

Beoordelingsmodel

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

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

Muziekdoos

1 maximumscore 3

uitkomst: $v = 4 \cdot 10^{-3} \text{ ms}^{-1}$ ($2,5 \cdot 10^{-3} \text{ ms}^{-1} \leq v < 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ ms}^{-1}$)

voorbeeld van een antwoord:

In de figuur is te zien dat de diameter van de rol ongeveer gelijk is aan de dikte van een vinger. De straal van de rol kan hiermee geschat worden op 1 cm. Voor de baansnelheid geldt dan:

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi \cdot 1 \cdot 10^{-2}}{15} = \frac{6,3 \cdot 10^{-2}}{15} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ ms}^{-1}.$$

- gebruik van $v = \frac{2\pi r}{T}$ 1
- beredeneerde schatting van de straal of de diameter van de rol 1
- completeren van de schatting 1

2 C

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

3 maximumscore 3

uitkomst: $f = 3,5 \cdot 10^2$ Hz (met een marge van $0,1 \cdot 10^2$ Hz)

voorbeeld van een antwoord:

methode 1

– Er worden 3 trillingen geproduceerd in $8,6 \cdot 10^{-3}$ s,

$$\text{dus } T = \frac{8,6 \cdot 10^{-3}}{3} = 2,87 \cdot 10^{-3} \text{ s.}$$

Voor de frequentie geldt: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,87 \cdot 10^{-3}} = 3,5 \cdot 10^2$ Hz.

– fl of f'

- inzicht dat geldt $T = \frac{\text{benodigde tijd}}{\text{aantal trillingen}}$ en $f = \frac{1}{T}$ 1
- completeren van de bepaling en significantie 1
- consequente keuze voor de muzieknoot 1

of

methode 2

– Er worden 3 trillingen geproduceerd in $8,6 \cdot 10^{-3}$ s,

$$\text{dus } f = \frac{3}{8,6 \cdot 10^{-3}} = 3,5 \cdot 10^2 \text{ Hz.}$$

– fl of f'

- inzicht dat geldt $f = \frac{\text{aantal trillingen}}{\text{benodigde tijd}}$ 1
- completeren van de bepaling en significantie 1
- consequente keuze voor de muzieknoot 1

4 maximumscore 2

Om de tijdsduur van één volledige trilling van de strip met een fotocamera te bepalen, is **meer dan** één foto per trilling nodig.

De beeldfrequentie van de camera moet dan **hoger zijn dan** de frequentie van de trillende strip.

- eerste zin goed 1
- tweede zin consequent met de eerste 1

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

5 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De frequentie van de toon van 'London Bridge' is lager, de trillingstijd T is

dan hoger. Uit $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$ volgt dat (bij gelijke C) de massa m dan groter

is.

- inzicht dat de lagere toon een kleinere frequentie of grotere trillingstijd heeft 1
- een uit de formule van een massa-veersysteem volgende consequente conclusie over de massa 1

Opmerking

Wanneer alleen is aangegeven dat een zwaardere strip een lagere toon geeft, geen scorepunten toekennen.

New Horizons

6 maximumscore 1

Op positie 1.

7 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

$$\text{Er geldt: } F_g = F_{\text{mpz}} \rightarrow G \frac{mM}{r^2} = \frac{mv^2}{r}.$$

Hieruit volgt:

$$\text{Binas: } v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 0,0131 \cdot 10^{24}}{12,5 \cdot 10^6}} = 2,64 \cdot 10^2 \text{ ms}^{-1}.$$

$$\text{Sciencedata: } v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 0,0130 \cdot 10^{24}}{12,5 \cdot 10^6}} = 2,63 \cdot 10^2 \text{ ms}^{-1}.$$

(Dit klopt met de snelheid die de ontwerpers hebben gevonden.)

- inzicht dat $F_g = F_{\text{mpz}}$ 1
- gebruik van $F_g = G \frac{mM}{r^2}$ met opzoeken M_{Pluto} en G 1
- gebruik van $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$ 1
- completeren van de berekening 1

Opmerkingen

- Wanneer de eenheid niet vermeld is, dit niet aanrekenen.
- De eerste deelscore niet toekennen voor $F_z = F_{\text{mpz}}$.

