

## Beoordelingsmodel

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

### Vrije worp bij basketbal

#### 1 maximumscore 4

uitkomst:  $v = 7,5 \text{ m s}^{-1}$

voorbeeld van een antwoord:

Zowel de snelheid in de  $x$ -richting als de snelheid in de  $y$ -richting kan bepaald worden uit de steilheid van de grafiek.

Voor de snelheidscomponent in de  $x$ -richting geldt:

$$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{4,55 - 0,35}{1,2} = 3,5 \text{ m s}^{-1}.$$

De snelheidscomponent in de  $y$ -richting volgt uit de helling van (de raaklijn aan) de grafiek op  $t = 0$  s:

Dit levert:

$$v_y = \left( \frac{\Delta y}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}} = \frac{5,0 - 2,3}{0,41} = 6,6 \text{ m s}^{-1}.$$

De componenten van de snelheid kunnen gecombineerd worden met de stelling van Pythagoras om de totale snelheid te berekenen:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(3,5)^2 + (6,6)^2} = 7,5 \text{ m s}^{-1}.$$

- inzicht dat de helling van (de raaklijn aan) de grafiek gelijk is aan de snelheid 1
- bepalen van  $v_x$  (met een marge van  $0,2 \text{ m s}^{-1}$ ) en van  $v_y$   
( $6,2 \text{ m s}^{-1} \leq v_y \leq 7,7 \text{ m s}^{-1}$ ) 1
- inzicht dat  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$  1
- completeren van de bepaling en significantie 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat  $v_y$  bepaalt met  $\Delta v = g\Delta t$  en  $\Delta t$  de tijd van het begin tot de top van de baan dit goed rekenen.*

**2 maximumscore 4**

uitkomst:  $s = 0,28$  m (met een marge van 0,05 m) en  $F_{\text{res}} = 55$  N

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

- De diameter van de bal is in werkelijkheid 24 cm. Dan geldt voor de afstand die de bal aflegt tussen de twee foto's:

$$\frac{s}{0,24 \text{ m}} = \frac{15}{13} \rightarrow s = 0,277 \text{ m} = 0,28 \text{ m}$$

- Tijdens de worp wordt er arbeid verricht door de resulterende kracht op de bal. Deze arbeid wordt omgezet in kinetische energie van de bal.

Er geldt:  $W = \Delta E_k$ . Uitschrijven geeft:  $F_{\text{res}}s = \frac{1}{2}mv_{\text{eind}}^2$ .

$$\text{Dit geeft: } F_{\text{res}} = \frac{mv_{\text{eind}}^2}{2s} = \frac{0,600 \cdot 7,1^2}{2 \cdot 0,277} = 55 \text{ N.}$$

- inzicht dat  $s$  bepaald moet worden aan de hand van de schaal van de foto 1
- gebruik van  $W = Fs$  1
- gebruik van  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  1
- completeren van de bepaling en de berekening en significantie van  $s$  1

of

methode 2:

- De diameter van de bal is in werkelijkheid 24 cm. Dan geldt voor de afstand die de bal aflegt tussen de twee foto's:

$$\frac{s}{0,24 \text{ m}} = \frac{15}{13} \rightarrow s = 0,277 \text{ m} = 0,28 \text{ m}$$

- De tijd waarin de bal deze afstand aflegt kan worden berekend met

$$\Delta t = \frac{s}{v_{\text{gem}}}, \text{ met } v_{\text{gem}} = \frac{1}{2}v_{\text{eind}}. \text{ Dus } \Delta t = \frac{0,277 \text{ m}}{\frac{1}{2} \cdot 7,1 \text{ m s}^{-1}} = 0,0780 \text{ s.}$$

De gemiddelde resulterende kracht op de bal wordt gegeven door

$$F_{\text{res}} = ma, \text{ met } a_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{eind}}}{\Delta t}. \text{ Dit geeft } F_{\text{res}} = 0,600 \cdot \frac{7,1}{0,0780} = 55 \text{ N.}$$

- inzicht dat  $s$  bepaald moet worden aan de hand van de schaal van de foto 1
- gebruik van  $F_{\text{res}} = ma$  met het inzicht dat  $a_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{eind}}}{\Delta t}$  1
- inzicht dat  $\Delta t = \frac{s}{v_{\text{gem}}}$ , met  $v_{\text{gem}} = \frac{1}{2}v_{\text{eind}}$  1
- completeren van de bepaling en de berekening en significantie van  $s$  1

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

**3 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

(Het model moet stoppen als de bal van bovenaf de hoogte van de ring bereikt.) De verticale snelheid moet negatief zijn en de  $y$ -waarde moet lager dan 3,05 zijn. (In het kort: als  $y < 3,05$  en  $v_y < 0$ .)

