

### Opgave 3 Elektriciteit op een plankje

#### 13 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Voor de weerstand van een stuk draad geldt:  $R = \rho \frac{\ell}{A}$  waarin  $R = 2,0 \Omega$ ,

$\ell = 0,138 \text{ m}$  en  $A = 3,1 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$ .

Hieruit volgt dat  $\rho = \frac{RA}{\ell} = \frac{2,0 \cdot 3,1 \cdot 10^{-8}}{0,138} = 0,45 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$ .

Dit komt overeen met de waarde die in Binas staat, voor de soortelijke weerstand van constantaan.

- gebruik van  $R = \rho \frac{\ell}{A}$  1
- omrekenen van  $\text{mm}^2$  naar  $\text{m}^2$  1
- completeren van de berekening 1
- opzoeken van  $\rho$  en consistente conclusie 1

#### 14 maximumscore 4

uitkomst:  $I = 0,80 \text{ A}$

voorbeeld van een berekening:

Voor de vervangingsweerstand van de schakeling geldt:  $\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ ,

waarin  $R_1 = 2,0 \Omega$  en  $R_2 = 2,0 + 2,0 + 2,0 = 6,0 \Omega$ .

Hieruit volgt dat  $\frac{1}{R_v} = \frac{1}{2,0} + \frac{1}{6,0} = \frac{4}{6,0}$ , dus  $R_v = 1,5 \Omega$ .

Voor de stroomsterkte door de meter geldt:  $I = \frac{U}{R_v}$ , dus  $I = \frac{1,2}{1,5} = 0,80 \text{ A}$ .

- gebruik van  $\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$  1
- inzicht dat  $R_1 = 2,0 \Omega$  en  $R_2 = 6,0 \Omega$  1
- inzicht dat  $I = \frac{U}{R_v}$  1
- completeren van de berekening 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**15 maximumscore 3**

uitkomst:  $U_{AC} = 0,80 \text{ V}$

voorbeelden van een berekening:

methode 1

De spanning tussen de punten A en B is 1,2 V. Omdat de drie weerstanden even groot zijn, is de spanning over elke weerstanden tussen AD, DC en CB gelijk aan 0,40 V, zodat  $U_{AC} = U_{AD} + U_{DC} = 0,40 + 0,40 = 0,80 \text{ V}$ .

- inzicht dat  $U_{AB} = 1,2 \text{ V}$  1
- inzicht dat  $U_{AD} = U_{DC} = U_{CB} = 0,40 \text{ V}$  1
- inzicht dat  $U_{AC} = U_{AD} + U_{DC}$  en completeren van de berekening 1

methode 2

De spanning tussen de punten A en B is 1,2 V.

De stroomsterkte door de tak ADCB  $= \frac{1,2}{6,0} = 0,20 \text{ A}$ .

De spanning tussen A en C is dan  $U_{AC} = 0,20 \cdot (2,0 + 2,0) = 0,80 \text{ V}$ .

- inzicht dat  $U_{AB} = 1,2 \text{ V}$  1
- inzicht dat de stroomsterkte door de tak ADCB  $= \frac{1,2}{6,0} = 0,20 \text{ A}$  1
- completeren van de berekening 1

**16 maximumscore 3**

uitkomsten:  $I_1 = 1,2 \text{ A}$  en  $I_2 = 0,60 \text{ A}$

voorbeeld van een berekening:

Door de twee weerstanden tussen AD en DC loopt nu geen stroom.

Op de batterij zijn dus als het ware twee weerstanden van  $2,0 \Omega$  parallel aangesloten. Daarvan is de vervangingsweerstand  $1,0 \Omega$ .

Stroommeter  $A_1$  geeft dus de totale stroomsterkte  $\frac{1,2}{1,0} = 1,2 \text{ A}$  aan, terwijl

stroommeter  $A_2$  de stroomsterkte in een paralleltak aangeeft,

dus  $\frac{1,2}{2} = 0,60 \text{ A}$ .

- inzicht dat de batterij nu op twee weerstanden van  $2,0 \Omega$  parallel aangesloten is 1
- inzicht dat de vervangingsweerstand hiervan  $1,0 \Omega$  is 1
- inzicht dat stroommeter  $A_1$  de totale stroomsterkte aangeeft en stroommeter  $A_2$  de stroomsterkte in een paralleltak aangeeft en completeren van de berekeningen 1

## Opgave 5 Zekeringen in een auto

### 21 maximumscore 3

uitkomst: 3,5 A

voorbeeld van een berekening:

De stroomsterkte door één remlicht is gelijk aan  $I = \frac{P}{U} = \frac{21}{12} = 1,75$  A.

Omdat beide remlichten parallel geschakeld zijn, is de stroomsterkte door zekering 3 gelijk aan  $2 \cdot 1,75 = 3,5$  A.

- gebruik van  $P = UI$  1
- inzicht dat  $I_{\text{zekering}} = 2 \cdot I_{\text{remlicht}}$  1
- completeren van de berekening 1

### 22 maximumscore 2

- De stroomsterkte door zekering 2 is gelijk gebleven 1
- De stroomsterkte door zekering 1 is kleiner geworden 1

### 23 maximumscore 4

uitkomst:  $P = 1,5 \cdot 10^2$  W

voorbeeld van een berekening:

methode 1

De stroomsterkte door de achterrautverwarming is gelijk aan

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12}{(0,900 + 0,022)} = 13,0 \text{ A.}$$

Het elektrische vermogen van de achterrautverwarming is dan gelijk aan

$$P = I^2 R = (13,0)^2 \cdot 0,900 = 152 = 1,5 \cdot 10^2 \text{ W.}$$

- gebruik van  $U = IR$  1
- inzicht dat  $R = (0,900 + 0,022) \Omega$  1
- gebruik van  $P = I^2 R$  met  $R = 0,900 \Omega$  1
- completeren van de berekening 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

methode 2

Voor de achterruitverwarming geldt:  $I = \frac{U}{R} = \frac{12}{(0,900 + 0,022)} = 13,0 \text{ A}$ ;

zodat  $U = IR = 13,0 \cdot 0,900 = 11,7 \text{ V}$ . Het elektrische vermogen van de achterruitverwarming is dan  $P = UI = 11,7 \cdot 13,0 = 152 = 1,5 \cdot 10^2 \text{ W}$ .

