voordat hij leeg is.

- 12** Bereken hoeveel energie er in die accu zit, als de spanning over de accu 12 V is.

- 13** Bereken hoe lang het duurt voordat de accu leeg is, als je per ongeluk de koplampen (twee lampen van 60 W) laat branden, terwijl de motor niet draait.

H2 Elektriciteit thuis: de huisinstallatie

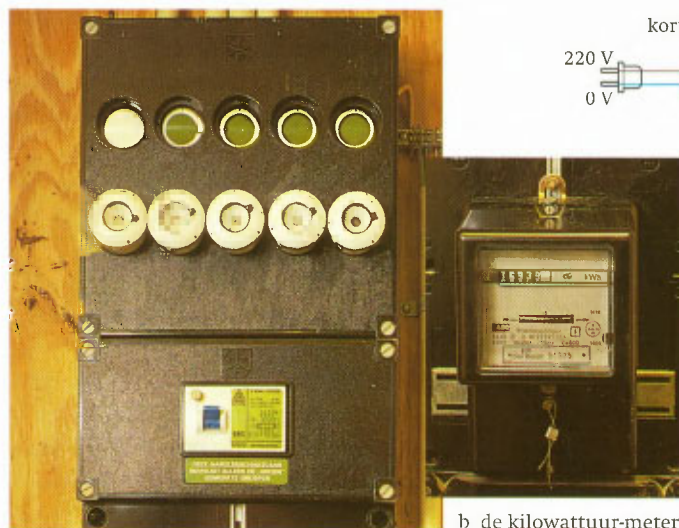
De elektriciteit die je thuis gebruikt, komt het huis binnen via de leidingen van de elektriciteitsmaatschappij. Deze leidingen komen in de meterkast het huis binnen. In figuur 18 zie je de inhoud van de meterkast nog eens afgebeeld.

- 1 In figuur 18 is een aantal apparaten afgebeeld. Schrijf van elk apparaat op waar het voor dient.

Het is niet erg als je nu nog geen antwoord weet op alle onderdelen van vraag 1. We gaan in deze herhaalstof stap voor stap de huisinstallatie langs. Een deel van de apparaten in de meterkast dient voor de beveiliging van de huisinstallatie.

- 2
 - a Tegen welke gevaren moet in huis beveiligd worden?
 - b Welke apparaten beveiligen hiertegen?

FIG. 18 Onderdelen van de huisinstallatie:



a de zekeringen;

b de kilowattuur-meter.

Een gevaar waar je je niet tegen kunt beveiligen, is het tegelijkertijd aanraken van de twee draden van het stopcontact. Je kunt je wel beveiligen tegen een stroom die via jou naar de aarde (0 V) wegløopt. Daarvoor aarden we een apparaat. We gebruiken dan een extra draad in het snoer, die in verbinding staat met de aarde.

- 3
 - a Neem figuur 19 over in je schrift.
 - b Teken een aardleiding aan het apparaat.
 - c Geef met blauw aan hoe de elektrische stroom loopt als het apparaat in orde is.
 - d Geef met rood aan hoe de elektrische stroom loopt als in punt P de isolatie verdwenen is en het apparaat geaard is.
 - e Wat kan er gebeuren als er geen aardedraad is?

FIG. 19 Een apparaat zonder aardedraad.

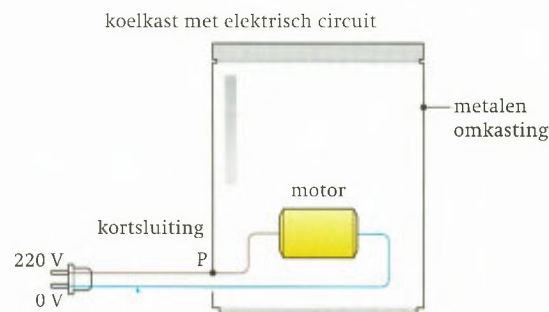


FIG. 20 Twee schakelingen met een zekering. Eén van beide is fout!

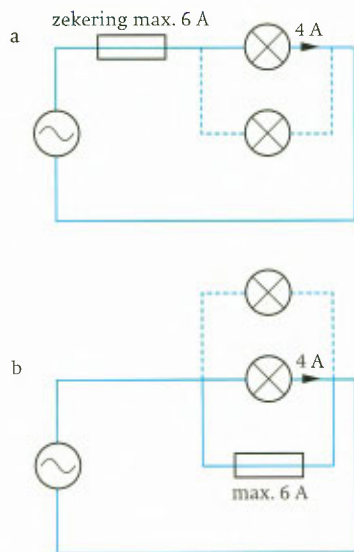


FIG. 22a Kerstboomlampjes zijn in serie geschakeld.