- inzicht dat:  $y < 3,05$  (m) /  $y \leq 3,05$  (m) 1
- inzicht dat:  $v_y < 0$  (m s<sup>-1</sup>) /  $dy < 0$  (m) 1

*Opmerkingen*

- *De formulering van de antwoorden hoeft niet volgens de afspraken van een computermodel te zijn.*
- *Omdat bij de beoordeling geen rekening gehouden hoeft te worden met significantie kunnen bij het eerste scorepunt 3 en 3,1 ook goed gerekend worden.*

**4 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Bij resultaat C eindigt de bal op  $x = 4,6$  m en op  $y = 3,05$  m. Uit figuur 2 blijkt dat daar de ring hangt.

- inzicht dat de hoogtes uit figuur 2 en figuur 6 overeenkomen 1
- inzicht dat de horizontale afstanden uit figuur 2 en figuur 6 overeenkomen 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat bij vraag 3 benoemd heeft dat het model moet stoppen / stopt op het moment dat de bal de hoogte van de ring bereikt én bij vraag 4 het inzicht toont dat de horizontale afstanden overeen moeten komen, dan twee scorepunten toekennen.*

**5 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Als de startwaarde van  $v_y$  verandert, verandert ook de maximale hoogte die de bal bereikt. (Als alleen de startwaarde van  $v_x$  verandert, blijft de maximale hoogte gelijk.)

Bij de resultaten A en E is er sprake van een kleinere en een grotere maximale hoogte in vergelijking met resultaat C. Hier moet dus sprake zijn van een variatie in de startwaarde van  $v_y$ .

Bij de resultaten B en D is de maximaal bereikte hoogte gelijk aan die bij resultaat C. (De horizontaal afgelegde afstand is hier echter anders.) Dit betekent dat er sprake moet zijn van een variatie in de startwaarde van  $v_x$ .

resultaat	is het gevolg van een variatie in de startwaarde van ...	
A		$v_y$
B	$v_x$	
D	$v_x$	
E		$v_y$

- inzicht dat een constante waarde voor de startwaarde van  $v_y$  een constante maximale hoogte geeft / inzicht dat een variatie in de startwaarde voor  $v_y$  een variatie in de hoogte geeft 1
- consequente conclusie voor de resultaten A en E 1
- consequente conclusie voor de resultaten B en D 1

## Qled-tv

### 6 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De quantum-dot zal altijd een foton uitzenden dat maximaal de energie heeft van het invallende foton. Een violet foton heeft meer energie dan een blauw, groen of rood foton.

- inzicht dat het invallende foton minimaal de energie moet hebben van het uitgezonden foton 1
- inzicht dat een violet foton meer energie heeft dan een foton van de genoemde kleuren 1

### 7 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De fotonenergie moet groter zijn dan de bandgap. (Dus halfgeleiders met een bandgap kleiner dan 2,75 eV zijn geschikt / halfgeleiders met een bandgap groter dan 3,10 eV zijn niet geschikt.)

halfgeleider	$E_{\text{gap}}$ (eV)		
Si	1,12	geschikt	
CdSe	1,74	geschikt	
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	5		ongeschikt
GaAs	1,43	geschikt	
GaP	2,26	geschikt	

- inzicht dat de bandgap niet groter mag zijn dan de fotonenergie 1
- consequent invullen van de tabel 1

#### Opmerking

*Als de kandidaat naast het argument dat de fotonenergie groter moet zijn dan de bandgap ook noemt dat de uitgezonden fotonen zichtbaar licht moeten zijn en dus naast Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> ook Si en GaAs als ongeschikt noteert, dit niet aanrekenen.*

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

**8 maximumscore 5**

uitkomst:  $\lambda_B = 3 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

voorbeeld van een antwoord:

– Er geldt:  $\lambda_B = \frac{h}{p}$ .

