

## Beoordelingsmodel

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

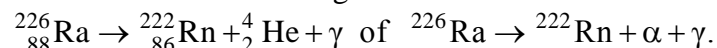
*Aan het juiste antwoord op een meerkeuzevraag wordt 1 scorepunt toegekend.*

### Radiumbad

#### 1 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Radium-226 verval volgens:



Bij dit vervalproces komt een  $\alpha$ -deeltje vrij en  $\gamma$ -straling. Het  $\alpha$ -deeltje komt niet door de huid heen, de  $\gamma$ -straling kan wel door de huid heengaan.

- Rn als vervalproduct en het aantal nucleonen links en rechts gelijk 1
- $\alpha$ -deeltje en  $\gamma$ -foton rechts van de pijl 1
- consequente conclusie over het gelijk van de arts 1

#### 2 maximumscore 4

uitkomst: 4,4 ( $\mu\text{g}$ )

voorbeeld van een berekening:

Voor de activiteit geldt:  $A(t) = \frac{0,693}{t_{\frac{1}{2}}} N(t)$  met

$$A(t) = 1,6 \cdot 10^5 \text{ Bq en } t_{\frac{1}{2}} = 1,60 \cdot 10^3 \text{ j.}$$

$$\text{Invullen geeft: } N(t) = \frac{1,6 \cdot 10^5 \cdot 1,60 \cdot 10^3 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60}{0,693} = 1,16497 \cdot 10^{16}.$$

De atoommassa van radium-226 is  $226,02541u$ , zodat het potje badzout  $1,16497 \cdot 10^{16} \cdot 226,02541 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27} = 4,4 \cdot 10^{-9} \text{ kg} = 4,4 \mu\text{g}$  radium-226 bevatte.

- opzoeken van de halveringstijd van radium-226 en omrekenen naar s 1
- opzoeken van de atoommassa van radium-226 1
- omrekening van  $u$  naar kg 1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

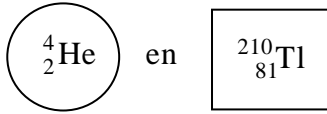
*Voor de atoommassa van radium-226 mag ook met  $226u$  gerekend worden.*

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

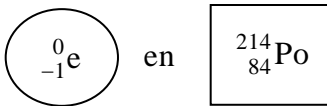
**3 maximumscore 4**

antwoord:

Links:



Rechts:



per juist antwoord op de juiste plaats

1

*Opmerking*

*Als de beide antwoorden in de linker- en de rechterkolom verwisseld zijn: maximaal 2 scorepunten.*

**4 maximumscore 5**

uitkomst: 9 (keer)

voorbeeld van een berekening:

De effectieve totale lichaamsdosis ten gevolge van  $\alpha$ -straling is:

$$H_{\alpha} = 20 \cdot \frac{1,6 \cdot 10^5 \cdot 45 \cdot 60 \cdot 0,25 \cdot 24,7 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{80} = 0,107 \text{ mSv.}$$

De effectieve totale lichaamsdosis ten gevolge van  $\beta$ -straling is:

$$H_{\beta} = 1 \cdot \frac{1,6 \cdot 10^5 \cdot 45 \cdot 60 \cdot 0,25 \cdot 5,75 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{80} = 1,242 \cdot 10^{-3} \text{ mSv.}$$

Bij elkaar opgeteld levert dit  $H = 0,108 \text{ mSv}$ . Volgens Binas tabel 27D2 is de dosislimiet per jaar  $1 \text{ mSv}$ , zodat iemand maximaal  $9 \times$  per jaar zo'n bad zou kunnen nemen voordat de dosislimiet wordt overschreden.

- inzicht dat  $E_{\text{totaal},\alpha} = N_{\alpha} \cdot E_{\alpha} \cdot t$  of  $E_{\text{totaal},\beta} = N_{\beta} \cdot E_{\beta} \cdot t$  1
- inzicht dat  $H_{\text{totaal}} = H_{\alpha} + H_{\beta}$  1
- gebruik van 0,25 1
- opzoeken van dosislimiet 1
- completeren van de berekening van het aantal baden per jaar 1

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

**5 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

De halveringstijd van radium-226 is  $1,60 \cdot 10^3$  jaar. Tussen 2006 en 1951 ligt 55 jaar. In die tijd is de activiteit van het kompres nauwelijks afgenomen zodat de activiteit in 2006 bijna even groot was als in 1951.

- inzicht dat de verstreken tijd (relatief) kort is ten opzichte van de halveringstijd van radium-226 1
- consequente conclusie 1

## Fontein van Genève

---

**6 maximumscore 3**

uitkomst:  $I = 417 \text{ A}$

voorbeeld van een berekening:

De pompen hebben elk een vermogen van 500 kW, samen 1000 kW.