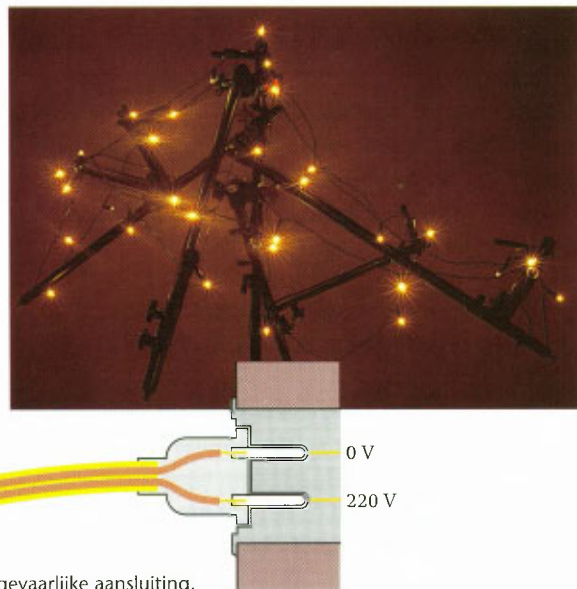


FIG. 21 Een gevaarlijke aansluiting.

Een *smeltveiligheid* (andere namen zijn: zekering en stop) smelt door als de stroomsterkte te groot wordt.

- 4 We plaatsen in de schakeling van figuur 20 nog een lamp (gestippeld), zodat de totale stroom te groot wordt.
 - a Wat zal er in iedere schakeling gebeuren?
 - b In welke schakeling is de zekering op de juiste plaats getekend?
- 5 a Waarom zal de zekering smelten in de schakeling van figuur 21?
 b Waarvoor dient het plastic omhulsel van een snoer?
- 6 We spreken van overbelasting als er te veel apparaten op een spanningsbron worden aangesloten.
 - a In welke schakeling van de opgaven 4 en 5 was er sprake van overbelasting?

Bij kortsluiting gaat de elektrische stroom meteen van de ene pool naar de andere, dus niet via een apparaat.

- b In welke schakeling van de opgaven 4 en 5 was er sprake van kortsluiting?
- c Welk apparaat beveiligt tegen kortsluiting?
- d Welk apparaat beveiligt tegen overbelasting?

Dat was de beveiliging. Maar er wordt niet alleen beveiligd. Een van de andere apparaten in de meterkast is de kWh-meter.

- 7 Wat meet een kilowattuurmeter?
- 8 Een kWh-meter geeft op 11 januari 2456 kWh aan. Op 21 januari staat de kWh-meter op 2492 kWh.
 - a Hoeveel energie is er in die periode gebruikt?
 - b Hoeveel kost dat als 1 kWh 30 cent kost?

FIG. 22b Straatlantaarns zijn parallel geschakeld.



Vanaf de meterkast gaan de draden via de PVC-buizen verder door het huis. Dat is moeilijk te volgen. Daarom zijn er kleuren voor de bedrading afgesproken. Zo weet je bijvoorbeeld dat op een blauwe draad altijd 0 V hoort te staan. De geel-groene draad is verbonden met aarde (ook 0 V) en de bruine draad is verbonden met 220 V.

- 9 a** Welke kleuren hebben de draden in een verlengsnoer?
b Waarom is dat gevaarlijk?

In Blok 5 van 1 mhv heb je verschillende schakelingen geleerd: de serieschakeling en de parallelschakeling (figuur 22a en b).

- 10 a** Hoe is de zekering geschakeld ten opzichte van de rest van het huis?
b Waarom is dat zo?
- 11 a** Hoe zijn de verschillende apparaten in huis geschakeld?
b Waarom is dat zo?

- 12** Geef nog eens antwoord op vraag 1.

BLOK 2 HERHAALSTOF

H3 Vermogen en energie

Vermogen

Het vermogen van een apparaat geeft aan hoeveel energie het apparaat in één seconde gebruikt.

VOORBEELD: Een lamp gebruikt 300 J elektrische energie in 5 s. De lamp gebruikt elke seconde $300 : 5 = 60$ J. Het vermogen van de lamp is dus 60 W.

- 1** Een strijkbout gebruikt in 6 s 4800 J energie. Bereken hoeveel energie de strijkbout in één seconde gebruikt.
- 2** Een koelkast (figuur 23) staat 30 s aan en gebruikt 6000 J aan elektrische energie. Een lamp brandt gedurende een uur en zet 90 000 J elektrische energie om in licht en warmte.
- a** Welk apparaat gebruikte de meeste energie?
b Hoeveel was dat?
c Welk apparaat gebruikt de meeste energie in één seconde?
d Bereken het vermogen van beide apparaten.