Bovendien geldt:  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ . Met  $p = mv$  levert dit:  $E_k = \frac{p^2}{2m}$

Omschrijven levert:  $p = \sqrt{2mE_k}$ .

Met  $m = m_{\text{eff}}$  levert dit uiteindelijk  $\lambda_B = \frac{h}{\sqrt{2m_{\text{eff}}E_k}}$ .

– Invullen levert:

$$\lambda_B = \frac{h}{\sqrt{2m_{\text{eff}}E_k}} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 0,13 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}} = 3 \cdot 10^{-9} \text{ m.}$$

- gebruik van  $\lambda_B = \frac{h}{p}$  en  $p = mv$  1
- gebruik van  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  1
- completeren van de afleiding 1
- gebruik van  $m_{\text{eff}} = 0,13 \cdot m_e$  en opzoeken  $m_e$  1
- completeren van de berekening 1

## 9 maximumscore 4

uitkomst:  $C = 6,0 \cdot 10^{-37} \text{ (Jm}^2\text{)}$

voorbeeld van een antwoord:

Voor de nulpuntsenergie van een deeltje in een eendimensionale energieput

met oneindig hoge wanden geldt:  $E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$  met  $n=1$ .

Voor de nulpuntsenergie van de twee (onafhankelijke) deeltjes in de quantum-dot geldt dus

$$E_{\text{nul}} = \frac{h^2}{8m_{\text{eff, elektron}} L^2} + \frac{h^2}{8m_{\text{eff, gat}} L^2} \text{ met } L = R.$$

Voor de fotonenergie geldt  $E_f = E_{\text{gap}} + E_{\text{nul}}$  en dus

$$E_f = E_{\text{gap}} + \frac{h^2}{8m_{\text{eff, elektron}} R^2} + \frac{h^2}{8m_{\text{eff, gat}} R^2} = E_{\text{gap}} + \left( \frac{h^2}{8m_{\text{eff, elektron}} R^2} + \frac{h^2}{8m_{\text{eff, gat}} R^2} \right) \frac{1}{R^2}.$$

Dus ( $E_f = E_{\text{gap}} + \frac{C}{R^2}$ , met)  $C = \frac{h^2}{8m_{\text{eff, elektron}}} + \frac{h^2}{8m_{\text{eff, gat}}}$ .

Invullen en uitrekenen levert:

$$C = \frac{h^2}{8m_e} \left( \frac{1}{0,13} + \frac{1}{0,45} \right) = \frac{(6,63 \cdot 10^{-34})^2}{8 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}} \left( \frac{1}{0,13} + \frac{1}{0,45} \right) = 6,0 \cdot 10^{-37} \text{ (Jm}^2\text{)}.$$

- inzicht dat  $E_f = E_{\text{gap}} + E_{\text{nul}}$  1
- gebruik van  $E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$  met  $n=1$  en  $L=R$  1
- (completeren van de afleiding met het) inzicht dat  $C = \frac{h^2}{8m_{\text{eff, elektron}}} + \frac{h^2}{8m_{\text{eff, gat}}}$  1
- completeren van de berekening 1

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

10 **maximumscore 4**  
uitkomst:  $R = 2,4 \text{ nm}$

voorbeeld van een antwoord:

Voor de fotonenergie geldt:  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$ . Invullen levert:

$$E_f = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3,00 \cdot 10^8}{534 \cdot 10^{-9}} = 3,72 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

Omrekenen naar elektronvolt geeft:  $E_f = 2,33 \text{ eV}$

Aflezen in figuur 6 geeft:

$$R^{-2} = 0,17 \text{ nm}^{-2} \longrightarrow R^2 = 5,9 \text{ nm}^2 \longrightarrow R = 2,4 \text{ nm.}$$

- gebruik van  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$  1
- omrekenen van J naar eV 1
- consequent aflezen van  $R^{-2}$  in figuur 6 (met een marge van  $0,02 \text{ nm}^{-2}$ ) 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

*Opmerkingen*

- *Als de kandidaat  $E_{\text{gap}}$  bepaalt door extrapoleren van de grafiek naar  $R^{-2} = 0$  en vervolgens bij de berekening gebruik maakt van een foutief antwoord uit vraag 9, dit niet aanrekenen.*
- *Als de kandidaat de golflengte omzet in een energie met behulp van het informatieboek, kunnen scorepunt 1 (en eventueel 2) toegekend worden.*