De pompen zijn parallel aangesloten op 2400 V.

Voor het vermogen  $P$  geldt:  $P = UI$ , invullen geeft  $1000 \cdot 10^3 = 2400 \cdot I$ .

Hieruit volgt dat  $I = 417 \text{ A}$ .

- gebruik van  $P = UI$  1
- inzicht dat  $P_{\text{totaal}} = (2 \cdot 500) \text{ kW}$  en  $U = 2400 \text{ V}$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

*Als een kandidaat de berekening heeft gemaakt voor één pomp, dus heeft gerekend met  $P = 500 \text{ kW}$  en  $U = 2400 \text{ V}$ , dit niet aanrekenen.*

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

**7 maximumscore 3**

uitkomst:  $\eta = 69,4\%$  (of 0,694)

voorbeeld van een berekening:

De kinetische energie van het water dat uit de spuitmond komt is

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 450 \cdot (55,56)^2 = 6,94 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

Het rendement van de pompen is dan:

$$\eta = \frac{E_{\text{kin}}}{E_{\text{pompen}}} = \frac{6,94 \cdot 10^5}{1000 \cdot 10^3} = 0,694. \text{ Dit komt overeen met } 69,4\%.$$

- gebruik van  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  1
- inzicht dat  $\eta = \frac{E_{\text{kin}}}{E_{\text{pompen}}}$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

*Als een kandidaat heeft gerekend met  $E_z$  in plaats van  $E_{\text{kin}}$  hiervoor maximaal 1 scorepunt toekennen.*

**8 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

methode 1

Er geldt:  $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$  (mits er geen rekening gehouden wordt met wrijving)

$$\text{zodat } h = \frac{\frac{1}{2}v^2}{g} = \frac{\frac{1}{2}(55,6)^2}{9,81} = 157 \text{ m.}$$

Het is dus mogelijk dat het water een hoogte van 140 m haalt.

- gebruik van  $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$  1
- berekenen van de hoogte  $h$  1
- consequente conclusie 1

of

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

methode 2

Er geldt:  $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$  (mits er geen rekening gehouden wordt met wrijving)

zodat  $v^2 = 2gh = 2 \cdot 9,81 \cdot 140 = 2,747 \cdot 10^3$ . Hieruit volgt dat

$v = 52,5 \text{ m s}^{-1} = 189 \text{ km h}^{-1}$ . Dit is minder dan  $200 \text{ km h}^{-1}$ , dus het water kan een hoogte van 140 m halen.

- gebruik van  $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$  1
- berekenen van de snelheid 1
- consequente conclusie 1

*Opmerking*

*Bij het berekenen van de hoogte of de snelheid hoeft niet op de significantie gelet te worden.*

*Opmerking*

*Als een kandidaat heeft doorgerekend met een foutieve  $E_{\text{kin}}$  van vraag 7 hiervoor geen scorepunten in mindering brengen.*

## 9 maximumscore 3

uitkomst:  $v = (-)19 \text{ ms}^{-1}$  met een marge van  $1 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een bepaling:

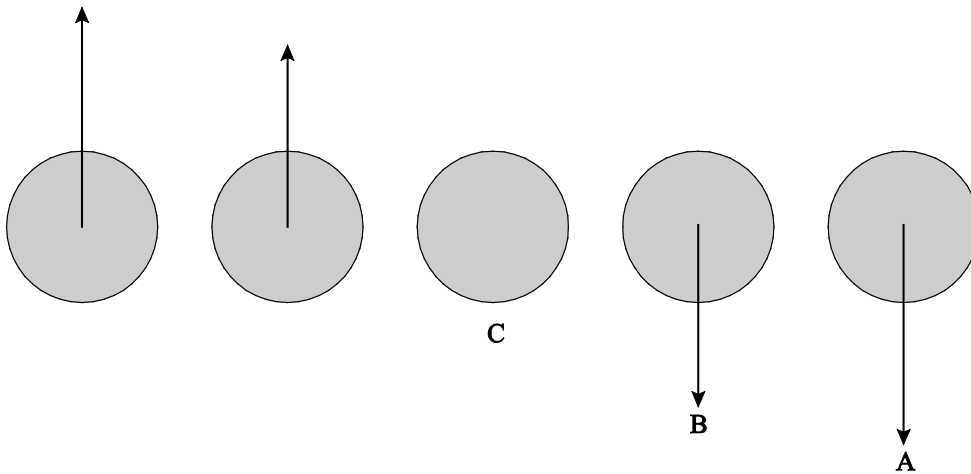
De snelheid van de druppel is te bepalen als de helling (van de raaklijn) van de  $(h,t)$ -grafiek bij  $t = 14 \text{ s}$ . Deze helling is

$$\frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{(-)75}{4,0} = (-)18,75 = (-)19 \text{ ms}^{-1}.$$