- gebruik van  $U = IR$  1
- inzicht dat  $R = (0,900 + 0,022) \Omega$  1
- gebruik van  $P = UI$  of  $P = \frac{U^2}{R}$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

*Als bij methode 2 voor de spanning over de achterruitverwarming 12,0 Volt is gebruikt: maximaal 2 scorepunten.*

**24 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:

- De stroomsterkte door de nieuwe audioversterker is gelijk aan  $I = \frac{P}{U} = \frac{420}{12} = 35 \text{ A}$ . De zekering van 40 A is groot genoeg en is dus een goede keuze.
  - De stroomsterkte door de aansluitdraden is aanzienlijk hoger geworden dan 20 A. Het ontwikkelde vermogen in de bestaande draden kan dan (te) hoog worden waardoor brand kan ontstaan. Dikkere aansluitdraden hebben minder weerstand, zodat het ontwikkelde vermogen in de draden minder wordt en de brandveiligheid groter wordt.
- inzicht dat de stroomsterkte door de audioversterker berekend moet worden 1
  - vergelijken van de berekende stroomsterkte met 40 A 1
  - inzicht dat het vermogensverlies in de dunnere draden te hoog kan worden en de draden daardoor te warm worden 1
  - inzicht dat dikkere draden minder weerstand hebben zodat minder vermogen ontwikkeld wordt 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**25 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:

- De weerstand van de PPTC is bij 120 °C gelijk aan 85 Ω.  
De stroomsterkte door de PPTC is dan:  $I = \frac{U}{R} = \frac{12}{85} = 0,14$  A.
- Tijdens de kortsluiting zal de temperatuur van de PPTC toenemen.  
De weerstand van de PPTC neemt bij hoge temperatuur toe, waardoor de stroomsterkte in de tak met de PPTC uiteindelijk laag zal worden.
- bepalen van de weerstand van de PPTC bij 120 °C, met een marge van 1 Ω 1
- completeren van de bepaling van de stroomsterkte door de PPTC 1
- inzicht dat de temperatuur van de PPTC eerst toeneemt 1
- inzicht dat de weerstand van de PPTC toeneemt bij hoge temperatuur zodat de stroomsterkte afneemt 1

## Opgave 6 Temperatuursensor

---

**26 maximumscore 1**

uitkomst: 10 °C tot 50 °C (elk met een marge van 5°C).

*Opmerkingen*

- *Als wordt geantwoord 40 °C: geen scorepunt.*
- *Als wordt geantwoord van 1,1 V tot 3,2 V: geen scorepunt.*

- 3 Het laatste scorepunt, aangeduid met 'completeren van de berekening', wordt niet toegekend in de volgende gevallen:
  - een fout in de nauwkeurigheid van de uitkomst
  - een of meer rekenfouten
  - het niet of verkeerd vermelden van de eenheid van een uitkomst, tenzij gezien de vraagstelling het weergeven van de eenheid overbodig is. In zo'n geval staat in het antwoordmodel de eenheid tussen haakjes.
- 4 Het laatste scorepunt wordt evenmin toegekend als juiste antwoordelementen foutief met elkaar worden gecombineerd of als een onjuist antwoordelement een substantiële vereenvoudiging van de berekening tot gevolg heeft.
- 5 In het geval van een foutieve oplossingsmethode, waarbij geen of slechts een beperkt aantal deelscorepunten kunnen worden toegekend, mag het laatste scorepunt niet worden toegekend.

## 4 Beoordelingsmodel

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

### Opgave 1 Defibrillator

**1 maximumscore 3**

uitkomst:  $I_{\max} = 80 \text{ A}$

voorbeeld van een bepaling:

$$\text{Uit } U_{\max} = I_{\max} R \text{ volgt } I_{\max} = \frac{U_{\max}}{R} = \frac{2,0 \cdot 10^3}{25} = 80 \text{ A.}$$

- aflezen van  $U_{\max}$  1
- gebruik van  $U = IR$  1
- completeren van de bepaling 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**2 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:

De elektrische energie van de puls is in ieder geval kleiner dan de waarde:

$$E = \frac{U^2}{R} t = \frac{(2,0 \cdot 10^3)^2}{25} (3,0 - 0,9) \cdot 10^{-3} = 3,4 \cdot 10^2 \text{ J.}$$

Dus de hoeveelheid energie blijft onder de maximale waarde van 360 J.

- gebruik van  $E = UIt$  of  $E = \frac{U^2}{R} t$  1
- aflezen van de pulsduur 1
- completeren van de berekening 1
- consequente conclusie 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat voor de spanning de gemiddelde waarde neemt: goed rekenen.*

**3 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Bij een grotere weerstand is de stroomsterkte en daarmee ook het vermogen kleiner. Dus de puls bevat dan minder energie.

- inzicht in  $U = IR$  en  $P = UI$  1
- consequente conclusie 1

**4 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Onder de elektroden is de weerstand in de stroomkring het grootst.

Daar (ontstaat de meeste warmte en) wordt de temperatuur het hoogst (en kunnen dus brandwonden ontstaan).

- inzicht dat onder de elektroden de weerstand in de stroomkring het grootst is 1
- inzicht dat bij de grootste weerstand de temperatuur het hoogst wordt/ de meeste warmte ontstaat 1

## Draadbreuk

### 24 maximumscore 2

voorbeeld van een uitleg:

Fons heeft ongelijk: bij gelijke lengte en kopermassa moet ook de totale

doorsnede gelijk zijn:  $nA_{\text{draadje}} = A_{\text{massief}}$ .