FIG. 23 In de koelkast blijft alles lekker 'cool'.



Om het vermogen van een apparaat te vinden ga je dus als volgt te werk: Bepaal hoeveel energie dat apparaat in een zekere tijdsduur gebruikt. Deel die energie door de tijd dat het apparaat werkt en je vindt het vermogen. Dus:

$$\text{vermogen} = \frac{\text{energie}}{\text{tijd}}$$

Of in formule:

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

De eenheid van vermogen is de watt (W).

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$

Je moet verder weten: 1 kW (kilowatt) = 1000 W en

$$1 \text{ W} = 0,001 \text{ kW}.$$

3 Neem over en vul in:

$$180 \text{ kW} = \dots \text{ W} \qquad 750 \text{ W} = \dots \text{ kW}$$

$$15 \text{ kW} = \dots \text{ W} \qquad 1250 \text{ W} = \dots \text{ kW}$$

$$0,5 \text{ kW} = \dots \text{ W} \qquad 60 \text{ W} = \dots \text{ kW}$$

Het vermogen van elektrische apparaten

Van elektrische apparaten kun je het vermogen ook op een andere manier berekenen. Je moet dan weten op welke spanning (V) het apparaat aangesloten is en hoe groot de stroomsterkte (I) is die door het apparaat gaat. Er geldt namelijk: $P = V \cdot I$

VOORBEELD: Op een gloeilamp staat vermeld:

220 V - 100 W. Op een elektrische tandenborstel staat vermeld: 9 V - 1,2 A.

- 1 Door welk apparaat gaat de grootste stroom?
- 2 En welk apparaat heeft het grootste vermogen?

Antwoord:

1 Door de elektrische tandenborstel gaat 1,2 A. De stroomsterkte door de gloeilamp kun je als volgt berekenen:

$$P = 100 \text{ W}; V = 220 \text{ V}$$

$$P = V \cdot I \rightarrow 100 = 220 \cdot I; I = 100 : 220 = 0,45 \text{ A}$$

Door de tandenborstel gaat dus de grootste stroom.

2 Het vermogen van de gloeilamp is 100 W.

Het vermogen van de tandenborstel kun je vinden met:

$$V = 9,0 \text{ V}; I = 1,2 \text{ A}.$$

$$P = V \cdot I \rightarrow 9,0 \times 1,2 = 10,8 \text{ W}$$

Het vermogen van de gloeilamp is dus het grootst.

- 4 Door een transistorradio loopt een stroom van 0,25 A. De radio is aangesloten op 12 V. Bereken het vermogen van de radio.
- 5 Een draagbare CD-speler (figuur 24) heeft een vermogen van 24 W. Hij is aangesloten op 12 V. Bereken de stroomsterkte door de CD-speler.
- 6 Een cassette recorder heeft een vermogen van 1,8 W. De stroomsterkte is 0,3 A. Bereken de spanning.

ENERGIE

Het vermogen van een apparaat geeft aan hoeveel energie het apparaat in één seconde gebruikt. Als je weet hoeveel seconden het apparaat werkt, dan kun je de energie uitrekenen die er totaal wordt gebruikt.

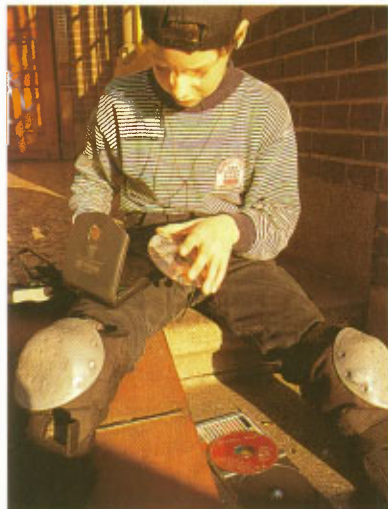
$$\text{Uit } P = \frac{E}{t} \text{ volgt: } E = P \cdot t$$

Je kunt dit als volgt begrijpen: de energie die een apparaat gebruikt is gelijk aan de energie die in één seconde wordt gebruikt maal het aantal seconden dat het apparaat aanstaat.

VOORBEELD: Een apparaat zet in 30 s, 1500 J energie om.

- 1 Bereken het vermogen.
- 2 Hoeveel energie gebruikt dit apparaat in 1 uur?

FIG. 24 Een draagbare CD-speler voor je favoriete CD's.



