

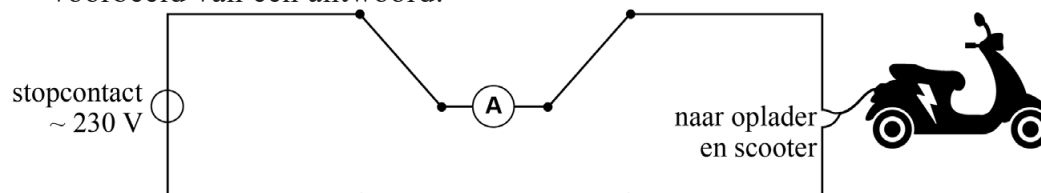
# Beoordelingsmodel

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

## Elektrische scooter

### 1 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:



stroommeter in serie met de oplader geplaatst en schakeling gecompleteerd

*Opmerking*

*Als bijvoorbeeld door het tekenen van extra verbindingen een niet-werkende schakeling is ontstaan: geen punten toekennen.*

### 2 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor de energie om de accu op te laden geldt  $E = QU$ .

Het oppervlak onder de  $(I, t)$ -grafiek geeft de totale lading  $Q$  in C. Dit oppervlak kan bepaald worden met drie rechthoeken:

$$1,15 \cdot 2,0 \cdot 3600 + 1,25 \cdot 2,0 \cdot 3600 + 0,48 \cdot 1,7 \cdot 3600 = 2,02 \cdot 10^4 \text{ C.}$$

$$\text{Invullen geeft } E = 230 \cdot 2,1 \cdot 10^4 = 4,65 \cdot 10^6 \text{ J} = 1,3 \text{ kWh.}$$

- inzicht dat geldt  $E = IU t$  1
- inzicht dat het oppervlak onder de grafiek gelijk is aan  $It$  1
- completeren van de bepaling 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat de eenheid niet noteert, dit niet aanrekenen.*

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

**3 maximumscore 4**

uitkomst:  $\eta = 0,87$  (= 87%)

voorbeeld van een antwoord:

Er is 1,3 kWh nodig om de accu van 35% tot 100% op te laden. Om de accu van 0% tot 100% op te laden geldt dus:  $E_{\text{nodig}} = \frac{1,3}{0,65} = 2,0$  kWh.

Het rendement van het opladen is  $\eta = \frac{E_{\text{opgeslagen}}}{E_{\text{nodig}}} = \frac{1,74}{2,0} = 0,87$ .

- toepassen van de factor 0,65 1
- inzicht dat  $\eta = \frac{E_{\text{opgeslagen}}}{E_{\text{nodig}}}$  1
- completeren van de berekening 1
- significantie 1

**4 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Uit figuur 3 blijkt dat  $s_{\text{heen}}$  consequent kleiner is dan  $s_{\text{terug}}$ . De tegenwind levert een extra remkracht, waardoor de remweg korter is bij tegenwind. Dat betekent dat hij op de heenweg wind tegen had.

- inzicht dat  $s_{\text{heen}}$  consequent kleiner is dan  $s_{\text{terug}}$  1
- inzicht dat de tegenwind een extra remkracht levert en consequente conclusie 1

**5 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

De luchtweerstandskracht is afhankelijk van de snelheid. Mees gebruikt alleen de meetwaarden bij lage kinetische energieën (en dus lage snelheden) om de invloed van de luchtweerstandskracht zo klein mogelijk te houden.

- inzicht dat de luchtweerstandskracht zo laag mogelijk moet zijn 1
- inzicht dat bij lage kinetische energieën de luchtweerstandskracht klein is 1

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

**6 maximumscore 2**

uitkomst:  $F_{w,rol} = 25 \text{ N}$

voorbeeld van een antwoord:

Uit de wet van arbeid en kinetische energie volgt dat  $\Sigma W = \Delta E_k$ . De arbeid wordt hier geleverd door de weerstand:  $W = F_w s$ . Omschrijven en invullen

geeft  $F_w = \frac{W}{s} = \frac{\Delta E_k}{s}$ .