Hierdoor blijft ook de weerstand gelijk.

- inzicht dat  $nA_{\text{draadje}} = A_{\text{massief}}$  1
- conclusie 1

### 25 maximumscore 6

uitkomsten:  $R = 7,2 \cdot 10^{-2} \Omega$  en  $U_{\text{max}} = 61 \text{ mV}$

voorbeeld van de berekeningen:

– Voor de weerstand van één draadje geldt:

$$R = \frac{\rho \ell}{A} = \frac{17 \cdot 10^{-9} \cdot 1,0}{\frac{1}{4} \pi (0,10 \cdot 10^{-3})^2} = 2,16 \Omega.$$

Voor de samengestelde draad bestaande uit 30 parallelle draadjes wordt

de weerstand  $R = \frac{2,16}{30} = 7,2 \cdot 10^{-2} \Omega$ .

– De maximale stroomdichtheid is:  $3,6 \text{ A mm}^{-2}$ .

Voor de maximale stroomsterkte door de samengestelde draad geldt:

$$I_{\text{max}} = 3,6 \cdot 30 \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot 0,10^2 = 0,85 \text{ A}.$$

Uit de wet van Ohm volgt dan:

$$U_{\text{max}} = I_{\text{max}} R = 0,85 \cdot 7,2 \cdot 10^{-2} = 6,1 \cdot 10^{-2} = 61 \text{ mV}.$$

- gebruik van  $R = \frac{\rho \ell}{A}$  en opzoeken van  $\rho$  1
- inzicht dat  $R_{\text{hele draad}} = \frac{1}{30} R_{\text{draadje}}$  1
- completeren van de berekening van de weerstand van de samengestelde draad 1
- inzicht dat  $I_{\text{max}} = A (\text{mm}^2) \cdot 3,6$  1
- gebruik van  $U = IR$  1
- completeren van de berekening van de maximale spanning 1



Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**26 maximumscore 2**

voorbeeld van een uitleg:

Als  $x$  de afstand is waarover de draadjes doorgeknipt worden, staan er 30 parallelle draden met lengte  $(\ell - x)$  in serie met  $(30 - n)$  draden met lengte  $x$ . Omdat  $x$  relatief klein is, blijft de geleiding nagenoeg gelijk tot de laatste draad wordt doorgeknipt en de geleiding nul wordt. Diagram a geeft deze situatie het best weer.

- inzicht dat de geleidbaarheid uiteindelijk naar nul gaat 1
- inzicht dat er een serieschakeling ontstaat van een iets kortere lengte van de oorspronkelijke draad en de overgebleven draadjes en keuze van het diagram 1

*Opmerking*

*Als een keuze zonder uitleg gegeven is: geen scorepunten toekennen.*

**27 maximumscore 2**

De grootte van één atoom ligt in de orde van een nanometer. Dus  $c$  is de beste schatting

- inzicht in de orde van grootte van één atoom 1
- consequente conclusie 1

## 5 Inzenden scores

---

Verwerk de scores van alle kandidaten per examinator in het programma WOLF. Zend de gegevens uiterlijk op 28 juni naar Cito.

### 3 Vakspecifieke regels

---

Voor dit examen kunnen maximaal 77 scorepunten worden behaald.

Voor dit examen zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

- 1 Een afwijking in de uitkomst van een berekening door acceptabel tussentijds afronden wordt de kandidaat niet aangerekend.
- 2 De uitkomst van een berekening mag één significant cijfer meer of minder bevatten dan op grond van de nauwkeurigheid van de vermelde gegevens verantwoord is, tenzij in de vraag is vermeld hoeveel significante cijfers de uitkomst dient te bevatten.
- 3 Het laatste scorepunt, aangeduid met 'completeren van de berekening', wordt niet toegekend in de volgende gevallen:
  - een fout in de nauwkeurigheid van de uitkomst
  - een of meer rekenfouten
  - het niet of verkeerd vermelden van de eenheid van een uitkomst, tenzij gezien de vraagstelling het weergeven van de eenheid overbodig is. In zo'n geval staat in het antwoordmodel de eenheid tussen haakjes.
- 4 Het laatste scorepunt wordt evenmin toegekend als juiste antwoordelementen foutief met elkaar worden gecombineerd of als een onjuist antwoordelement een substantiële vereenvoudiging van de berekening tot gevolg heeft.
- 5 In het geval van een foutieve oplossingsmethode, waarbij geen of slechts een beperkt aantal deelscorepunten kunnen worden toegekend, mag het laatste scorepunt niet worden toegekend.

### 4 Beoordelingsmodel

---

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

#### Opgave 1 Lichtpracticum

---

**1 maximumscore 2**

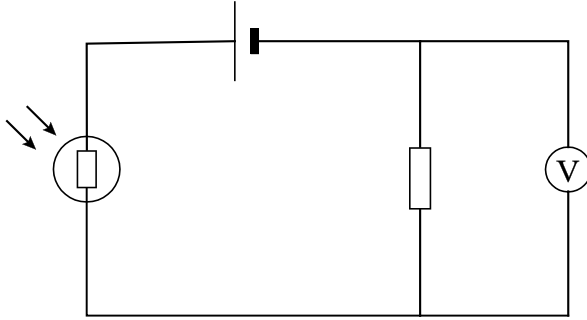
voorbeeld van een antwoord:

- De buis is aan beide kanten afgesloten om licht van buitenaf te voorkomen.
- De buis is van binnen zwart gemaakt om reflecties van het licht in de buis te voorkomen.

- inzicht dat licht van buitenaf tegengehouden moet worden 1
- inzicht dat reflecties van het licht in de buis voorkomen moeten worden 1

**2 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:



De weerstanden verhouden zich als de spanningen over de weerstanden. Omdat de som van twee spanningen gelijk is aan de batterijspanning, is hiermee de weerstand van de LDR te bepalen.