Antwoord:

1 $E = 1500 \text{ J}; t = 30 \text{ s}$

$P = 1500 : 30 = 50 \text{ J/s} = 50 \text{ W}$

2 $1 \text{ uur} = 3600 \text{ s}$

$E = P \cdot t \rightarrow 50 \times 3600 = 180\,000 \text{ J}$

7 Een lamp met een vermogen van 60 W brandt 20 s . Hoeveel energie gebruikt de lamp?

8 Een apparaat wordt aangesloten op een spanning van 12 V . De stroomsterkte is $0,50 \text{ A}$.

a Bereken het vermogen van het apparaat.

b Bereken hoeveel energie het apparaat in 5 minuten gebruikt.

Elektrische energie in kWh

Als een apparaat lang aanstaat, wordt er veel energie omgezet. Een straalkachel van 2000 W zet in 5 uur 36 miljoen J om in warmte. Het elektriciteitsbedrijf werkt met een andere eenheid: de kilowattuur (kWh). Tot nu heb je de energie berekend door P (in watt) te vermenigvuldigen met t (in seconde). Je krijgt dan de energie in joule.

Vul je nu P in kilowatt (kW) in en t in uur (h), dan krijg je E in kilowattuur. Dus:

$1 \text{ kW} \times 1 \text{ h} = 1 \text{ kWh}$.

VOORBEELD: De straalkachel van 2000 W ($= 2 \text{ kW}$) gebruikt in 5 uur: $2 \text{ kW} \times 5 \text{ h} = 10 \text{ kWh}$.

9 Een fornuis heeft een vermogen van 2500 W . Het is anderhalf uur in bedrijf.

a Bereken hoeveel energie in J het fornuis gebruikt.

b Bereken hoeveel energie in kWh het fornuis gebruikt.

10 Neem de tabel van figuur 25 over in je schrift en vul de ontbrekende gegevens in. Je mag zelf bepalen of je kWh of J gebruikt.

FIG. 25 Tabel bij opgave 10.

apparaat	V	I	P	E	t
1	25 V}	.....	10 W}	.....	1 min
2	.....	5 A}	.....	1000 J	8 s
3	12 V}	.....	3 W	600 J}	.....
4	200 V	$7,5 \text{ A}$	.....	.....	30 min

E1 Beveiligings-automaten

Elektriciteit is een erg bruikbare vorm van energie. Maar er zijn ook gevaren aan verbonden. In deze extrastof worden enkele gevaren van het lichtnet nog eens nader bekeken en wordt besproken wat er aan beveiliging mogelijk is. Deze extrastof heeft als titel *beveiligingsautomaten* omdat een goede beveiliging automatisch in werking moet komen als dat nodig is.

Warmte-ontwikkeling

Een van de effecten van elektriciteit is warmte-ontwikkeling. Soms kan hiervan nuttig gebruik gemaakt worden. Denk bijvoorbeeld aan een koffiezetapparaat, elektrische boiler en straalkachel (figuur 26).

- 1 De elektrische leidingen worden zelf warm als de stroom door een leiding te groot wordt.
Leg uit hoe dit gevaar kan opleveren.

De beveiliging hiertegen is de zekering. Aan de voorkant van de zekering zie je in het midden van het metalen gedeelte een gekleurd dopje. Het dopje valt eruit als de zekering smelt. Daaraan kun je zien dat de zekering 'door'gebrand is en dat je hem moet vervangen. De kleur van de dopjes geeft de maximaal toelaatbare stroomsterkte aan (figuur 27). Vanaf 35 A heb je een speciale zekeringenkast nodig.

FIG. 26 Een modern koffiezetapparaat.



Als je probeert een zekering van 16 A te vervangen door een zekering van 25 A, dan zul je merken dat dit niet gaat. De kop van de zekering van 25 A is namelijk dikker.

- 2 **a** Leg uit dat het gevaarlijk kan zijn, als je een zekering van 16 A zou vervangen door een zekering van 25 A.
b Leg uit waarom het niet gevaarlijk is, als je een zekering van 16 A vervangt door een zekering van 10 A.

Niet alleen het elektriciteitsnet wordt beveiligd door zekeringen. Ook veel apparaten worden zelf door een eigen zekering beveiligd tegen kortsluiting of overbelasting.

Aanraking van de bedrading

Misschien heb je bij de bovenleiding van een trein of tram, of bij een hoogspanningsmast wel eens de waarschuwing gelezen: AANRAKEN DER DRADEN LEVENSGEVAARLIJK. Hoewel de spanning van het lichtnet heel wat lager is, geldt deze waarschuwing daar ook. Er zijn allerlei maatregelen genomen om te voorkomen dat je met de spanning van het lichtnet in aanraking komt.

MAATREGEL 1: ISOLATIE

Snoeren zijn voorzien van een isolerend omhulsel. Vaak gaat de isolatie bij de stekker kapot. Daarom zijn er tegenwoordig ook snoeren en verlengsnoeren waarbij snoer en stekker samen uit één stuk rubber of plastic bestaan.