- inzicht dat de gevraagde snelheid de helling (van de raaklijn) van de  $(h,t)$ -grafiek is 1
- gebruik van  $v = \left( \frac{\Delta x}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$  1
- completeren van de bepaling 1

10 maximumscore 1

antwoord:



A, B en C juist

1

*Opmerking*

Wanneer één, twee of drie letters verkeerd geplaatst zijn geen scorepunt toekennen.

## Trillingen in een vrachtwagen

11 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Uit het  $(v,t)$ -diagram op de uitwerkbijlage blijkt dat de trillingstijd van de trilling 0,36 s is.

De frequentie  $f$  is dan  $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,36} = 2,8$  Hz. Dit ligt in het genoemde

gebied (van 2,0 Hz tot 80 Hz).

- bepalen van de trillingstijd met een marge van 0,04 s
- consequente conclusie

1

1

*Opmerking*

Significantie en eenheid zijn hier niet van belang.

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

**12 maximumscore 3**

uitkomst: 2,5 h

voorbeeld van een bepaling:

De maximale versnelling is gelijk aan de richtingscoëfficiënt van de raaklijn aan het  $(v,t)$ -diagram op een tijdstip waar de snelheid  $0 \text{ m s}^{-1}$  is.

De maximale versnelling is  $\frac{0,40}{0,14} = 2,9 \text{ m s}^{-2}$ .

In figuur 1 is af te lezen dat de maximale werktijd dan 2,5 uur is.

- inzicht dat de helling van de raaklijn bepaald moet worden bij een tijdstip waar de snelheid gelijk is aan  $0 \text{ m s}^{-1}$  1
- bepalen van de richtingscoëfficiënt (met een marge van  $0,3 \text{ m s}^{-2}$ ) 1
- consequente bepaling van de maximale werktijd 1

**13 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Voorbij 2,0 Hz is de verhouding  $\frac{A_{\text{stoel}}}{A_{\text{vw}}} < 1$ . Dit betekent dat de amplitude

van de trilling van de chauffeur kleiner is dan die van de vrachtwagen.

De problemen voor trillingen vanaf 2,0 Hz zijn, door dit veersysteem te gebruiken, nu dus minder.

- inzicht dat  $\frac{A_{\text{stoel}}}{A_{\text{vw}}} < 1$  is voor frequenties groter dan 2,0 Hz 1
- conclusie 1

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

**14 maximumscore 3**

uitkomst: 42 kg

voorbeeld van een berekening:

Voor de trillingstijd van een massa-veersysteem geldt:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}. \text{ De veerconstante is } C = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-1}, T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,50} = 2,0 \text{ s.}$$

$$\text{Invullen geeft: } 2,0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{1,3 \cdot 10^3}} \text{ zodat } m = \frac{1,3 \cdot 10^3}{\pi^2} = 132 \text{ kg.}$$

De massa van de bestuurder is 90 kg, zodat de stoel een massa heeft van  $132 - 90 = 42 \text{ kg}$ .

- gebruik van  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$  1
- inzicht dat geldt:  $m_{\text{stoel}} = m_{\text{totaal}} - m_{\text{chauffeur}}$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

*Wanneer een kandidaat de massa van de chauffeur niet heeft meegenomen in de berekening en uitkomt op  $m_{\text{stoel}} = 132 \text{ kg}$  hiervoor geen scorepunten in mindering brengen.*

**15 maximumscore 1**

antwoord: (veer) C

## Elektrische auto

**16 maximumscore 3**

uitkomst: 81 km

voorbeeld van een berekening:

$$\text{De actieradius} = \frac{\text{opslagcapaciteit accu}}{\text{energieverbruik per km}}$$

Uit de technische gegevens volgt dat de opslagcapaciteit van de accu gelijk is aan 6,1 kWh en het energieverbruik per km gelijk is aan  $0,075 \text{ kWh km}^{-1}$ .

$$\text{Hieruit volgt dat de actieradius } \frac{6,1}{0,075} = 81 \text{ km is.}$$

- inzicht dat de actieradius  $= \frac{\text{opslagcapaciteit accu}}{\text{energieverbruik per km}}$  1
- invullen van 6,1 kWh en  $0,075 \text{ kWh km}^{-1}$  1
- completeren van de berekening 1



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

**17 maximumscore 4**

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

De stookwaarde van benzine is  $33 \cdot 10^9 \text{ J m}^{-3}$ .

