

Beoordelingsmodel

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

Fietshelm

1 maximumscore 3

uitkomst: 1,50 m

voorbeeld van een antwoord:

Zwaarte-energie wordt omgezet in kinetische energie. Dus er geldt:

$$\Delta E_z = \Delta E_k.$$

Invullen van de formules voor deze energieën geeft: $mgh = \frac{1}{2}mv^2$, dus

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{5,42^2}{2 \cdot 9,81} = 1,50 \text{ m.}$$

- inzicht in de wet van behoud van energie 1
- gebruik van $E_z = mgh$ en $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 1
- completeren van de berekening 1

2 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Tijdens de botsing ondervindt het hoofd een (gemiddelde) remkracht F_{res}

over een remweg die gelijk is aan 20 mm. De verrichte arbeid is gelijk aan de verandering van de kinetische energie: $W = \Delta E_k$, dus $F_{\text{res}}s = \frac{1}{2}mv^2$. Met

$F_{\text{res}} = ma$ volgt hieruit voor de gemiddelde versnelling van het hoofd:

$$a_{\text{gem}} = \frac{v^2}{2s} = \frac{5,42^2}{2 \cdot 0,020} = 7,3 \cdot 10^2 \text{ ms}^{-2}. \text{ Dit is gelijk aan } 75 \text{ g en dus minder}$$

dan de gestelde norm van 250 g.

- gebruik van $\Sigma W = \Delta E_k$ 1
- gebruik van $W = F_{\text{res}}s$ en $F = ma$ 1
- completeren van de berekening van a 1
- vergelijken van a met de normwaarde 1

Vraag	Antwoord	Scores
<p>3 maximumscore 2</p> <p>voorbeeld van een antwoord:</p> <p>In een (a,t)-diagram is de oppervlakte onder de grafiek gelijk aan de grootte van de snelheidsverandering. (De eindsnelheid is nul, dus de snelheidsverandering is gelijk aan de snelheid waarmee het dummyhoofd de plaat raakt.) Je moet dus de oppervlakten onder beide grafieken bepalen en vergelijken. (Deze blijken dan bij benadering gelijk te zijn aan elkaar.)</p> <ul style="list-style-type: none"> inzicht dat het oppervlak onder een (a,t)-grafiek gelijk is aan de snelheidsverandering inzicht dat beide oppervlakken vergeleken moeten worden 		<p>1</p> <p>1</p>
<p>4 maximumscore 2</p> <p>voorbeeld van een antwoord:</p> <p>In figuur 5 is te zien dat elk van de drie grafieken sterk naar boven afbuigt wanneer de indrukking de 20 mm nadert. De grote kracht die in de buurt van 20 mm optreedt leidt ook tot grote versnellingen. En dit wil je juist voorkomen bij een helm.</p> <ul style="list-style-type: none"> inzicht dat de kracht sterk toeneemt als de indrukking 20 mm nadert inzicht in het verband tussen kracht en versnelling 		<p>1</p> <p>1</p>
<p>5 maximumscore 2</p> <p>uitkomst: $7 \cdot 10^5$ (N m⁻¹)</p> <p>voorbeeld van een antwoord:</p> <p>Voor $x = 0,001$ moeten beide functies aan elkaar gelijk zijn.</p> <p>Invullen in regel 4 geeft: $F_p = \frac{19,8}{(0,020 - 0,001)^{0,9}} = 7,0 \cdot 10^2$ (N)</p> <p>Invullen in regel 2 geeft vervolgens: $7,0 \cdot 10^2 = C \cdot 0,001$</p> <p>Dus $C = 7 \cdot 10^5$ (Nm⁻¹).</p> <ul style="list-style-type: none"> inzicht dat beide functies voor F_p aan elkaar gelijk zijn voor $x = 0,001$ completeren van de berekening 		<p>1</p> <p>1</p>
<p>6 maximumscore 2</p> <p>voorbeeld van een antwoord:</p> $F_{\text{res}} = F_z - F_p$ <ul style="list-style-type: none"> teken voor F_z positief F_z en F_p tegengesteld van teken 		<p>1</p> <p>1</p>

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

7 **maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

De maximale versnelling hangt samen met de grootste steilheid van de grafiek. Het steilste stuk (dus het laatste stuk) van de grafieken van 15 kg m^{-3} en 51 kg m^{-3} zijn steiler dan het steilste stuk van de grafiek van 31 kg m^{-3} . Het piepschuim van 31 kg m^{-3} geeft de kleinste maximale versnelling (en voldoet dus het beste).