De steilheid van de trendlijn door de eerste punten van de grafiek geeft daarom de rolweerstandskracht.

$$F_{w,rol} = \left( \frac{\Delta E_k}{\Delta s_{gem}} \right)_{trendlijn} = \frac{500}{20} = 25 \text{ N}$$

- inzicht dat  $F_w = \frac{W}{s} = \frac{\Delta E_k}{s}$  1
- completeren van de bepaling en significantie 1

**7 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt:  $k = \frac{F_{w,lucht}}{v^2}$ . Invullen van de eenheden voor  $F_{w,lucht}$  en  $v$  geeft

$$[k] = \frac{\text{kg m s}^{-2}}{\text{m}^2 \text{ s}^{-2}} = \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- inzicht dat geldt  $[k] = \frac{[F]}{[v]^2}$  1
- inzicht dat  $[F] = \text{kg m s}^{-2}$  1
- completeren van de afleiding 1

**8 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:

Uit de rechterfiguur op de uitwerkbijlage volgt het frontale oppervlak A:

$$50 \text{ hokjes} \times 0,1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} = 0,5 \text{ m}^2.$$

Er geldt  $F_{w,lucht} = \frac{1}{2} \rho c_w A v^2$  met  $\rho = 1,3 \text{ kg m}^{-3}$  voor lucht en  $c_w = 1,2$ .

Omschrijven en invullen geeft  $k = \frac{1}{2} \rho c_w A = \frac{1}{2} \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 0,5 = 0,4$

- inzicht dat het frontaal oppervlak volgt uit het oppervlak van de rechterfiguur 1
- toepassen van een methode om dit oppervlak te bepalen 1
- inzicht dat  $k = \frac{1}{2} \rho c_w A$  en opzoeken van  $\rho$  1
- completeren van de bepaling 1

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

**9 maximumscore 3**

uitkomst: ondergrens  $v = 49,3 \text{ (km h}^{-1}\text{)}$  (met een marge van  $0,7 \text{ km h}^{-1}$ )

bovengrens  $v = 53,3 \text{ (km h}^{-1}\text{)}$  (met een marge van  $0,7 \text{ km h}^{-1}$ )

voorbeeld van een antwoord:

Het vermogen van de motor is  $1,5 \text{ kW}$ . De bovengrens voor de maximale snelheid is  $14,8 \text{ m/s} = 53,3 \text{ km/h}$  en de ondergrens is  $13,7 \text{ m/s} = 49,3 \text{ km/h}$ .

- inzicht dat  $k = 0,4$  impliceert dat de waarde ligt tussen  $0,35$  en  $0,45$  1
- inzicht dat bij  $P = 1,5 \cdot 10^3 \text{ W}$  twee snelheden afgelezen moeten worden 1
- completeren van de bepalingen en significantie 1

## Lise Meitner

### 10 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

$\alpha$ -verval leidt tot een afname van twee van het atoomnummer van de dochterkern. Bij  $\beta^-$ -verval neemt het atoomnummer toe met één. Omdat er twee keer  $\beta^-$ -verval optreedt en een keer  $\alpha$ -verval tussen Th-A en  $^{208}\text{Pb}$  zal het atoomnummer netto hetzelfde blijven. (Hieruit volgt dat Th-A een isotoop is van het element lood.)

- inzicht dat twee isotopen hetzelfde atoomnummer hebben 1
- inzicht in het effect van  $\alpha$ -verval op het atoomnummer 1
- inzicht in het effect van  $\beta^-$ -verval op het atoomnummer 1

### 11 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De vervalreeks begint bij Thorium-232. Omdat dit isotoop een heel grote halveringstijd heeft ( $1,4 \cdot 10^{10}$  j), zullen continu nieuwe  $\beta^-$ -stralers ontstaan. Daardoor blijven de hoeveelheid en de activiteit van de  $\beta^-$ -stralers constant.

- inzicht dat de halveringstijd van Th-232 heel groot is 1
- inzicht dat de activiteit van Th-232 de activiteit van alle andere isotopen in de vervalreeks bepaalt 1

### 12 maximumscore 4

uitkomst: 7(%)

voorbeeld van een antwoord:

De meest doordringende gammafotonen hebben een energie van 2,63 MeV. De halveringsdikte van straling van 2,63 MeV bij ijzer bedraagt 2,35 cm.