## Practicum warmtestraling

### 11 maximumscore 4

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

voorbeeld van een antwoord:

Voor de doorsnede van de draad geldt:

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot (4,0 \cdot 10^{-5})^2 = 1,26 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2.$$

Voor de weerstand van de draad geldt dan:

$$R = \rho \frac{\ell}{A} = 0,45 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,35}{1,26 \cdot 10^{-9}} = 1,25 \cdot 10^2 \text{ } \Omega.$$

Voor het opgenomen elektrische vermogen geldt dan:

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{120^2}{1,25 \cdot 10^2} = 1,1 \cdot 10^2 \text{ W.}$$

- gebruik van  $A = \frac{1}{4} \pi d^2$  1
- gebruik van  $R = \rho \frac{\ell}{A}$  met opzoeken van  $\rho$  1
- inzicht dat  $P = \frac{U^2}{R}$  / gebruik van  $P = UI$  en  $U = IR$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

*ScienceData geeft  $\rho = 50 \cdot 10^{-8} \text{ } \Omega \text{ m}$ . Dat geeft  $P = 1,0 \cdot 10^2$  W.*

### 12 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De weerstandstemperatuurcoëfficiënt voor constantaan is  $0,05 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .

De factor waarmee  $\rho_0$  vermenigvuldigd wordt is

$$1 + \alpha(T - T_0).$$

Invullen levert  $1 + 0,05 \cdot 10^{-3} (300 - 20) = 1,014$ .

De toename is dus 1,4 %. Deze waarde is kleiner dan 5%. Tess heeft dus gelijk.

- opzoeken van de waarde voor de weerstandstemperatuurcoëfficiënt 1
- inzicht dat de factor  $1 + \alpha(T - T_0)$  / de toename  $\alpha(T - T_0)$  berekend moet worden 1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

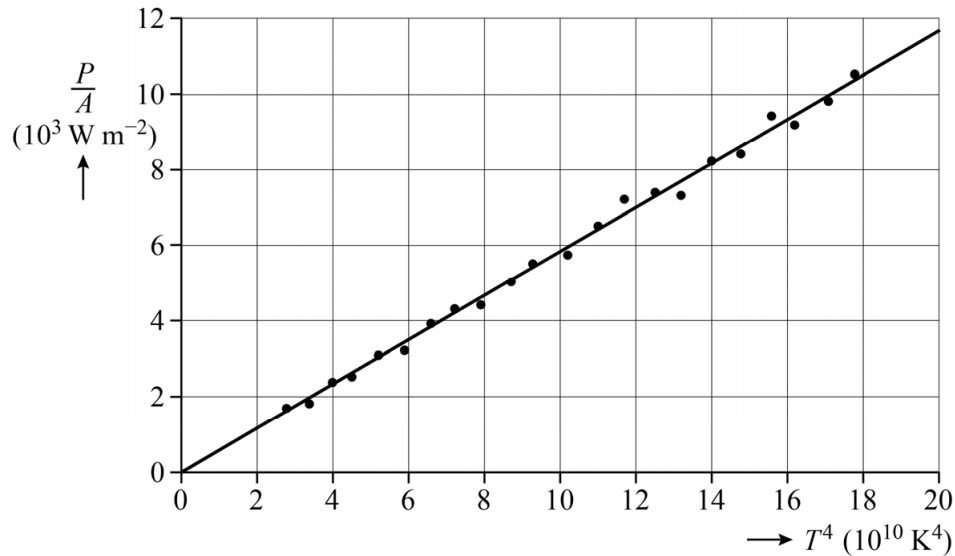
*Opmerking*

*ScienceData geeft voor de weerstandstemperatuurcoëfficiënt  $\alpha = 0,02 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ . De factor wordt dan 1,0056.*

## 13 maximumscore 5

uitkomst:  $\sigma = 5,8 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$  (met een marge van  $0,2 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ )

voorbeeld van een antwoord:



- Een rechte lijn door de oorsprong duidt op een recht evenredig verband tussen beide grootheden langs de assen.