- inzicht dat gekeken moet worden naar de maximale steilheid bij elk van de drie grafieklijnen
- consequente conclusie

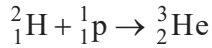
1

1

Deuterium

8 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- deuterium en proton links van de pijl 1
- He rechts van de pijl, mits verkregen via kloppende atoomnummers 1
- aantal nucleonen links en rechts gelijk 1

9 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

$$\text{Er geldt: } E_f = \Delta E_n = E_3 - E_2 = \left(-\frac{13,609}{3^2} \right) - \left(-\frac{13,609}{2^2} \right) = 1,89014 \text{ eV}$$

De golflengte is dan gelijk aan:

$$\lambda = \frac{hc}{E_f} = \frac{6,62607 \cdot 10^{-34} \cdot 2,99792 \cdot 10^8}{1,89014 \cdot 1,60218 \cdot 10^{-19}} = 6,55950 \cdot 10^{-7} = 655,95 \text{ nm}$$

- inzicht dat $E_f = E_3 - E_2$ 1
- gebruik van $E_n = -\frac{13,609}{n^2}$ 1
- gebruik van $E_f = \frac{hc}{\lambda}$ 1
- completeren van de berekening 1

10 maximumscore 5

uitkomst: $8,7 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een antwoord:

- De waargenomen golflengte is groter. Er is dus sprake van roodverschuiving. De Orionnevel beweegt van ons af.
- De dopplerverschuiving is gelijk aan $\Delta\lambda = 656,14 - 655,95 = 0,19 \text{ nm}$.

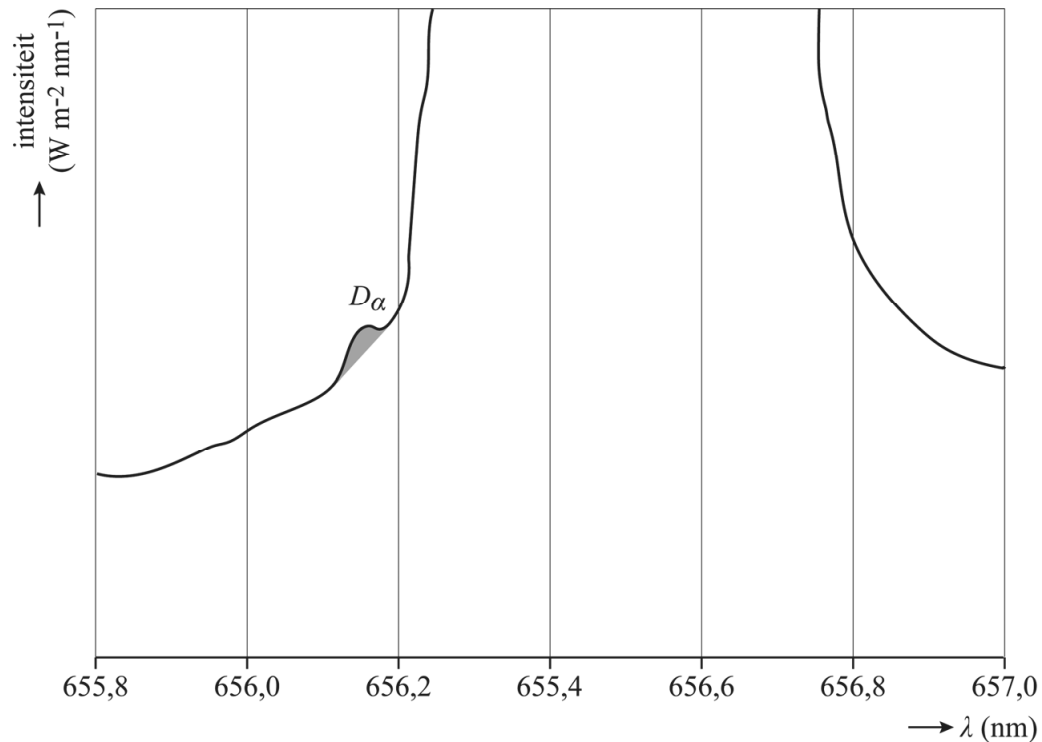
Voor de radiale snelheid geldt dan:

$$v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot c = \frac{0,19}{655,95} \cdot 3,00 \cdot 10^8 = 8,7 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$$

- inzicht dat er sprake is van roodverschuiving 1
- consequente conclusie over de bewegingsrichting 1
- gebruik van $v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot c$ 1
- completeren van de berekening 1
- significantie 1

11 maximumscore 1

Voorbeeld van een antwoord:



12 maximumscore 3

uitkomst: 9 miljard jaar

voorbeeld van een antwoord:

Een kleine halveringstijd betekent een snelle afname. Dus bij de ondergrens hoort de afnamefactor 3.