FIG. 27 Kleurencode voor zekeringen.

kleur	I_{\max}	kleur	I_{\max}
roze	2 A	blauw	20 A
bruin	4 A	geel	25 A
groen	6 A	zwart	35 A
rood	10 A	wit	50 A
grijs	16 A	goud	63 A

FIG. 28 Een elektrische grasmaaier.



FIG. 29 Een apparaat moet geaard zijn.

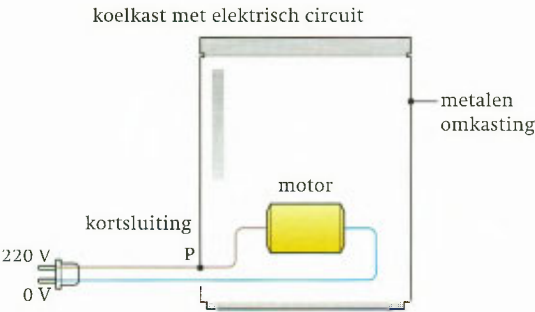


FIG. 30 Kleurencode voor draden.

draad	kleur sinds 1-7-'69	kleur vóór 1-7-'69
nuldraad	blauw	rood
stroomdraad	bruin	groen
aarddraad	groen-geel	grijs
schakeldraad	zwart	zwart

Er zijn ook dubbel geïsoleerde apparaten. Deze apparaten zijn extra goed geïsoleerd en mogen ook gebruikt worden in ruimtes waar geen geaarde stopcontacten zijn (b.v. elektrische boren die buiten worden gebruikt en grasmaaiers, zie figuur 28).

MAATREGEL 2: AARDEN

In vochtige ruimtes, b.v. de keuken, zijn alle stopcontacten 'geaard'. Je ziet hier aan de stopcontacten twee metalen strips die geleidend zijn verbonden met de aarde. Vandaar de naam *geaard stopcontact*.

- 3 a** Teken figuur 29 na in je schrift en geef de aarddraad aan.
- b** Geef ook in de tekening aan hoe de elektrische stroom loopt.
- c** Wat zou er gebeuren als dit apparaat niet geaard was?

Bij het opsporen van defecten is het belangrijk te weten welke afspraak er gemaakt is over de kleuren van de elektriciteitsdraden. Sinds 1 juli 1969 gelden de kleurcodes die je in de tabel van figuur 30 ziet:

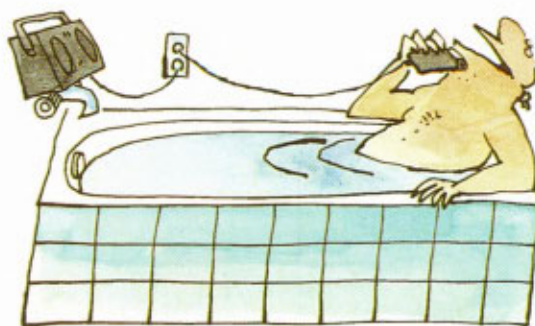
- 4 a** Geef in je tekening (figuur 29) aan wat de kleuren van de draden moeten zijn.
- b** Bespreek kort per kleur wat de functie van de draad is.

MAATREGEL 3: AARDLEKSCHAKELAAR

In nieuwbouw-woningen wordt tegenwoordig direct een aardlekschakelaar ingebouwd in de kast waar ook de smeltzekeringen hun plaats hebben.

MAATREGEL 4: VEILIGE STEKKERS EN STOP-CONTACTEN

In de vorm van stekkers en stopcontacten zit een bepaald systeem. Een niet-geaarde stekker past alleen maar in een niet-geaard stopcontact. Zo kun je nooit het idee hebben dat een apparaat geaard is, alleen maar door een geaard stopcontact te nemen. Een geaarde stekker past op alle stopcontacten.



- 5** Leg uit dat dit systeem niet logisch is en dat het beter andersom had kunnen zijn (een geaarde stekker alleen op een geaard stopcontact laten passen en een niet-geaarde stekker op alle stopcontacten).

NOG WAT VRAGEN EN OPDRACHTEN

- 6 a** Ga thuis na welke maatregelen er zijn genomen om het gebruik van elektrische energie veilig te laten verlopen.
b Welke speciale maatregelen zijn er in de badkamer genomen?
c Welke speciale maatregelen zijn er in de keuken genomen?
- 7** Dubbelgeïsoleerde toestellen hebben een platte stekker die in alle stopcontacten past. Waarom is dit niet gevaarlijk?
- 8** Wat levert in figuur 31 allemaal gevaar op?
- 9** Bekijk thuis de kast waar de smeltzekeringen in zitten. Er zijn verschillende smeltzekeringen per woning.
a Waarom wordt dit gedaan?
b Hoeveel ampère kan er maximaal door de zekeringen bij jou thuis?
c Bereken het maximale vermogen dat je bij jou thuis kunt gebruiken.