Voor de doorgelaten intensiteit geldt:  $I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{d_{1/2}}}$ . Omschrijven en

invullen geeft  $\frac{I}{I_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{0,11} = 0,93$ . Dus  $100 - 93 = 7\%$  van de vrijgekomen

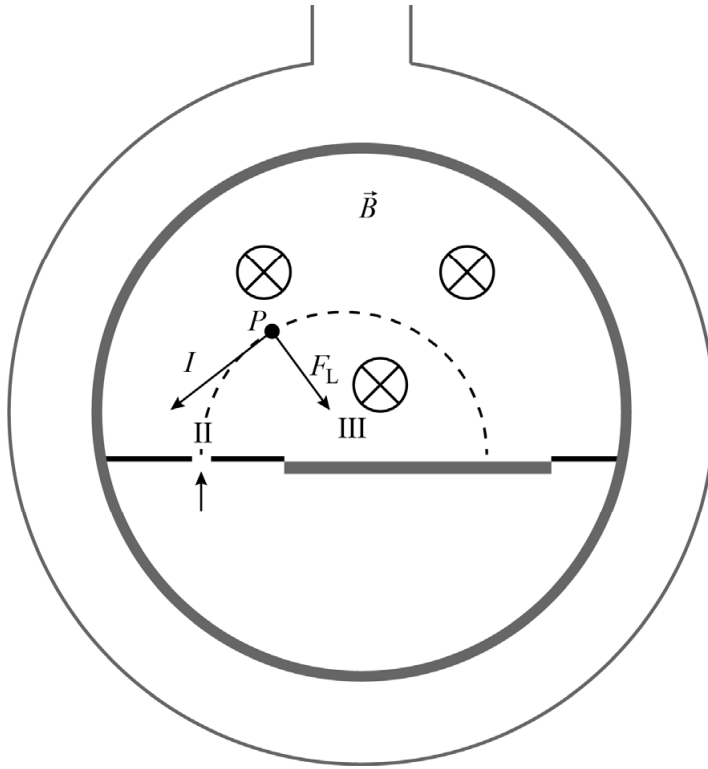
straling wordt tegengehouden.

- inzicht dat het de fotonen betreft met de hoogste energie 1
- bepalen van een consequente halveringsdikte 1
- gebruik van  $I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{d_{1/2}}}$  1
- completeren van de bepaling 1

## 13 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Op het deeltje in punt P werkt een Lorentzkracht, gericht naar het middelpunt van de cirkelvormige baan. Uit de richting van het negatief geladen deeltje en met toepassing van een richtingsregel volgt dat het magnetisch veld het papier in gericht is.



- aangeven van de richting van  $\vec{F}_L$  1
- inzicht in de lading van de bètadeeltjes 1
- gebruik van een richtingsregel en consequent aangeven van de richting van  $\vec{B}$  1

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

**14 maximumscore 5**

voorbeeld van een antwoord:

- Onder invloed van de Lorentzkracht voeren de bètadeeltjes een cirkelbeweging uit. De Lorentzkracht levert de middelpuntzoekende kracht, waardoor geldt:  $F_L = F_{\text{mpz}}$ , dus  $Bqv = \frac{mv^2}{r}$ . Hieruit volgt  $r = \frac{mv}{Bq}$ . Toepassen van  $p = mv$  levert  $r = \frac{p}{Bq}$ .
- Omdat  $B$  en  $q$  constant zijn zullen deeltjes met meer energie, en dus met meer impuls, een grotere cirkelbaan beschrijven, en meer naar rechts op de fotogevoelige plaat terecht komen. Th-B heeft een grotere straal dan Th-A en levert dus de meest energierijke bètadeeltjes.
- inzicht in  $F_L = F_{\text{mpz}}$  1
- gebruik van  $F_L = Bqv$  en  $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$  1
- gebruik van  $p = mv$  en completeren van de afleiding 1
- inzicht in het (rechtevenredige) verband tussen  $p$  en  $r$  (want zowel  $B$  als  $q$  zijn constant) 1
- inzicht dat een deeltje met meer energie ook een hogere impuls heeft en consequente conclusie 1

**15 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

De brede banden in de meetresultaten wijzen er op dat de bètadeeltjes van een  $\beta^-$ -straler niet allemaal dezelfde hoeveelheid energie hebben. Omdat de totale energie die vrijkomt tijdens  $\beta^-$ -verval constant is en de bètadeeltjes niet allemaal dezelfde energie meekrijgen, volgt hieruit dat ook de andere deeltjes niet dezelfde hoeveelheid energie meekrijgen.