Voor de afname van het aantal deeltjes geldt: $N(t) = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$.

Invullen geeft: $\frac{N_0}{3} = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{15}{t_{1/2}}}$.

Uitwerken geeft: $t_{1/2} = 9$ miljard jaar.

- inzicht dat de ondergrens voor de halveringstijd overeenkomt met grootste afnamefactor 1
- gebruik van $N(t) = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$, met $N(t) = \frac{N_0}{\text{gekozen factor}}$ 1
- completeren van de berekening 1

Treinwielen

13 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Doordat de wielen en de as een star geheel vormen is de omlooptijd T is voor beide wielen gelijk. Op tijdstip a heeft het linker wiel een grotere straal dan het rechter wiel. Het linker wiel legt dus per omwenteling een grotere afstand af dan het rechter wiel. Dit wiel dus gaat dus sneller in de voorwaartse richting, waardoor de trein naar rechts stuurt.

- inzicht dat de omlooptijd voor beide wielen gelijk is 1
- inzicht dat straal van beide wielen (en dus de snelheid) verschilt 1
- completeren van de uitleg 1

14 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Omschrijven van de formule van Klingel geeft: $\gamma = \frac{2\pi^2 dr_0}{\lambda^2}$, dus voor de

eenheid van γ geldt: $\gamma = \frac{[d][r_0]}{[\lambda^2]} = \frac{\text{m m}}{\text{m}^2} = 1$.

- gebruik van de formule van Klingel met $[d] = [r_0] = [\lambda] = \text{m}$ 1
- completeren van de afleiding 1

15 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor de golflengte geldt volgens de formule van Klingel: $\lambda = 2\pi \sqrt{\frac{d r_0}{2\gamma}}$

Invullen geeft: $\lambda = 2\pi \sqrt{\frac{1,435 \cdot 0,475}{2 \cdot 0,050}} = 16,4 \text{ m}$

Voor de periode geldt dan: $T = \frac{\lambda}{v}$ met $v = \frac{140}{3,6} = 38,9 \text{ ms}^{-1}$.

Invullen geeft: $T = 0,42 \text{ s}$

- gebruik van de formule van Klingel 1
- gebruik van $v = \lambda f$ en $f = \frac{1}{T}$ 1
- completeren van de berekening 1

16 maximumscore 3

uitkomst: 20 km h^{-1} ($5,6 \text{ m s}^{-1}$)

voorbeeld van een antwoord:

Er treedt resonantie op als de trillingstijd gelijk is aan de eigentrilling van het massa-veersysteem:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_{\text{wagon}}}{C_{\text{totaal}}}} = 2\pi \sqrt{\frac{21,5 \cdot 10^3}{1,0 \cdot 10^5}} = 2,91 \text{ s}$$

Voor sinusloop geldt $v = \lambda f$ met $f = \frac{1}{T}$. De golflengte van de sinusloop is

onafhankelijk van de snelheid, dus λ is constant. Er geldt dus: $v_1 T_1 = v_2 T_2$

Invullen geeft: $140 \cdot 0,42 = v_2 \cdot 2,91$. Dus $v_2 = 20 \text{ km h}^{-1}$

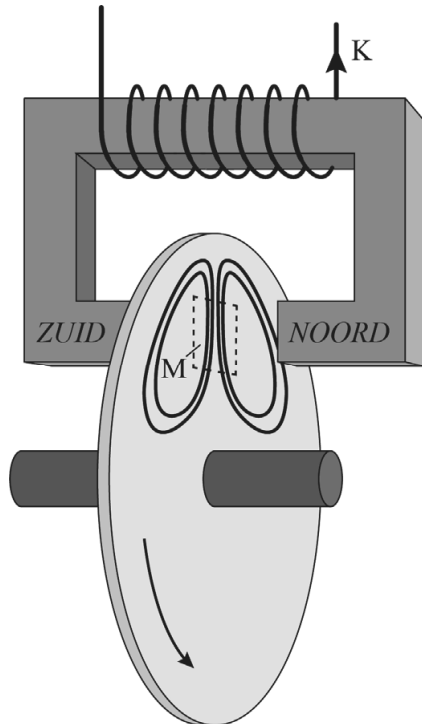
- gebruik van $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{C}}$ 1
- gebruik van $v = \lambda f$ met λ constant / inzicht dat $v_1 T_1 = v_2 T_2$ 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking:

Als de kandidaat bij vraag 15 een foutieve golflengte heeft berekend en hiermee doorrekent, dit niet aanrekenen.