- tekenen van een circuit met een spanningsbron, de weerstand en de LDR in serie 1
- tekenen van de spanningsmeter parallel aan de weerstand of de LDR 1
- inzicht dat de weerstanden zich verhouden als de spanningen over die weerstanden 1
- completeren van de uitleg 1

*Opmerkingen*

- De LDR hoeft niet met het juiste symbool uit Binas getekend te worden.
- Als er meer elementen in de schakeling gebruik zijn: maximaal 2 punten toekennen

**3 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:

Bij  $x = 4$  cm geldt voor de weerstand van de LDR:  $R_4 = 4,0 \text{ k}\Omega$ .

Uit de ijkgrafiek volgt een verlichtingssterkte van 160 lux.

Bij  $x = 8$  cm volgt voor de weerstand van de LDR:  $R_8 = 10,5 \text{ k}\Omega$ .

Uit de ijkgrafiek volgt een verlichtingssterkte van 40 lux.

De afstand is 2 keer zo groot dus de verlichtingssterkte zou volgens de

kwadratenwet  $\frac{1}{2^2} = 0,25$  keer zo groot moeten zijn. Uit de metingen volgt

voor de verhouding van de verlichtingssterkten:  $\frac{40}{160} = 0,25$ .

(Dus klopt de kwadratenwet voor deze metingen.)

- aflezen van de weerstand van de LDR bij  $x = 4$  cm en  $x = 8$  cm (met een marge van  $0,2 \text{ k}\Omega$ ) 1
- aflezen van de bijbehorende verlichtingssterkten uit de ijkgrafiek (met een marge van 5 lux) 1
- inzicht in de kwadratenwet 1
- completeren van het antwoord 1

## 4 Beoordelingsmodel

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

### Zonvolgsysteem

**1 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

De twee parallelle takken ABD en ACD zijn identiek. Dus staat er geen spanning over de motor en loopt er geen stroom door de motor.

- inzicht dat beide parallelle takken identiek zijn / inzicht in de symmetrie van de schakeling 1
- inzicht dat  $U_{AB} = U_{AC}$  of  $U_{DB} = U_{DC}$  1

**2 maximumscore 3**

uitkomst: verlichtingssterkte  $E = 39 \cdot 10^3$  lux (met een marge van  $2 \cdot 10^3$  lux)

voorbeelden van een bepaling:

methode 1

Omdat door de hoofdkring een stroom loopt van 100 mA, loopt door elke tak een stroom van 50 mA. Voor elke tak geldt:  $U_T = I_T R_T$ .

Invullen levert:  $7,5 = 50 \cdot 10^{-3} R_T$ .

Dit geeft:  $R_T = 150 \Omega$ .

Er geldt:  $R_T = R_1 + R_{LDR}$ .

Dit levert:  $R_{LDR} = 100 \Omega = 0,10 \text{ k}\Omega$ .

Aflesen in figuur 3 geeft: verlichtingssterkte  $E = 39 \cdot 10^3$  lux.

- gebruik van  $U = IR$  met  $I_{LDR} = \frac{1}{2} I_{\text{bron}}$  1
- inzicht dat  $R_T = R_1 + R_{LDR}$  1
- completeren van de bepaling 1

of

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

methode 2

Omdat door de hoofdkring een stroom loopt van 100 mA, loopt door elke tak een stroom van 50 mA.

Voor weerstand  $R_1$  geldt:  $U_{R_1} = I_{R_1} R_1 = 50 \cdot 10^{-3} \cdot 50 = 2,5 \text{ V}$ .

Dan geldt voor LDR<sub>1</sub>:  $U_{\text{LDR}_1} = U - U_{R_1} = 7,5 - 2,5 = 5,0 \text{ V}$ .

Dan geldt:  $R_{\text{LDR}} = \frac{U_{\text{LDR}}}{I} = \frac{5,0}{50 \cdot 10^{-3}} = 100 \text{ } \Omega = 0,10 \text{ k}\Omega$ .

Aflesen in figuur 3 geeft: verlichtingssterkte  $E = 39 \cdot 10^3 \text{ lux}$ .

- gebruik van  $U = IR$  met  $I_{\text{LDR}} = \frac{1}{2} I_{\text{bron}}$  1
- inzicht dat  $U_{\text{T}} = U_1 + U_{\text{LDR}}$  1
- completeren van de bepaling 1

### 3 maximumscore 3

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

Als er minder licht op LDR<sub>2</sub> valt, neemt de weerstand van LDR<sub>2</sub> toe (en dus neemt  $U_{\text{AC}}$  af). Er geldt dus:  $U_{\text{BD}} < U_{\text{CD}}$ , (oftewel  $U_{\text{AB}} > U_{\text{AC}}$ .) (Dus geldt:  $U_{\text{BC}} < 0$ .) Dus loopt de stroom van punt C naar punt B.

- inzicht dat bij minder licht de weerstand van LDR<sub>2</sub> groter wordt 1
- inzicht dat  $U_{\text{BD}} < U_{\text{CD}}$  1
- completeren van de uitleg 1

of

methode 2

Als er minder licht op LDR<sub>2</sub> valt, neemt de weerstand van LDR<sub>2</sub> toe en dus ook  $U_{\text{LDR}_2}$ . Voor de kring BCDB geldt:  $U_{\text{BC}} + U_{\text{LDR}_1} + U_{\text{LDR}_2} = 0$ .

Aangezien nu geldt:  $|U_{\text{LDR}_1}| < |U_{\text{LDR}_2}|$  en de tekens van die spanningen tegengesteld zijn, geldt  $U_{\text{BC}} < 0$ .

Dus loopt de stroom van punt C naar punt B.