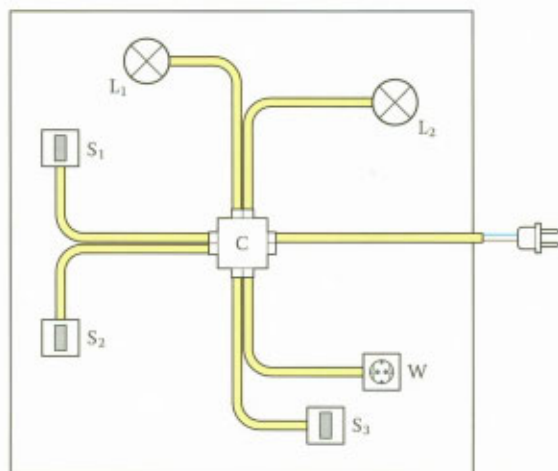
FIG. 31a Levensgevaarlijke situaties.

- 10** Sommige mensen denken dat geaarde stopcontacten niet meer nodig zijn als er een aardlekschakelaar is.
a Waarom is dit niet waar?
 Sommige mensen denken ook dat een aardlekschakelaar overbodig is als alle stopcontacten geaard zouden zijn.
b Leg uit dat dit niet waar is.
 Sommige mensen weten niet eens dat ze een aardlekschakelaar in huis hebben. Ze laten iemand van de elektriciteitsmaatschappij komen omdat ze geen 'stroom' hebben, terwijl alleen de aardlekschakelaar uitgeschakeld is. Laat jou dit niet overkomen!
- 11** Welke maatregelen kun jij bedenken om de elektrische installatie in huis nog veiliger te maken? Geef ook aan wat eventuele nadelen van jouw maatregelen zijn.

E2 Schakelingen in huis

Je weet nu al heel wat over de huisinstallatie. Om je kennis te kunnen toepassen, hebben we een installatie op kleine schaal gemaakt (figuur 32).

FIG. 32 Een mini-huisinstallatie.



L_1 en L_2 : lampen
 S_1 , S_2 en S_3 : schakelaars
 W: stopcontact
 C: centrale verdeeldoos

- 1 Steek de stekker in het stopcontact. (Pas op! Je werkt nu met een spanning van 220 V!).
 - a Beschrijf kort waar de schakelaars S_1 , S_2 en S_3 voor dienen.
 - b Bedenk een toepassing thuis van de schakeling met schakelaars S_1 en S_2 .

Haal de stekker uit het stopcontact. Het is tijdens de rest van het practicum vanwege de veiligheid *NIET toegestaan* de stekker weer in het stopcontact te steken.

Je moet gaan onderzoeken hoe de schakelingen op het bord in elkaar zitten. Daarvoor mag je de onderdelen openschroeven, maar het is niet de bedoeling dat je de draden losschroeft. Het zou te veel tijd kosten de schakelingen dan weer goed in elkaar te krijgen.

- 2 Schroef de beschermkap van de centrale verdeeldoos open.

a Geef een korte beschrijving van wat je daarin allemaal tegenkomt.

De draden worden aan elkaar vast gemaakt met een lasdop. Draai de lasdop los.

b Hoe zit een lasdop in elkaar?

c Waarom heeft men een lasdop op deze manier gemaakt?

Je moet nu drie schakelingen onderzoeken.

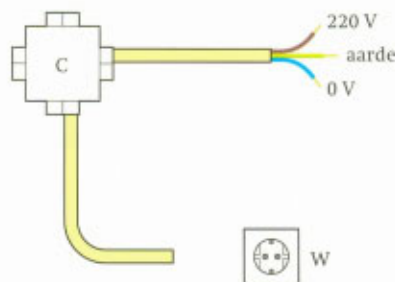
- de schakeling met het gearde stopcontact W;
- de schakeling met S_3 en L_2 ;
- de schakeling met S_1 , S_2 en L_1 (de hotelschakeling).

- 3 Haal de beschermkap van het stopcontact W. Let op hoe het stopcontact in elkaar zit.

a Neem figuur 33 over in je schrift en geef de loop van de draden in de juiste kleuren aan.

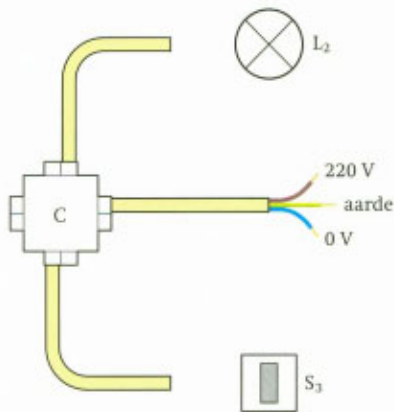
b Wat is de functie van iedere draad?