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

8 maximumscore 4

uitkomst: $m = 3,5 \cdot 10^4$ kg

voorbeeld van een antwoord:

– Voor de arbeid die de raketmotor moet leveren

geldt:

$$W_{\text{motor}} = \Delta E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m (v_c^2 - v_b^2) = \frac{1}{2} \cdot 465 \cdot ((2,6 \cdot 10^2)^2 - (1,2 \cdot 10^4)^2) = (-)3,35 \cdot 10^{10} \text{ J.}$$

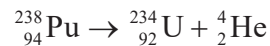
Hiervoor is $\frac{3,35 \cdot 10^{10}}{0,95 \cdot 10^6} = 3,5 \cdot 10^4$ kg hydrazine nodig.

– Door de brandstof is de totale massa bij het begin van het afremmen van NH veel groter dan 465 kg.

- inzicht dat $W_{\text{motor}} = \Delta E_{\text{kin}}$ met $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2$ 1
- inzicht dat $m_{\text{hydrazine}} = \frac{W_{\text{motor}}}{0,95 \cdot 10^6}$ 1
- completeren van de berekening 1
- inzicht dat de totale massa van NH door de brandstof groter is 1

9 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- Pu-238 links en alleen een alfadeeltje als vervaldeeltje rechts van de pijl 1
- U rechts van de pijl (mits verkregen via kloppende atoomnummers) 1
- aantal nucleonen links en rechts gelijk 1

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

10 maximumscore 4

uitkomst: $\Delta t = 120$ jaar
 $m_b = 9,0$ kg

voorbeeld van een antwoord:

- Uit het snijpunt van de raaklijn met de horizontale as volgt dat $\Delta t = 120$ jaar.
- De activiteit bij de lancering is gelijk aan $6,0 \cdot 10^{15}$ Bq. Als deze activiteit constant zou zijn over de tijd, zouden alle Pu-238-deeltjes in 120 jaar volledig zijn omgezet. Hieruit volgt:
 $\Delta N = (-)6,0 \cdot 10^{15} \cdot (120 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600) = 2,27 \cdot 10^{25}$ deeltjes.
Dit komt overeen met een massa van
 $m_{\text{tot}} = \Delta N \cdot m_{\text{Pu-238}} = 2,27 \cdot 10^{25} \cdot 3,95 \cdot 10^{-25} = 9,0$ kg.

- aflezen van Δt (met een marge van 5 jaar) en significantie 1
- inzicht dat $\Delta N = A \cdot \Delta t$ 1
- inzicht dat $m_{\text{tot}} = \Delta N \cdot m_{\text{Pu-238}}$ 1
- completeren van de berekening 1

11 maximumscore 3

uitkomst: $\eta = 0,046$ of 4,6%

voorbeeld van een antwoord:

Het plutonium levert bij de start een vermogen van:

$$P_{\text{Pu-238}} = A \cdot E_{\text{verval}} = 6,0 \cdot 10^{15} \cdot 5,59 \cdot 10^6 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} = 5,37 \cdot 10^3 \text{ W.}$$

Het rendement van de generator is dan:

$$\eta = \frac{P_{\text{elektrisch}}}{P_{\text{Pu-238}}} = \frac{248}{5,37 \cdot 10^3} = 0,046 (= 4,6\%).$$

- inzicht dat $P_{\text{Pu-238}} = A \cdot E_{\text{verval}}$ 1
- inzicht dat $\eta = \frac{P_{\text{elektrisch}}}{P_{\text{Pu-238}}}$ 1
- completeren van de berekening en significantie 1

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

12 maximumscore 3

uitkomst: $t = 2,6 \cdot 10^2$ jaar (met een marge van $0,1 \cdot 10^2$ jaar)

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

Uit de grafiek is te bepalen dat de halveringstijd van Pu-238 gelijk is aan 88 jaar. Het vermogen van de generator halveert met het verstrijken van een halveringstijd. Na 3 halveringstijden is het vermogen gedaald tot 31 W. Dat is na $3 \cdot 88 = 2,6 \cdot 10^2$ jaar.