- inzicht dat bij minder licht de weerstand van LDR<sub>2</sub> groter wordt 1
- toepassen van de spanningswet van Kirchhof op kring BCDB 1
- completeren van de uitleg 1

*Opmerking*

*Aan een redenering die er (impliciet) van uitgaat dat  $I_{\text{AB}} = I_{\text{AC}}$ , het tweede en derde scorepunt beide niet toekennen.*

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**7 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

De tijd van 3,9 miljard jaar komt overeen met 3 halveringstijden.

Na die tijd zijn er van 1000 K-atomen  $\left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}$  deel = 125 K-atomen over.

Van de vervallen K-atomen is 11% omgezet in Ar.

Dit zijn  $0,11 \cdot 875 = 96$  atomen.

Dus geldt:  $\frac{\text{aantal gevormde Ar-40 atomen}}{\text{aantal nog aanwezige K-40 atomen}} = \frac{96}{125} = 0,77.$

(Dus is de ouderdom van het gesteente ongeveer 3,9 miljard jaar.)

- inzicht dat dat de leeftijd overeenkomt met 3 halveringstijden 1
- inzicht dat 11% van de vervallen K-atomen omgezet is in Ar-atomen 1
- completeren van het antwoord 1

**8 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Koolstof-14-methode: het materiaal is te oud, er zal geen meetbare hoeveelheid C-14 meer over zijn.

Kalium-argon-methode: eierschalen zijn geen hard gesteente en houden argon niet vast / de halveringstijd van deze methode is veel te groot vergeleken met de geschatte ouderdom, om nauwkeurig de leeftijd te bepalen.

- inzicht dat het materiaal veel te oud is voor de C-14-methode 1
- inzicht dat argon niet in de eierschalen blijft / dat de halveringstijd van de kalium-argon-methode te groot is voor een nauwkeurige bepaling 1

## Opgave 3 Rekstrookje

**9 maximumscore 3**

uitkomst:  $l = 0,98$  m

voorbeeld van een berekening:

Voor de weerstand geldt:  $R = \rho \frac{l}{A}$  met  $A = \pi r^2$ .

Invullen levert:  $350 = 0,45 \cdot 10^{-6} \frac{l}{\pi \left(\frac{1}{2} \cdot 40 \cdot 10^{-6}\right)^2}$ .

Dit levert:  $l = 0,98$  m.

- gebruik van  $R = \rho \frac{l}{A}$  en opzoeken van  $\rho$  1
- gebruik van  $A = \pi r^2$  met  $r = \frac{1}{2}d$  1
- completeren van de berekening 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**10 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Als het rekstrookje uitrekt, wordt  $l$  groter en  $A$  kleiner. (Hierdoor wordt  $R$  groter.)

- inzicht dat  $l$  groter wordt 1
- inzicht dat  $A$  kleiner wordt 1

**11 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Als de beide weerstanden gelijk zijn aan  $350 \Omega$ , is de spanning die de voltmeter aangeeft gelijk aan  $2,50 \text{ V}$ .

Als de weerstand van het rekstrookje toeneemt met  $1,0 \Omega$ , geldt voor de spanning die de spanningsmeter aangeeft:  $U_{\text{nieuw}} = \frac{350}{701} \cdot 5,00 = 2,4964 \text{ V}$ .

De spanningsafname bedraagt:  $0,0036 \text{ V}$ .

Dit is een afname van  $\frac{0,0036}{2,50} = 0,0014 = 0,14\%$ .

(Dit is minder dan een half procent.)

- inzicht in de spanningsdeling / inzicht dat  $I_{\text{nieuw}} = \frac{5,00}{701}$  1
- inzicht dat  $U_{\text{nieuw}} = \frac{350}{701} \cdot 5,00$  / gebruik van  $U_{\text{nieuw}} = I_{\text{nieuw}} R$  1
- completeren van de berekening 1

**12 maximumscore 2**

voorbeeld van een uitleg:

Als er geen spanningsverschil tussen A en B is, geldt:

$$U_{CA} = U_{CB} \text{ en } U_{AD} = U_{BD}.$$

Omdat geldt:  $R_{CB} = R_{BD}$ , moet ook gelden:  $R_{CA} = R_{AD}$ .

(Ofwel  $R_1 = R_2 = 350 \Omega$ .)

- inzicht dat  $U_{CA} = U_{CB}$  en dat  $U_{AD} = U_{BD}$  1
- inzicht dat uit  $R_{CB} = R_{BD}$  volgt dat  $R_{CA} = R_{AD}$  1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**13 maximumscore 2**

voorbeeld van een uitleg:

Als de weerstand van  $350 \Omega$  naar  $351 \Omega$  toeneemt, verandert in figuur 3 de spanning van  $0 \text{ V}$  naar  $3,55 \text{ mV}$ . Omdat dit een verandering ten opzichte van  $0 \text{ V}$  is, is de verandering relatief heel groot.

- aflezen van de spanning bij een weerstandstoename van  $1 \Omega$  1
- inzicht dat de relatieve spanningsverandering bij de schakeling van figuur 3 veel groter is 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat de vraag beantwoordt met een berekening: uiteraard goed rekenen.*

**14 maximumscore 3**

uitkomst:  $U = 4,7 \text{ mV}$  (met en marge van  $0,1 \text{ mV}$ )

voorbeeld van een bepaling:

Een uitrekking van de kabel van  $12 \text{ cm}$  geeft voor het rekstrookje een

uitrekking:  $u = \frac{0,12}{198} \cdot 0,061 = 37 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 37 \mu\text{m}$ .

Uit figuur 5 volgt dat de weerstand dan  $351,3 \Omega$  is.

Uit figuur 4 volgt dan dat het alarm afgaat bij  $4,7 \text{ mV}$ .