Dit is  $\frac{33 \cdot 10^9}{3,6 \cdot 10^6 \cdot 10^3} = 9,2 \text{ kWh L}^{-1}$ .

Voor het rijden van 20 km verbruikt de benzineauto dus 9,2 kWh.

Als de Twizy 20 km rijdt, verbruikt hij  $20 \cdot 0,075 = 1,5 \text{ kWh}$ .

De Twizy verbruikt dus minder energie dan de benzineauto.

- opzoeken van de stookwaarde 1
- omrekenen  $\text{J m}^{-3}$  naar  $\text{kWh L}^{-1}$  1
- berekenen van het energieverbruik van de Twizy over 20 km 1
- consequente conclusie 1

of

methode 2

De stookwaarde van benzine is gelijk aan  $9,2 \cdot 10^3 \text{ kWh m}^{-3} = 9,2 \text{ kWh L}^{-1}$ .

Het gemiddelde energieverbruik per km van de benzineauto is

$\frac{9,2}{20} = 0,46 \text{ kWh km}^{-1}$ .

De Twizy verbruikt  $0,075 \text{ kWh km}^{-1}$ , dit is minder energie dan de benzineauto verbruikt.

- opzoeken van de stookwaarde 1
- omrekenen  $\text{kWh m}^{-3}$  naar  $\text{kWh L}^{-1}$  1
- berekenen van het energieverbruik per km van de benzineauto 1
- consequente conclusie 1

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

**18 maximumscore 4**

uitkomst:  $0,12 \text{ (kWh km}^{-1}\text{)}$

voorbeeld van een berekening:

Bij topsnelheid is de nuttige arbeid die de Twizy in één uur verricht gelijk aan 8,5 kWh. Het rendement is 87%, dus in één uur verbruikt hij

$\frac{8,5}{0,87} = 9,77 \text{ kWh}$  aan energie. Het verbruik per km bij topsnelheid is dan

gelijk aan  $\frac{9,77}{80} = 0,12 \text{ kWh km}^{-1}$ .

- inzicht dat de auto in één uur 8,5 kWh nuttige arbeid verricht 1
- juist gebruik van het rendement 1
- inzicht dat het energieverbruik per km =  $\frac{\text{verbruikte energie}}{\text{bijbehorende afstand}}$  1
- completeren van de berekening 1

**19 maximumscore 2**

uitkomst:  $F_w = 3,8 \cdot 10^2 \text{ N}$

voorbeeld van een berekening:

Voor het vermogen geldt:  $P = Fv$ . Omdat de snelheid  $v$  constant is, geldt:

$$F = (-)F_w.$$

Er geldt:  $P = 8,5 \text{ kW}$  en  $v = 80 \text{ km h}^{-1} = 22,2 \text{ m s}^{-1}$  zodat

$$F_w = \frac{8,5 \cdot 10^3}{22,2} = 3,8 \cdot 10^2 \text{ N}.$$

- gebruik van  $P = Fv$  of  $P = F_w v$  1
- completeren van de berekening 1

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

**20 maximumscore 3**

uitkomst:  $I = 7,6 \text{ A}$

voorbeeld van een berekening:

Het (gemiddelde) vermogen waarmee de accu wordt opgeladen is gelijk aan

$$\frac{\text{opslagcapaciteit}}{\text{oplaadtijd}} = \frac{6,1}{3,5} = 1,74 \text{ kW.}$$

Voor het vermogen geldt:  $P = UI$ .

$$\text{Hieruit volgt dat } I = \frac{1,74 \cdot 10^3}{230} = 7,57 = 7,6 \text{ A.}$$

- inzicht dat het (gemiddelde) vermogen waarmee de accu wordt opgeladen gelijk is aan  $\frac{\text{opslagcapaciteit}}{\text{oplaadtijd}}$  1
- gebruik van  $P = UI$  1
- completeren van de berekening 1

**21 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

De opslagcapaciteit is  $6,1 \text{ kWh} = 6,1 \cdot 10^3 \cdot 3600 \text{ J} = 21,96 \cdot 10^6 \text{ J}$ . De massa van de accu is  $100 \text{ kg}$ . De energiedichtheid van de gebruikte accu is dus

$$\frac{21,96 \cdot 10^6}{100} = 2,2 \cdot 10^5 \text{ J kg}^{-1}. \text{ Dit is gelijk aan de energiedichtheid van een}$$

Li-ion accu.