- inzicht dat $t_{\frac{1}{2}}$ bepaald moet worden 1
- inzicht dat het vermogen van de generator halveert per halveringstijd 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

of

methode 2

Het elektrische vermogen van de energiebron is recht evenredig met de activiteit van de bron en dus het aantal deeltjes in de bron. Als de generator stopt met functioneren is het vermogen van de bron gedaald tot

$$\frac{31}{248} \cdot 100\% = 12,5\% \text{ van het vermogen van de bron bij het begin.}$$

Hieruit volgt dat ook het resterende percentage Pu-238 gelijk is aan 12,5%. Aflezen in de grafiek levert $t = 2,6 \cdot 10^2$ jaar.

- inzicht dat P_{bron} recht evenredig is met het resterende percentage Pu-238 1
- inzicht dat de verhouding $\frac{P_c}{P_b}$ berekend moet worden 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

Lithografie

13 C

14 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De begintemperatuur van het tin is hoger dan het smeltpunt. Het tin gaat dus van vloeibaar naar gasvormig. Er is dus sprake van verdampen.

- inzicht dat het tin bij aanvang vloeibaar is 1
- consequente vermelding van de faseovergang 1

Opmerking

Voor een antwoord zonder toelichting geen scorepunten toekennen.

15 maximumscore 3

uitkomst: $t = 0,13$ s

voorbeeld van een antwoord:

Er zijn $\frac{E_{\text{totaal}}}{E_{\text{puls}}} = \frac{2,5}{1,5 \cdot 10^{-4}} = 1,67 \cdot 10^4$ pulsen nodig. Eén puls duurt $8,0 \cdot 10^{-6}$ s.

De totale tijd van belichten is dan $1,67 \cdot 10^4 \cdot 8,0 \cdot 10^{-6} = 0,13$ s.

- inzicht dat $\frac{E_{\text{totaal}}}{E_{\text{puls}}} = n_{\text{pulsen}}$ 1
- inzicht dat $t = n_{\text{pulsen}} \cdot t_{\text{puls}}$ met $t_{\text{puls}} = 8,0 \cdot 10^{-6}$ s 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking

Wanneer een kandidaat voor t_{puls} de waarde $8 \cdot 10^{-6}$ s noteert, dit niet aanrekenen.

16 maximumscore 4

uitkomst: $\ell = 1,8 \text{ nm} = 1,8 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

voorbeeld van een antwoord:

De golflengte van de nieuwe fotonen is:

$$f = \frac{E_f}{h} = \frac{1,47 \cdot 10^{-17}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 2,22 \cdot 10^{16} \text{ Hz.}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{2,22 \cdot 10^{16}} = 1,35 \cdot 10^{-8} \text{ m.}$$

Voor de minimale breedte van een draad die met het nieuwe proces gemaakt kan worden, geldt:

$$\ell_{\text{nieuw}} = \frac{1,35 \cdot 10^{-8}}{193 \cdot 10^{-9}} \cdot 25 \cdot 10^{-9} = 1,8 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 1,8 \text{ nm.}$$

- gebruik van $E_f = hf$ met opzoeken van h 1
- gebruik van $c = f\lambda$ met opzoeken van c 1
- inzicht dat $\ell_{\text{nieuw}} = \frac{\lambda_{\text{nieuw}}}{\lambda_{\text{oud}}} \cdot \ell_{\text{oud}}$ 1
- completeren van de berekening 1

Stunt in Dubai

17 maximumscore 4

uitkomst: $\eta = 0,8$ of $8 \cdot 10^1 \%$

voorbeeld van een antwoord:

$$\text{Er geldt: } \eta = \frac{E_{\text{McD}}}{E_{\text{blok}}} = \frac{\frac{1}{2} m_{\text{McD}} v^2 + m_{\text{McD}} g h_{\text{McD}}}{m_{\text{blok}} g h_{\text{blok}}}$$

Hieruit volgt:

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} \cdot 85 \cdot 59^2 + 85 \cdot 9,81 \cdot 34}{2,75 \cdot 10^4 \cdot 9,81 \cdot 0,8} = \frac{1,48 \cdot 10^5 + 2,84 \cdot 10^4}{2,2 \cdot 10^5} = 0,8 (= 8 \cdot 10^1 \%)$$

- inzicht dat geldt $\eta = \frac{E_{\text{McD}}}{E_{\text{blok}}}$ en $E_{\text{McD}} = E_{\text{k}} + E_{\text{z}}$ 1
- gebruik van $E_{\text{k}} = \frac{1}{2} m v^2$ 1
- gebruik van $E_{\text{z}} = m g h$ 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Als niet is voldaan aan de eerste deelscore, de laatste deelscore voor completeren ook niet toekennen.

18 maximumscore 2

fase	punt in de grafiek
McDougall komt los van de katapult.	b
McDougall bereikt het hoogste punt.	d
McDougall opent zijn parachute.	e

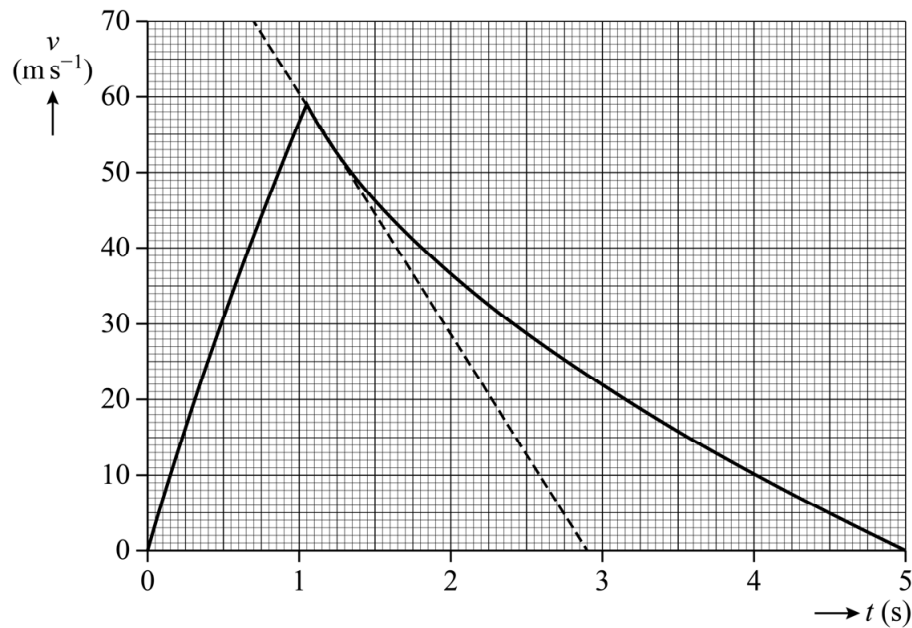
- indien drie antwoorden juist 2
- indien twee antwoorden juist 1
- indien één of geen antwoord juist 0

19 maximumscore 4

uitkomst: $a = (-)32 \text{ m s}^{-2}$ ($28 \text{ m s}^{-2} \leq |a| \leq 46 \text{ m s}^{-2}$)

voorbeeld van een antwoord:

- De versnelling kan bepaald worden met behulp van de raaklijn aan de grafiek, direct na het loskomen van het platform op $t = 1,05 \text{ s}$:



Hieruit volgt:

$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}} = (-) \frac{70}{2,90 - 0,70} = (-)32 \text{ m s}^{-2}.$$

- tekenen van de raaklijn direct na $t = 1,05 \text{ s}$ / aangeven van een relevant recht deel van de grafiek 1
- gebruik van $a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$ 1
- completeren van de bepaling en significantie 1
- voorbeeld van een antwoord:
 - Er werkt (behalve de zwaartekracht ook) luchtweerstand. 1