- inzicht dat  $u = \frac{0,12}{198} \cdot 0,061$  1
- aflezen van de weerstand in figuur 5 1
- aflezen van de spanning in figuur 4 1



Vraag	Antwoord	Scores
<b>20</b>	<b>maximumscore 2</b> Het magnetisch veld moet steiler lopen en de waarde van het magnetisch veld moet bij het hoofd groter zijn.	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>inzicht dat het magnetisch veld steiler moet lopen</li> <li>inzicht dat de waarde van het magnetisch veld bij het hoofd groter moet zijn</li> </ul>	1 1
<b>21</b>	<b>maximumscore 2</b> voorbeeld van een antwoord: Het gebied bij de pijl is wit en geeft dus een signaal met hoge intensiteit. Daar zitten dus relatief veel waterstofkernen. Hersenweefsel bevat meer waterstofkernen dan ander weefsel. Dus bevat het aangegeven gebied hersenweefsel.	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>constateren dat het aangegeven gebied het witst is en dat het signaal een hoge intensiteit heeft</li> <li>constateren dat in dat gebied veel waterstofkernen zitten en dat het dus hersenweefsel is</li> </ul>	1 1

## Energievoorziening voor een weerstation

### 22 maximumscore 3

uitkomst:  $n = 23$

voorbeelden van een berekening:

methode 1

Er geldt:  $P = UI$ . Dit levert:  $I = \frac{P}{U} = \frac{2,3}{12} = 0,192 \text{ A}$ .

Ook geldt:  $C = It$ . Invullen levert:  $n75 = 0,192 \cdot 365 \cdot 24 = 22,4$ .

(Er zijn dus 23 accu's nodig.)

- gebruik van  $P = UI$  1
- inzicht dat  $nC = It$  1
- completeren van de berekening 1

of

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

methode 2

Voor de energie geldt:  $E = UIt = UC$ .

Een capaciteit van 75 Ah bij een spanning van 12 V komt dus overeen met

een energie van:  $E = 75 \cdot 3600 \cdot 12 = 3,24 \cdot 10^6$  J.

Voor de energie die nodig is in één jaar geldt:

$E = 2,3 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 = 7,25 \cdot 10^7$  J.

Dus geldt voor het aantal accu's:  $n = \frac{7,25 \cdot 10^7}{3,24 \cdot 10^6} = 22,4$ .

(Er zijn dus 23 accu's nodig.)

- inzicht dat  $E = UIt = UC$  1
- inzicht dat  $E = Pt$  1
- completeren van de berekening 1

of

methode 3

Voor de nodige capaciteit in één jaar geldt:

$C = \frac{E}{U} = \frac{2,3}{12} \cdot 24 \cdot 365 = 1679$  Ah.

Dus geldt voor het aantal accu's:  $n = \frac{1679}{75} = 22,4$ .

(Er zijn dus 23 accu's nodig.)

- inzicht dat  $C = \frac{E}{U}$  1
- inzicht dat  $E = Pt$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerkingen*

- *Voor het begrip capaciteit mag een ander symbool gebruikt worden.*
- *De antwoorden 22 en 22,4 goed rekenen.*

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**23 maximumscore 4**

uitkomst:  $P_{R3} = 11 \text{ W}$

voorbeeld van een berekening:

Er geldt:  $I_{R3} = I_{R1} + I_{R2}$ . Dit levert:  $I_{R3} = 0,71 + 0,25 = 0,96 \text{ A}$ .

Verder geldt:  $U_{R3} = 12,0 - 0,25 \cdot 1,8$ . Hieruit volgt:  $U_{R3} = 11,55 \text{ V}$ .

Dit levert:  $P_{R3} = U_{R3} I_{R3} = 11,55 \cdot 0,96 = 11 \text{ W}$ .

- inzicht dat  $I_{R3} = I_{R1} + I_{R2}$  1
- inzicht dat  $U_{R3} = 12,0 - 0,25 \cdot 1,8$  1
- gebruik van  $P = UI$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

*Als een kandidaat het tweede scorepunt niet behaalt, mag het vierde scorepunt niet toegekend worden.*

**24 maximumscore 3**

uitkomst:  $U_{zp} = 13,4 \text{ V}$

voorbeeld van een berekening:

Toepassen van de spanningswet van Kirchhoff op kring ABEF levert:

$U_{zp} - 0,71 \cdot 2,6 - 12,0 + 0,25 \cdot 1,8 = 0$ . Hieruit volgt:  $U_{zp} = 13,4 \text{ V}$ .

- inzicht dat de spanningswet van Kirchhoff toegepast moet worden op kring ABEF 1
- gebruik van de juiste tekens 1
- completeren van de berekening 1

*Opmerkingen*

- *Het eerste inzicht mag ook impliciet gegeven worden.*
- *De spanningswet van Kirchhoff mag ook op de kring ACDF toegepast worden.*
- *Als in de vorige vraag een fout is gemaakt met de richtingen en/of de tekens, dezelfde fout in deze vraag niet opnieuw aanrekenen.*

**25 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

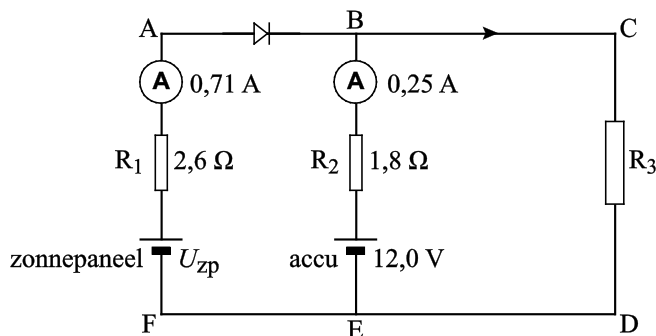
- (De accu wordt opgeladen als de stroomrichting door de accu negatief is.)  
 Uit de grafiek blijkt dat geldt:  $U_{zp} > 14,6 \text{ V}$  (met een marge van 0,2 V).
  - (Als de accu stroom levert aan het zonnepaneel, is de stroomrichting door het zonnepaneel negatief.)  
 Uit de grafiek blijkt dat geldt:  $U_{zp} < 10,4 \text{ V}$  (met een marge van 0,2 V).
- aflezen van de waarde 14,6 V 1
  - aflezen van de waarde 10,4 V 1
  - inzicht dat accu oplaadt als de spanning groter is dan de grootste afgelezen waarde en dat de accu stroom levert aan het zonnepaneel als de spanning kleiner is dan de laagste afgelezen waarde 1