FIG. 33 De bedrading van een gearde stopcontact.



- 4** Haal de beschermkap van S_3 . Draai lamp L_2 los en maak de lampvoet los.
- a** Neem figuur 34 over in je schrift en geef de loop van de draden aan.
- b** Teken ook het schakelschema van deze schakeling.
- c** Waarom is de lamp aangesloten op een zwarte draad en op een blauwe draad?
- d** Waarom is een aardleiding naar de lamp overbodig?
- e** Wat is de functie van iedere draad?

FIG. 34 Bedrading van een schakelaar en lamp.



- 5** In figuur 35 is de hotelschakeling getekend.
- a** Neem figuur 36 over in je schrift en geef de loop van de draden aan die met de hotelschakeling te maken hebben.
- b** Leg de werking van de hotelschakeling uit.
- c** Waarom moeten de lampen nu aangesloten worden op twee zwarte draden?

Maak alle onderdelen weer op hun plaats vast en laat de leraar (of de amanuensis) controleren of alle schakelingen nog in orde zijn.

FIG. 35 Schema van de hotelschakeling.

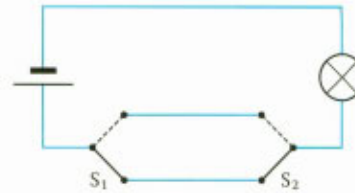
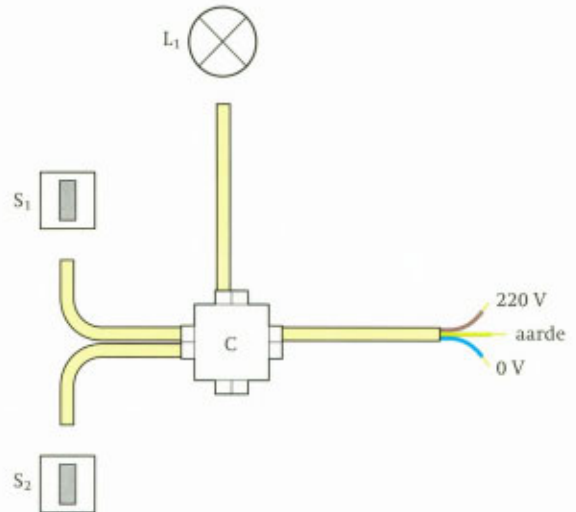


FIG. 36 Bedrading van de hotelschakeling.



E3 Oefenvragen en opgaven

1 Schrikdraad

De spanning op schrikdraad is ongeveer 8000 V. De maximale stroomsterkte bedraagt (schrik niet!) 4 A. Maar er mag maar gedurende korte tijd een stroom kunnen lopen. Er mag niet meer dan 5 J aan energie in iedere stroomstoot zitten.

a Bereken het maximale vermogen van het schrikdraad.

b Bereken hoe lang een stroomstoot duurt.

2 Een beveiligde schok

De huisinstallatie werkt met een spanning van 220 V. Krijg je een schok, dan zal in veel gevallen (maar niet altijd!) de aardlekschakelaar de stroom uitschakelen. De aardlekschakelaar reageert heel snel op een stroom naar de aarde. Bij een stroomsterkte van meer dan 30 mA schakelt de aardlekschakelaar binnen 0,2 s de stroom uit.

Bereken hoeveel energie je met een schok minstens krijgt. (Ter vergelijking: als je een klap in je gezicht krijgt is dat ongeveer 2 J!)

3 SL-lampen

SL-lampen zijn lampen met een laag vermogen, die toch veel licht geven (figuur 37). Iemand besluit een SL-18 te gebruiken in plaats van een lamp van 75 W.

De volgende gegevens zijn uit een onderzoek: Een 'gewone' lamp van 75 W kost gemiddeld f 1,50 en heeft 1000 branduren.

De SL-18 heeft een vermogen van 19,3 W en heeft 5000 branduren. Een SL-18 kost f 18,-.

1 kWh kost f 0,30.

Vergelijk de kosten van een SL-lamp met die van een gewone gloeilamp. Ga uit van 5000 branduren. Houd rekening met de aanschafkosten, maar ook met de kosten van de gebruikte elektrische energie.

FIG. 37 Een SL-lamp.



4 24 uur per dag de lichten aan

Een idee om het verkeer veiliger te maken: ook overdag de lichten aan. Auto's zijn dan beter te zien en er zullen minder ongelukken gebeuren. Tegenstanders van dit idee zeggen dat de verlichting energie kost en dat daardoor meer benzine verbruikt gaat worden. Dit zou 75 miljoen liter benzine per jaar extra kosten! We zullen dat eens narekenen.