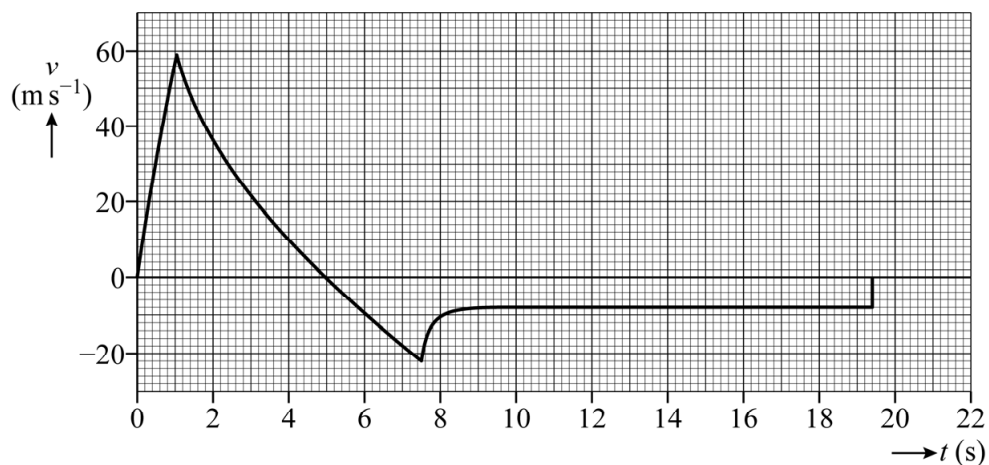
20 maximumscore 5

uitkomst: $s_{5 \rightarrow 10} = 50 \text{ m}$ ($45 \text{ m} \leq s < 55 \text{ m}$)

voorbeeld van een antwoord:

- De afstand kan bepaald worden door het bepalen van het aantal hokjes tussen de grafiek en de t -as. Hieruit volgt dat de afgelegde afstand tussen 5,0 s en 10 s gelijk is aan 50 m.
- McDougall viel met constante snelheid van $(-)\text{8,0 m s}^{-1}$ over een afstand van $125 - 50 = 75 \text{ m}$. Deze val duurde $t_{\text{resterend}} = \frac{s}{v} = \frac{75}{8,0} = 9,4 \text{ s}$.

Hieruit volgt voor de grafiek:



- inzicht dat de afstand bepaald kan worden uit de oppervlakte tussen de grafiek en de t -as 1
- completeren van de bepaling van de afstand 1
- inzicht dat $s_{\text{resterend}} = 125 - s_{5 \rightarrow 10}$ 1
- inzicht dat $s_{\text{resterend}} = vt_{\text{resterend}}$ met $7,5 \text{ m s}^{-1} \leq v < 8,5 \text{ m s}^{-1}$ 1
- completeren van de bepaling van $t_{\text{resterend}}$ en consequent intekenen van een horizontale lijn tot $t_{\text{eind}} = 10 + t_{\text{resterend}}$ (met een marge van 0,5 s) 1

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

21 maximumscore 3

fase	De resulterende kracht is:		
McDougall wordt versneld door de katapult.	naar boven gericht		
McDougall is op het hoogste punt.			naar beneden gericht
McDougall daalt met constante snelheid.		gelijk aan 0 N	
McDougall wordt afgeremd door de grond.	naar boven gericht		

indien vier antwoorden juist	3
indien drie antwoorden juist	2
indien twee antwoorden juist	1
indien één of geen antwoord juist	0

Exploderende draad

22 maximumscore 4

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

Voor de oppervlakte van de doorsnede van de draad geldt:

$$A_{\text{draad}} = \frac{\rho \ell}{R} = \frac{17 \cdot 10^{-9} \cdot 80}{35} = 3,89 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2.$$

Hieruit volgt: $A_{\text{draad}} = 3,89 \cdot 10^{-8} = \pi r^2 \rightarrow r_{\text{draad}} = 1,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}.$

De diameter van de draad is $2 \cdot 1,11 \cdot 10^{-4} = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}.$ Dit is dikker dan een mensenhaar.

of

methode 2

Voor de oppervlakte van de doorsnede van de draad geldt:

$$A_{\text{draad}} = \frac{\rho \ell}{R} = \frac{17 \cdot 10^{-9} \cdot 80}{35} = 3,89 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2.$$

Voor de oppervlakte van de doorsnede van de haar geldt:

$$r_{\text{haar}} = \frac{60 \cdot 10^{-6}}{2} = 30 \cdot 10^{-6} \text{ m} \rightarrow A_{\text{haar}} = \pi r_{\text{haar}}^2 = 2,8 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2.$$

De draad is dus dikker dan een mensenhaar.