*Opmerking*

*Bij het beantwoorden van deze vraag hoeft de eenheid V niet vermeld te zijn.*

**26 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:



- plaatsen van de diode in de tak van het zonnepaneel 1
- richting van de diode 1

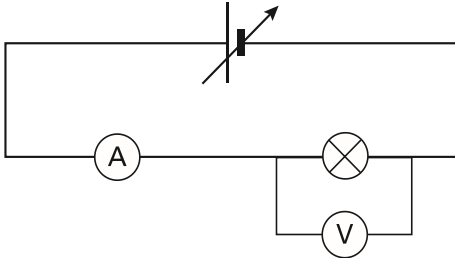
*Opmerking*

*Als niet het juiste symbool voor de diode gebruikt is, maar de richting wel juist aangegeven wordt: niet aanrekenen.*

**Opgave 3 Toeristenpet****Maximumscore 4**

- 9
- 
- voorbeeld van een antwoord:

Tekening van de gebruikte schakeling:



Beschrijving van de handelingen:

Suzanne moet de spanning in stapjes hoger maken en bij elke ingestelde waarde van de spanning de voltmeter en de ampèremeter aflezen. Ze moet spanning en stroomsterkte met elkaar vermenigvuldigen om het vermogen uit te rekenen.

(Tenslotte moet zij een grafiek maken van het vermogen uitgezet tegen de spanning.)

- gesloten stroomkring van bron, lamp en ampèremeter 1
- voltmeter parallel aan de lamp 1
- aangeven dat er een aantal metingen verricht moet worden van de spanning en de bijbehorende stroomsterkte 1
- aangeven dat bij elke meting de spanning en de stroomsterkte met elkaar moeten worden vermenigvuldigd 1

*Opmerking*

*Oplossing waarbij een variac en een kWh-meter (of vermogensmeter) gebruikt worden: goed rekenen.*

**Maximumscore 4**

- 10
- 
- voorbeeld van een antwoord:

Met  $P = UI$  en  $U = IR$  kan bij twee verschillende waarden van  $U$  de weerstand worden

berekend. Bij bijvoorbeeld  $U = 50$  V volgt:  $I = \frac{35}{50} = 0,70$  A en  $R = \frac{50}{0,70} = 71 \Omega$ .

Bij  $U = 200$  V volgt:  $I = \frac{290}{200} = 1,45$  A en  $R = \frac{200}{1,45} = 138 \Omega$ .

De weerstand van de lamp hangt dus af van de spanning.

- gebruik van  $P = UI$  1
- gebruik van  $U = IR$  1
- bij twee waarden van  $U$  de waarde van  $R$  berekend 1
- conclusie 1

**Maximumscore 4**

11 □ uitkomst:  $P = 0,3 \text{ W}$

voorbeeld van een berekening:

Bij  $U = 175 \text{ V}$  geldt:  $P = 242 \text{ W}$ . Voor het lichtvermogen geldt dan:

$$P_{\text{licht}} = 0,05 \cdot 242 = 12 \text{ W}.$$

Ter plaatse van de zonnecel geldt voor de lichtintensiteit:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{12}{4\pi \cdot 0,09^2} = 1,2 \cdot 10^2 \text{ W m}^{-2}.$$

De oppervlakte van het zonnepaneel bedraagt  $5,5 \cdot 4,6 = 25 \text{ cm}^2$ , zodat  $P$  op het zonnepaneel  $1,2 \cdot 10^2 \cdot 25 \cdot 10^{-4} = 0,3 \text{ W}$  is.

- aflezen  $P$  bij  $U = 175 \text{ V}$  (met een marge van 5 W) 1
- correct in rekening brengen van het lichtrendement 1
- gebruik van  $I = \frac{P}{4\pi r^2}$  met  $r = 9 \text{ cm}$  1
- completeren van de berekening 1

**Maximumscore 3**

12 □ uitkomst:  $f = 10 \text{ Hz}$

voorbeeld van een bepaling:

Het motortje bevat vier ventilatorbladen. De piek bij  $t = 20 \text{ ms}$  en die bij  $t = 116 \text{ ms}$  horen dus bij dezelfde opening tussen de ventilatorbladen, alleen één omloop later. De omwentelingstijd is dus  $116 - 20 = 96 \text{ ms}$ , zodat voor de frequentie geldt:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,096} = 10 \text{ Hz}.$$

- notie dat per omwenteling de laserstraal vier keer wordt onderbroken 1
- gebruik van  $f = \frac{1}{T}$  1
- completeren van de bepaling 1

*Opmerking*

*T bepaald op grond van minder dan 4 perioden: maximaal 2 punten.*

**Maximumscore 4**

13 □ voorbeeld van een antwoord:

Bij een spanning van  $225 \text{ V}$  is het vermogen van de lamp  $342 \text{ W}$ .

Het vermogen is dus met een factor  $\frac{342}{242} = 1,41$  toegenomen.

De opening die op  $t = 20 \text{ ms}$  de laserstraal doorlaat, is éénmaal rondgegaan op  $t = 56 \text{ ms}$ . De omlooptijd is nu dus  $36 \text{ ms}$  en de frequentie  $27,8 \text{ Hz}$ .

De frequentie is dus met een factor  $\frac{27,8}{10,4} = 2,67$  toegenomen.

De hypothese wordt door deze metingen dus niet ondersteund.