- inzicht dat het optreden van de brede banden erop duidt dat niet alle bètadeeltjes dezelfde energie hebben 1
- inzicht dat de energie van het bètadeeltje en neutrino samen constant moet zijn 1

## Dualiteit

### 16 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

(Bij de pijl is een minimum zichtbaar.) Hier treedt destructieve interferentie op.

### 17 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- Om de gewenste buiging te krijgen mogen de openingen een maximale breedte hebben in de orde van grootte van de golflengte van het zichtbare licht. De orde van grootte van de maximale breedte is  $\mu\text{m}$ .
- (Als er geen buiging optreedt kan er ook geen interferentie plaatsvinden.) Zonder interferentie zouden er slechts twee smalle lichte vlekken ontstaan op het scherm, recht achter de twee spleten.

- inzicht dat de openingen een maximale breedte moeten hebben in de orde van grootte van de golflengte van zichtbaar licht 1
- consequente keuze voor  $\mu\text{m}$  1
- noemen van het zichtbaar zijn van twee lichtvlekken op het scherm 1

### 18 maximumscore 5

voorbeeld van een antwoord:

De energie van één foton van 635 nm is gelijk aan

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3,00 \cdot 10^8}{635 \cdot 10^{-9}} = 3,13 \cdot 10^{-19} \text{ J. Een vermogen van } 5 \cdot 10^{-10} \text{ J s}^{-1}$$

komt overeen met  $N = \frac{P}{E_f} = \frac{5 \cdot 10^{-10}}{3,13 \cdot 10^{-19}} = 1,6 \cdot 10^9$  fotonen per seconde. Dat

geeft een gemiddelde afstand tussen twee opeenvolgende fotonen van

$$\frac{c}{N} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^9} = 0,2 \text{ m. Deze afstand is in de orde van grootte van / groter$$

dan de afstand tussen filter en dubbelspleet. (Dus de uitspraak klopt.)

- inzicht dat de afstand tussen filter en dubbelspleet vergeleken moet worden met de gemiddelde afstand tussen de fotonen 1
- gebruik van  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$ , met opzoeken van  $h$  1
- inzicht dat  $N = \frac{P}{E_f}$  1
- inzicht dat  $\Delta x = \frac{c}{N}$  1
- completeren van de berekening 1



Vraag	Antwoord	Scores
<b>19</b>	<p><b>maximumscore 2</b></p> <p>voorbeeld van een antwoord:</p> <p>De telwaarden van deze detectoren kunnen bij elkaar opgeteld worden. De kans dat een foton in de centrale piek terecht komt is gelijk aan deze som gedeeld door het totaal aantal van <math>1,0 \cdot 10^{10}</math> fotonen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• inzicht dat het aantal getelde fotonen in de centrale piek een optelling is van de telwaarden van de afzonderlijke detectoren in de centrale piek</li> <li>• inzicht dat het aantal getelde fotonen in de centrale piek gedeeld moet worden door het totaal aantal gedetecteerde fotonen</li> </ul>	<p>1</p> <p>1</p>
<b>20</b>	<p><b>maximumscore 2</b></p> <p>voorbeeld van een antwoord:</p> <p>De kans om het foton te meten in de centrale piek volgt uit de waarschijnlijkheidsverdeling. Deze is onafhankelijk van het aantal getelde fotonen en is ook al aanwezig bij het allereerste foton. Bente heeft dus geen gelijk.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• inzicht dat de kans om het foton te meten op elk van de detectoren volgt uit de waarschijnlijkheidsverdeling</li> <li>• inzicht dat deze waarschijnlijkheidsverdeling vanaf het begin van het experiment vast ligt/ volgt uit het golfkarakter van licht en consequente conclusie</li> </ul>	<p>1</p> <p>1</p>
<b>21</b>	<p><b>maximumscore 2</b></p> <p>voorbeeld van een antwoord:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Er ontstaat een interferentiepatroon. Het optreden van dit interferentiepatroon wijst op golfgedrag.</li> <li>- Tijdens het kofferexperiment worden fotonen één-voor-één geteld bij de detectoren. Dit discrete gedrag wijst op deeltjesgedrag.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• noemen van een voorbeeld van golfgedrag tijdens het kofferexperiment</li> <li>• noemen van een voorbeeld van deeltjesgedrag tijdens het kofferexperiment</li> </ul>	<p>1</p> <p>1</p>