Het verband tussen het stralingsvermogen en de temperatuur wordt gegeven door de wet van Stefan-Boltzmann:  $P = \sigma AT^4$

Ofwel:  $\frac{P}{A} = \sigma T^4$ . Dus  $\frac{P}{A}$  is recht evenredig met  $T^4$ . De bijbehorende grafiek zal dus een rechte lijn door de oorsprong zijn.

- De helling van de lijn is gelijk aan de constante van Stefan-Boltzmann  $\sigma$ .

$$\text{Dit geeft: } \sigma = \frac{\Delta\left(\frac{P}{A}\right)}{\Delta(T^4)} = \frac{11,6 \cdot 10^3}{20,0 \cdot 10^{10}} = 5,8 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}.$$

- inzicht dat een recht evenredig verband een rechte lijn door de oorsprong oplevert 1
- inzicht dat uit de wet van Stefan-Boltzmann volgt dat  $\frac{P}{A}$  recht evenredig is met  $T^4$  1
- tekenen van een rechte lijn door de oorsprong en passend bij de meetpunten 1
- inzicht dat de helling van de lijn gelijk is aan  $\sigma$  1
- completeren van de bepaling en significantie 1

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

**14 maximumscore 3**

uitkomst:  $\lambda_{\max} = 4,42 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

voorbeeld van een antwoord:

Met behulp van de wet van Wien kan de golflengte berekend worden waarbij er sprake is van de maximale stralingsintensiteit bij een temperatuur van  $383 \text{ }^\circ\text{C} = 656 \text{ K}$ .

Er geldt:  $\lambda_{\max} T = k_W$ .

Invullen geeft:  $\lambda_{\max} \cdot 656 = 2,898 \cdot 10^{-3} \rightarrow \lambda_{\max} = 4,42 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ .

- gebruik van  $\lambda_{\max} T = k_W$  1
- omrekenen van  $^\circ\text{C}$  naar K 1
- completeren van de berekening en significantie 1

**15 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:

Volgens de kwadratenwet is  $I$  evenredig met  $\frac{1}{x^2}$ , dus  $\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{x_2}{x_1}\right)^2$ .

Invullen van de eerste en de laatste meting geeft:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{4810}{620} = 7,76$$

en

$$\left(\frac{x_2}{x_1}\right)^2 = \left(\frac{70}{40}\right)^2 = 3,1.$$

Deze verhoudingen zijn niet gelijk, dus geldt hier de kwadratenwet niet.

- inzicht dat de kwadratenwet betekent dat  $I$  evenredig is met  $x^{-2}$  1
- inzicht dat de verhouding van twee intensiteitsmetingen berekend moet worden 1
- inzicht dat de verhouding van de bijbehorende afstanden berekend moet worden 1
- completeren van de berekeningen en consequente conclusie 1

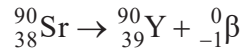
*opmerking:*

*als de kandidaat het eerste scorepunt niet behaald heeft kan ook het laatste scorepunt niet toegekend worden*

## Om het hoekje

### 16 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- alleen een bètadeeltje en Y-90 rechts van de pijl 1
- alleen Sr links van de pijl mits verkregen via kloppende atoomnummers 1
- aantal nucleonen links en rechts gelijk 1

### 17 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

Y-90 (of een eventuele andere dochterkern is zelf instabiel en) vervalt onder uitzending van (onder andere) gammastraling.

- inzicht dat gammastraling afkomstig is van Y-90 of een andere dochterkern 1

### 18 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De richting van de stroom is tegengesteld aan de richting van de beweging van de  $\beta^-$ -deeltjes. De lorentzkracht zorgt voor een afbuiging van de  $\beta^-$ -deeltjes. Toepassen van een richtingsregel geeft dat de magnetische veldlijnen van R naar L lopen. De noordpool moet zich dus bevinden op plaats R.

- inzicht dat de richting van de stroom tegengesteld is aan die van de deeltjes / inzicht dat de deeltjes een negatieve lading hebben 1
- inzicht in de richting van de lorentzkracht 1
- benoemen van een richtingsregel / inzicht in de richting van de magnetische veldlijnen en consequente conclusie 1

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

**19 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt dat  $F_{\text{mpz}} = F_{\text{L}}$ , met  $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$  en  $F_{\text{L}} = Bqv$ . Invullen en

omschrijven geeft  $v = \frac{Bqr}{m}$ .