Per auto zou er per jaar 15 liter benzine extra nodig zijn. Bij een snelheid van 90 km/u rijdt een auto 1 : 10 (dat wil zeggen 10 km op één liter benzine).

a Hoe lang doet de auto dan over 10 km?

Eén liter benzine levert bij verbranding 33 MJ (33 miljoen J) op.

b Hoeveel energie gebruikt de auto in één seconde als de snelheid 90 km/u is?

De twee lampen die overdag aan moeten, hebben ieder een vermogen van 40 W.

c Met hoeveel % is het energiegebruik dan toegenomen?

De auto rijdt per jaar 18 000 km overdag. Het gemiddelde verbruik is 1 : 10.

d Bereken hoeveel liter benzine per jaar je extra moet tanken, als ook overdag met licht aan gereden wordt.

OPMERKING: Daar maar ca. 25 % van de energie die de benzine levert, kan worden gebruikt om de auto te laten rijden is de werkelijke uitkomst van deze vraag vier keer zo groot.

e Wat vind jij van het plan?

5 Wegwerp batterijen

Wegwerpbatterijen vervuilen het milieu.

Bovendien blijkt uit een onderzoek dat het gebruik van batterijen 320 keer zo duur is als het gebruik van het stopcontact. (Beschouw dit als een gegeven.) Een 1,5 V batterij kost f 1,50. 1 kWh uit het stopcontact kost f 0,30; 1 kWh = 3600 kJ.

a Laat door berekening zien dat zo'n batterij 56 kJ aan elektrische energie kan leveren.

AANWIJZING: Bereken eerst uit de gegevens hoeveel kWh zo'n batterij kan leveren. Reken dat dan om in kJ.

Op een lampje staat: 3,0 V; 0,25 A.

b Bereken het vermogen van het lampje.

Dit lampje zit in een zaklantaarn met batterijen van 1,5 V.

c Hoeveel batterijen heb je nodig om het lampje goed te laten branden?

d Hoe moeten die batterijen geschakeld zijn?

e Bereken met de uitkomst van **a** en **b** hoeveel uur dit lampje op die batterijen kan branden.

6 Oplaadbare batterijen

Is het voordeliger om oplaadbare batterijen te gebruiken? Een kleine oplaadbare batterij (penlite, 1,2 V) kan één uur lang voor een stroomsterkte van 500 mA zorgen. Daarna moet je de batterij weer opladen. Dit duurt 14 uur bij een stroomsterkte van 50 mA en een laadspanning van 1,2 V. 1 kWh uit het stopcontact kost 30 cent.

a Hoeveel energie zit er in een opgeladen penlite (in joule en in kWh)?

b Wat kost het om een penlite één keer op te laden?

c Hoeveel maal duurder ben je uit als je oplaadbare batterijen gebruikt in plaats van het stopcontact? (Vergelijk dus de uitkomst van **b** met de prijs van de bij **a** berekende energie, als je die uit het stopcontact zou halen.)

FIG. 38 Batterijenoplader.



- 7** Je bent er misschien wel van overtuigd dat je beter oplaadbare batterijen kunt gebruiken dan wegwerpbatterijen. Maar er zijn wat nadelen aan oplaadbare batterijen. De spanning is wat lager (1,2 V in plaats van 1,5 V), de oplaadbare batterijen zijn ongeveer drie maal zo snel leeg en je moet een adapter kopen om de batterijen weer op te laden (figuur 38).

Laten we eens uitrekenen hoeveel geld je met één oplaadbare penlite bespaart.

Kosten wegwerp-penlite: f 1,50

Energie wegwerp-penlite: 56 kJ

Oplaadbare batterij + deel van de adapterkosten:
f 10,-

De oplaadbare penlitebatterij kan bij goed gebruik 1000 keer worden opgeladen. We gaan ervan uit dat wij de batterij 600 keer opladen. Een opgeladen batterij kan gedurende één uur een stroom van 500 mA laten lopen. De spanning van de oplaadbare penlite is 1,2 V.

a Wat zijn de kosten als je wegwerp-penlites had gebruikt in plaats van 600 keer de oplaadbare penlite?

b Hoeveel kost 600 keer opladen, als 1 kWh 30 cent kost? (Zie ook vraag **6b**).

c Wat zijn de totale kosten als je 600 keer de oplaadbare batterij gebruikt?

d Hoeveel voordeliger zijn oplaadbare batterijen dan wegwerpbatterijen? (Houd wel rekening met de aanschaf van de batterij en de adapter.)