## Latin American Tower

### 22 maximumscore 3

uitkomst:  $f_{\text{grond}} = 0,274 \text{ Hz}$  (met een marge van 0,003 Hz)

voorbeeld van een antwoord:

Er passen 8 trillingen in 29,25 s. Dat geeft  $T = \frac{29,25}{8} = 3,66 \text{ s}$ . Uit  $f = \frac{1}{T}$

volgt  $f_{\text{grond}} = 0,274 \text{ Hz}$ .

- aflezen van de trillingstijd 1
- gebruik van  $f = \frac{1}{T}$  1
- completeren van de bepaling en significantie 1

### 23 maximumscore 4

uitkomst:  $a_{\text{gem}} = (-)0,39 \text{ ms}^{-2}$  (met een marge van 0,03  $\text{ms}^{-2}$ )

voorbeeld van een antwoord:

Door een raaklijn te tekenen kan de snelheid op  $t = 0,92 \text{ s}$  bepaald worden.

De steilheid van de raaklijn is  $\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-0,20 - 0,20}{1,48 - 0,36} = -0,36 \text{ ms}^{-1}$ . Voor de

gemiddelde versnelling geldt  $a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-0,36}{0,92} = -0,39 \text{ ms}^{-2}$ .

- inzicht dat de helling bepaald moet worden 1
- gebruik van  $v = \left( \frac{\Delta x}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$  op  $t = 0,92 \text{ s}$  1
- gebruik van  $a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ , met inzicht dat  $v = 0$  op  $t = 0$  1
- completeren van de bepaling en significantie 1

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

**24 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Voor een aan één kant ingeklemde linaal geldt:  $l = (2n - 1) \frac{1}{4} \lambda$ . Substitutie,

$v = f \lambda \rightarrow \lambda = \frac{v}{f}$ , leidt tot  $l = \frac{(2n - 1)v}{4f}$ . Dit is om te schrijven tot

$$f = (2n - 1) \frac{v}{4l}.$$

- gebruik van  $l = (2n - 1) \frac{1}{4} \lambda$  en  $v = \lambda f$  1
- completeren van de afleiding 1

**25 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:

Uit formule (1) volgt dat de verhouding tussen de eerste ( $n = 2$ ) en tweede ( $n = 3$ ) boventoon gelijk is aan  $\frac{3}{5} = 0,6$ . Met een marge van 10% moet de

gemeten verhouding dan liggen tussen 0,54 en 0,66. De gemeten

verhouding is  $\frac{0,654}{1,03} = 0,635$ . De verhouding van de eerste en tweede

boventoon van de Latin American Tower komt dus, binnen de marges, overeen met die van een linaal die aan één kant ingeklemd is.

- inzicht in het gebruik van  $n = 2$  en  $n = 3$  1
- inzicht dat  $v$  en  $l$  constant zijn 1
- inzicht dat de verhouding van de frequenties uit de formule vergeleken moet worden met de gemeten verhouding 1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

**26 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Voor een omgekeerd evenredig verband geldt  $xy = \text{constant}$ . De ingevulde tabel wordt:

grondfrequentie (Hz)	hoogte (m)	$f_{\text{grond}}h$ ( $\text{ms}^{-1}$ )
0,5	96	$5 \cdot 10^1$
1,5	32	48
2,5	20	50
4,0	12	48

Het product  $f_{\text{grond}}h$  heeft (binnen de afleesnauwkeurigheid) een constante waarde. Hieruit kan geconcludeerd worden dat er sprake is van een omgekeerd evenredig verband.