- inzicht dat  $F_{\text{mpz}} = F_{\text{L}}$  1
- gebruik van  $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$  en  $F_{\text{L}} = Bqv$  1
- completeren van de afleiding 1

**20 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt volgens formule (1):  $v = \frac{Bqr}{m}$ .

Invullen geeft:  $v = \frac{0,1 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,20}{9,1 \cdot 10^{-31}} = 4 \cdot 10^9 \text{ m s}^{-1}$ .

Deze snelheid is veel groter dan de lichtsnelheid. Er moet dus rekening gehouden worden met relativistische effecten.

- gebruik van  $v = \frac{Bqr}{m}$  met opzoeken van  $q$  en  $m$  1
- completeren van de berekening 1
- vergelijken met de lichtsnelheid en consequente conclusie 1

**21 maximumscore 1**

voorbeeld van een antwoord:

In de eerste meetreeks wordt de achtergrondstraling gemeten.

**22 maximumscore 1**

voorbeeld van een antwoord:

Door botsingen met luchtmoleculen kunnen bètadeeltjes via een omweg de GM-sensor bereiken.

*Opmerking*

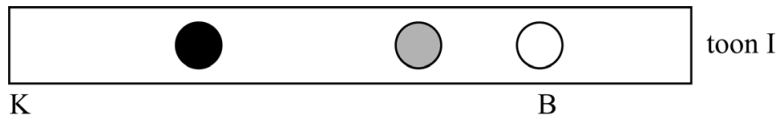
*Voor alleen het noemen van gammastraling als oorzaak het scorepunt niet toekennen.*

## Speciale fluit

### 23 maximumscore 6

voorbeeld van een antwoord:

–



Er geldt:  $v = f\lambda$ . Omschrijven en invullen geeft:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343}{6,0 \cdot 10^2} = 0,572 \text{ m. Dus geldt voor de afstand van het uiteinde}$$

van de buis tot de buik:  $\frac{1}{4}\lambda = \frac{1}{4} \cdot 0,572 = 0,143 \text{ m.}$

Omdat het plaatje op schaal 1 : 2 getekend is, ligt in de figuur de buik op 7,1 cm van het gesloten uiteinde met de knoop K.

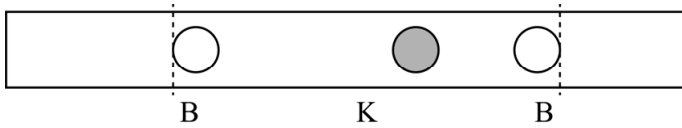
- Bij toon II is de afstand van het gesloten uiteinde tot het open gat kleiner dan bij toon I. De golflengte van toon II zal daarom kleiner zijn dan de golflengte van toon I. De frequentie van toon II is dus hoger dan die van toon I.

- gebruik van  $v = f\lambda$  en opzoeken van  $v_{\text{geluid}}$  1
- inzicht dat de afstand van buik tot knoop gelijk is aan  $\frac{1}{4}\lambda$  1
- gebruik van de schaalfactor 1
- completeren van de berekening en consequent aangeven van B 1
- inzicht dat de afstand van de knoop tot het open gat bij toon II kleiner is 1
- consequente conclusie over de frequentie 1

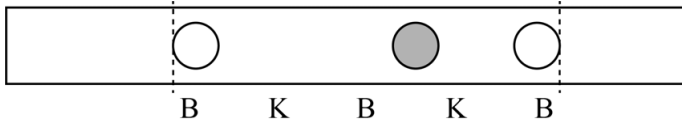
Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**24 maximumscore 3**

voorbeelden van een antwoord:



of



- in de buurt van beide open gaten bevindt zich een buik 1
- een afwisseling van knopen en buiken in het gebied tussen de stippellijnen 1
- inzicht dat de onderlinge afstanden tussen alle knopen en buiken gelijk zijn 1

**25 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Als de temperatuur stijgt, neemt de geluidssnelheid toe. (De golflengte in de fluit blijft constant.) Volgens  $v = \lambda f$  zal de frequentie en dus de toonhoogte toenemen.

- inzicht in toenemende geluidssnelheid bij toenemende temperatuur 1
- gebruik van  $v = \lambda f$  / inzicht dat  $v$  evenredig is met  $f$  1
- consequente conclusie ten aanzien van de toonhoogte 1