- omrekenen van kWh naar J 1
- berekenen van de energiedichtheid van de Twizy 1
- consequente conclusie 1

## Wisselverwarming

### 22 maximumscore 3

uitkomst:  $P = 2,40 \text{ kW}$

voorbeeld van een berekening:

De stroomsterkte  $I$  door een verwarmingslint is  $I = \frac{U}{R} = \frac{230}{44,1} = 5,22 \text{ A}$ .

Het verwarmingselement heeft 2 verwarmingslinten. Voor het vermogen van een verwarmingselement geldt dan:  $P = 2 \cdot UI = 2 \cdot 230 \cdot 5,22 = 2,40 \text{ kW}$ .

- gebruik van  $U = IR$  en  $P = UI$  of  $P = \frac{U^2}{R}$  1
- gebruik van factor 2 1
- completeren van de berekening 1

### 23 B

### 24 maximumscore 4

uitkomst:  $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

voorbeeld van een berekening:

Voor de weerstand van een magnesiumdraad geldt:  $R = \rho \frac{\ell}{A}$  waarbij

$\rho = 46 \cdot 10^{-9} \text{ } \Omega \text{m}$ ;  $\ell = 20 \text{ m}$ ;  $R = 44,1 \text{ } \Omega$ . Invullen levert:

$A = 46 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{20}{44,1} = 2,086 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$ . De diameter van de draad is dan:

$$\sqrt{\frac{2,086 \cdot 10^{-8}}{\frac{1}{4} \pi}} = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ m.}$$

- gebruik van  $\rho = \frac{RA}{\ell}$  1
- opzoeken van  $\rho_{\text{magnesium}}$  1
- gebruik van  $A = \frac{1}{4} \pi d^2$  of  $A = \pi r^2$  en  $d = 2r$  1
- completeren van de berekening 1

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

**25 maximumscore 2**

antwoord:

	A	B
geleiding		x
straling	x	
stroming	x	

per juiste kolom

1

**26 maximumscore 4**

uitkomst:  $t = 2,9 \cdot 10^2$  s

voorbeelden van een berekening:

methode 1

Voor de toegevoerde warmte per seconde per meter spoorstaaf geldt:

$$Q = cm\Delta T \text{ waarbij: } Q = 1,0 \cdot 10^3 \text{ J; } m = 60 \text{ kg; } c = 0,48 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1}.$$

$$\text{Invullen geeft: } \Delta T = \frac{1,0 \cdot 10^3}{0,48 \cdot 10^3 \cdot 60} = 0,0347 \text{ K s}^{-1}.$$

Om de temperatuur 10 K te laten stijgen is  $\frac{10}{0,0347} = 288 = 2,9 \cdot 10^2$  s nodig.

- gebruik van  $Q = cm\Delta T$  1
- opzoeken van  $c_{\text{koolstofstaal}}$  1
- berekenen van  $\Delta T$  per seconde 1
- completeren van de berekening 1

of

methode 2

Om 1,0 m spoorstaaf 10 K op te warmen is nodig

$$Q = cm\Delta T = 0,48 \cdot 10^3 \cdot 60 \cdot 10 = 2,88 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

$$\text{Er geldt: } t = \frac{E}{P} = \frac{Q}{P} = \frac{2,88 \cdot 10^5}{1,0 \cdot 10^3} = 2,88 \cdot 10^2 = 2,9 \cdot 10^2 \text{ s.}$$

- gebruik van  $Q = cm\Delta T$  1
- opzoeken van  $c_{\text{koolstofstaal}}$  1
- gebruik van  $E = Pt$  1
- completeren van de berekening 1

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

**27 maximumscore 4**

uitkomst: 35 (jaar)

voorbeeld van een berekening:

Voor het verwarmen van 5200 gasgestookte wissels was

$$E = 5200 \cdot Pt = 5200 \cdot 11,2 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 3600 = 2,0966 \cdot 10^{12} \text{ J nodig.}$$

De verbrandingswarmte van (Gronings) aardgas is  $32 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-3}$ , zodat er

$$\frac{2,0996 \cdot 10^{12}}{32 \cdot 10^6} = 6,5519 \cdot 10^4 \text{ m}^3 \text{ gas verbruikt werd. Hier kan een gemiddeld}$$

$$\text{Nederlands huishouden } \frac{6,5519 \cdot 10^4}{1,85 \cdot 10^3} = 35 \text{ jaar mee toe.}$$

- gebruik van  $E = 5200 \cdot Pt$  1
- opzoeken van de stookwaarde van (Gronings) aardgas 1
- inzicht dat het aantal aantal  $\text{m}^3$  gas =  $\frac{E}{\text{stookwaarde}}$  1
- completeren van de berekening 1