- gebruik van $\rho = \frac{RA}{\ell}$ 1
- opzoeken van de soortelijke weerstand van koper 1
- gebruik van $A = \pi r^2$ en juist gebruik van factor 2 1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

Opmerkingen

- *In Sciencedata is $\rho_{\text{koper}} = 16,8 \cdot 10^{-9} \Omega\text{m}.$*
- *Het gebruik van de factor 2 mag ook impliciet.*

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

23 maximumscore 3

uitkomst: $U = 5,0 \cdot 10^5$ V

voorbeeld van een antwoord:

– Omschrijven van $U = IR$ naar $I = \frac{U}{R}$ en dit invullen in $P = UI$ levert:

$$P = \left(\frac{U}{R}\right)U = \frac{U^2}{R}.$$

– Voor deze spanning over de draad geldt:

$$P = \frac{U^2}{R} \rightarrow 7,1 \cdot 10^9 = \frac{U^2}{35} \rightarrow U = \sqrt{7,1 \cdot 10^9 \cdot 35} = 5,0 \cdot 10^5 \text{ V.}$$

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

24 D

25 maximumscore 4

uitkomst: 2 keer

voorbeeld van een antwoord:

De benodigde energie voor de bliksem is gelijk aan

$$E_{\text{bliksem}} = Pt = 7,1 \cdot 10^9 \cdot 1,4 \cdot 10^{-5} = 9,94 \cdot 10^4 \text{ J.}$$

Voor het opladen van de accu is $E_{\text{accu}} = 9,88 \cdot 10^{-3} \text{ kWh} = 3,56 \cdot 10^4 \text{ J}$ nodig.

$$\frac{E_{\text{bliksem}}}{E_{\text{accu}}} = \frac{9,94 \cdot 10^4}{3,56 \cdot 10^4} = 2,8. \text{ Dus de accu kan 2 keer opgeladen worden.}$$

- gebruik van $E = Pt$ 1
- omrekenen van (k)Wh naar J of omgekeerd 1
- inzicht dat voor het aantal keer opladen geldt $\frac{E_{\text{bliksem}}}{E_{\text{accu}}}$ 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Als de uitkomst is gegeven als 2,8 keer of 3 keer opladen, dit goed rekenen.

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

26 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

- Toenemen van de temperatuur betekent dat de deeltjes sneller gingen trillen/bewegen.
- De koperdeeltjes kwamen los uit het rooster. / De koperdeeltjes verloren hun onderlinge vaste positie.

- inzicht in de relatie tussen temperatuur en snelheid van de deeltjes 1
- inzicht dat bij deze faseovergang de koperdeeltjes hun vaste plek ten opzichte van elkaar verliezen 1

27 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De druppels leggen een afstand af van $s = vt = 0,9 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 10^{-4} = 0,09$ m.

Op de foto is te zien dat het publiek op veel grotere afstand dan 0,09 m van de draad af stond, dus de druppels konden het publiek niet bereiken.

- gebruik van $s = vt$ 1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

Bronvermeldingen

Lithografie

figuur 1 bron: Shutterstock stockillustratie-id: 142357873, fotograaf DeSerg

figuur 2 bron: Shutterstock stockillustratie-id: 429155548, fotograaf IuchschénF

figuur 3 bron: Shutterstock stockillustratie-id: 727445440, fotograaf MS Mikel

Stunt in Dubai

figuur 1 bron: Shutterstock stockillustratie-id: 423627184, fotograaf successo images

figuur 2 en 3 bron: fotograaf Jimmy Pouchinotti en stuntman Chris Mcdougall

Exploderende draad

figuur 1 en 2 bron: Bart van Overbeeke Fotografie