- aflezen  $P$  bij  $U = 225 \text{ V}$  (met een marge van 5 W) 1
- bepalen van factor waarmee het vermogen is toegenomen 1
- bepalen van factor waarmee de frequentie is toegenomen (of de omlooptijd is afgenomen) 1
- conclusie 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**4 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Opmeten in de figuur levert voor de akoestische lengte:

$$L = \frac{13,2}{10,5} \cdot 0,66 = 0,83 \text{ m. Dus } \lambda = 2 \cdot 0,83 = 1,66 \text{ m.}$$

Er geldt  $v = \lambda f$ . Invullen levert  $f = \frac{343}{1,66} = 207 \text{ Hz}$ .

(Dit komt overeen met de metingen van figuur 2.)

- bepalen van de akoestische lengte  $L$  in de figuur 1
- gebruik van  $v = \lambda f$  met  $332 \text{ ms}^{-1} \leq v \leq 354 \text{ ms}^{-1}$  1
- completeren van de berekening van  $f$  1

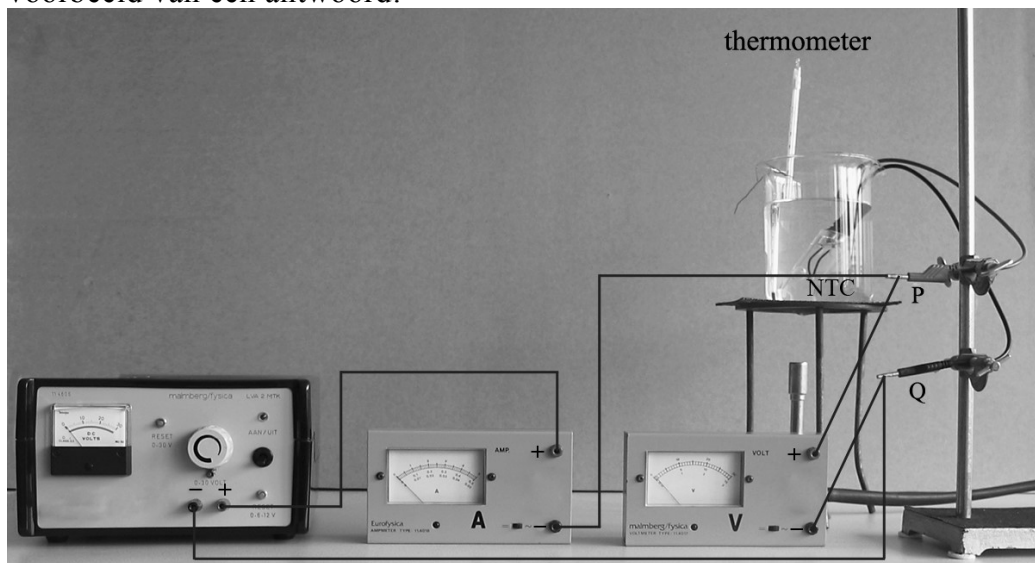
*Opmerking*

*Als bij de beantwoording van vraag 2 een foute waarde voor de grondtoon is verkregen en die waarde hier wordt gebruikt: geen aftrek.*

## Opgave 2 WaarschuwingsLED

**5 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:



- tekenen van een gesloten kring van de spanningsbron en de NTC 1
- opnemen van ampèremeter in serie in deze kring 1
- opnemen van de voltmeter parallel aan de NTC of aan de spanningsbron 1

*Opmerking*

*Bij deze opgave hoeft geen rekening gehouden te worden met de polariteit van de meters.*

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**6 maximumscore 4**

voorbeeld van een uitleg:

Bij een lage temperatuur is de weerstand van de NTC groot. Hierdoor is de spanning over de NTC groot en de spanning over de LED dus klein. Als de spanning over de LED kleiner is dan 1,5 V brandt de LED niet.

(Bij een hogere temperatuur brandt de LED dus wel.)

- inzicht dat bij een lage temperatuur  $R_{\text{NTC}}$  groot is 1
- inzicht dat  $U_{\text{NTC}}$  groot is als  $R_{\text{NTC}}$  groot is 1
- inzicht dat  $U_{\text{LED}}$  klein is als  $U_{\text{NTC}}$  groot is 1
- completeren van de uitleg 1

**7 maximumscore 5**

uitkomst:  $R = 3,0 \cdot 10^2 \Omega$

voorbeeld van een bepaling:

Aflesen in figuur 2: bij  $20^\circ\text{C}$  geldt  $R_{\text{NTC}} = 5,9 \cdot 10^2 \Omega$ .

Aflesen in figuur 3: bij 1,0 mA geldt  $U_{\text{LED}} = 1,5 \text{ V}$ .

Daaruit volgt:  $U_{\text{NTC}} = 5,0 - 1,5 = 3,5 \text{ V}$ .

Er geldt  $I_{\text{NTC}} = \frac{U_{\text{NTC}}}{R_{\text{NTC}}} = \frac{3,5}{5,9 \cdot 10^2} = 5,93 \cdot 10^{-3} \text{ A}$ .

$I_{\text{LED}} = 1,0 \text{ mA}$  zodat  $I_{\text{R}} = 5,93 \cdot 10^{-3} - 1,0 \cdot 10^{-3} = 4,93 \cdot 10^{-3} \text{ A}$ .

Voor  $R$  van de variabele weerstand geldt nu:

$R = \frac{U_{\text{R}}}{I_{\text{R}}} = \frac{1,5}{4,93 \cdot 10^{-3}} = 3,0 \cdot 10^2 \Omega$ .

- bepalen van  $R_{\text{NTC}}$  (met een marge van  $20 \Omega$ ) en bepalen van  $U_{\text{LED}}$  1
- inzicht dat  $U_{\text{NTC}} = U_{\text{bron}} - U_{\text{LED}}$  1
- inzicht dat  $I_{\text{NTC}} = \frac{U_{\text{NTC}}}{R_{\text{NTC}}}$  1
- inzicht dat  $I_{\text{R}} = I_{\text{NTC}} - I_{\text{LED}}$  1
- completeren van de bepaling 1