- inzicht dat bij een omgekeerd evenredig verband  $f_{\text{grond}}h$  constant is 1
- berekenen van de vier waarden en consequente conclusie 1

*Opmerking*

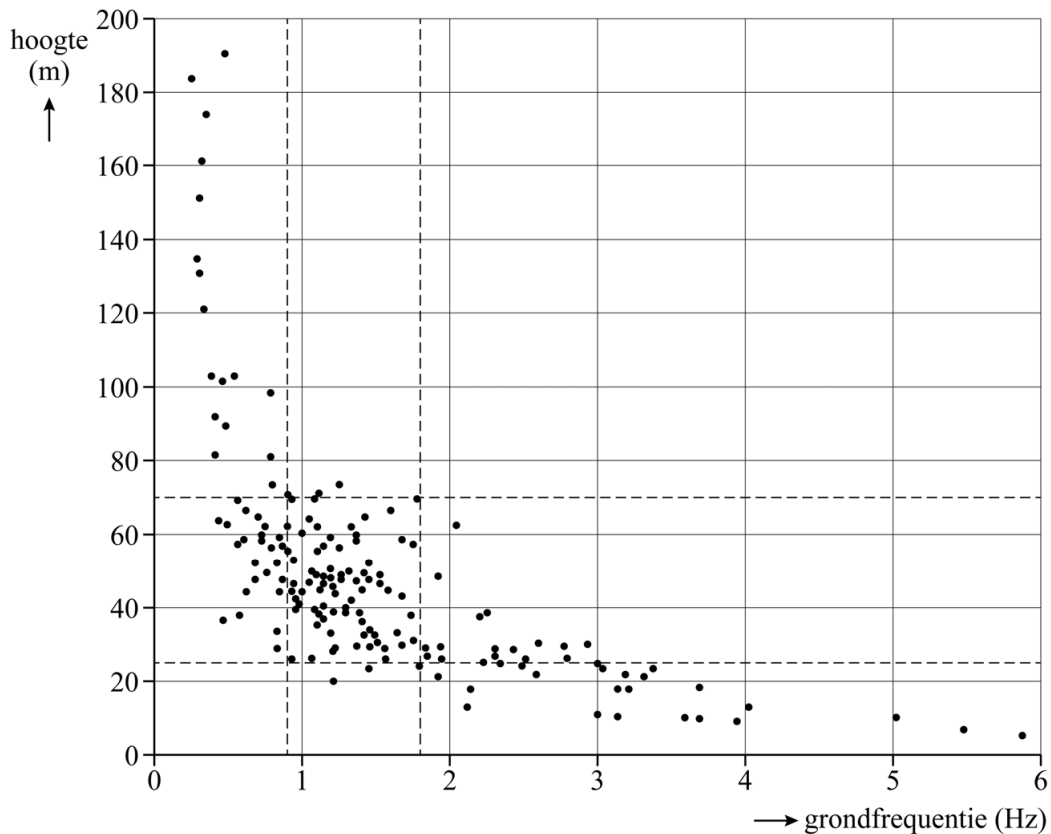
*Als de kandidaat de tabelkop in de derde kolom niet invult, dit niet aanrekenen.*

## 27 maximumscore 3

uitkomst: minimum tussen 0,4 Hz en 1,1 Hz  
 maximum tussen 1,6 Hz en 3,0 Hz

voorbeeld van een antwoord:

De frequentie waarmee de bodem trilt moet samenvallen met de grondfrequentie van de gebouwen tussen 25 m en 70 m (er moet resonantie optreden). Het gebied van grondfrequenties waarbij zowel gebouwen van 25 m als die van 70 m aanwezig zijn loopt van 0,9 Hz tot 1,8 Hz.



- inzicht dat de grondfrequentie van de (beschadigde) gebouwen moet samenvallen met de frequentie van de bodem 1
- inzicht dat de minimale grondfrequentie de frequentie is waaronder zich geen gebouwen van 25 m en lager bevinden / dat de maximale grondfrequentie de frequentie is waarboven zich geen gebouwen van 70 m of hoger bevinden 1
- tekenen van de twee verticale lijnen en completeren van de bepaling 1

## Bronvermeldingen

---

Elektrische scooter

alle figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2024

Lise Meitner

figuur 1 Österreichische Zentralbibliothek für Physik & Fachbereichsbibliothek Chemie

overige figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2024

Dualiteit

alle figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2024

Latin American Tower

figuur 1 Shutterstock ID: 528612772

overige figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2024