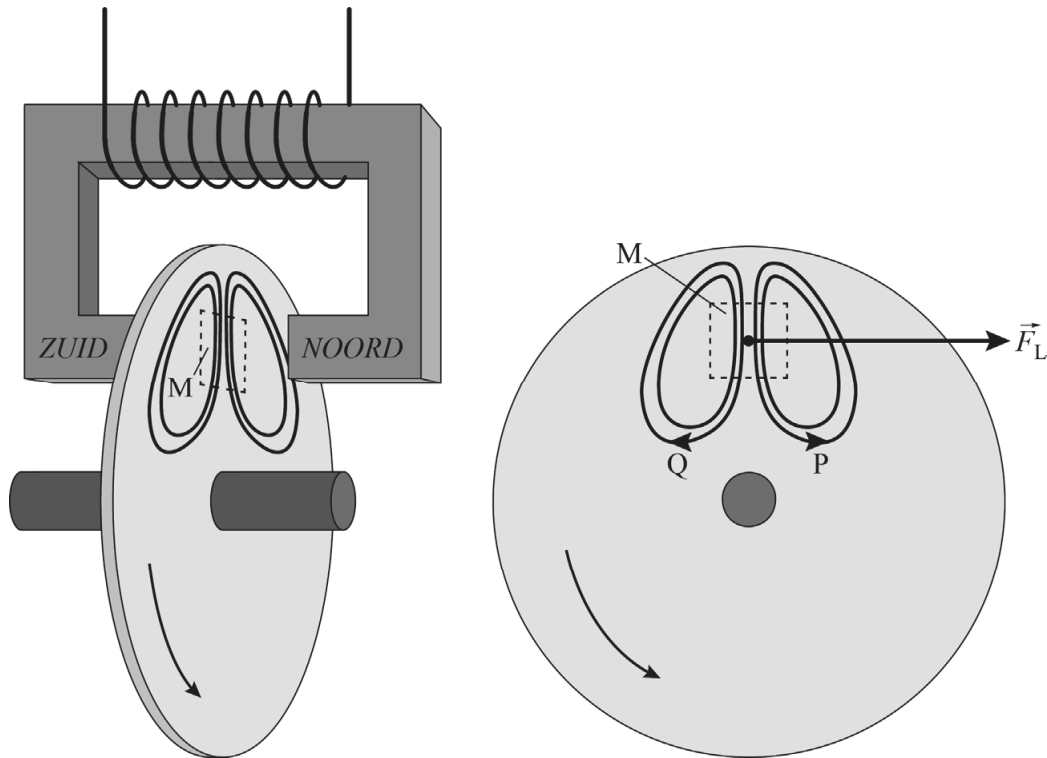
17 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:



18 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:



19 maximumscore 3

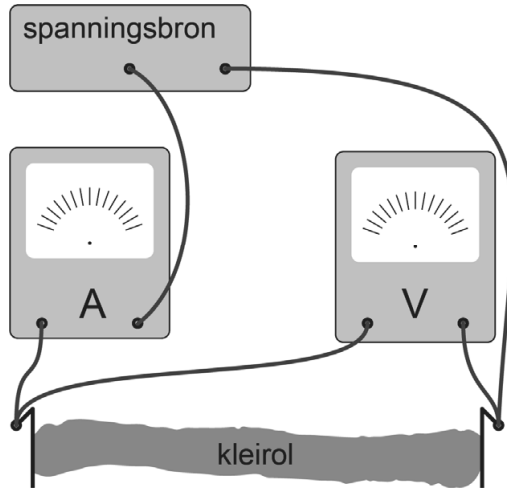
Bij een lagere snelheid (is de lorentzkracht die de elektronen in beweging brengt kleiner en daardoor) ontstaan er minder sterke wervelstromen. De afremmende (lorentz-)kracht zal dus kleiner zijn. Om dit te compenseren moet de magneetveldsterkte dus groter zijn.

- inzicht in het verband tussen de snelheid en de sterkte van de geïnduceerde wervelstromen 1
- inzicht in het verband tussen de sterkte van de wervelstromen en de afremmende kracht 1
- inzicht in het verband tussen de magneetveldsterkte en de afremmende kracht en consequente conclusie 1

Geleidende klei

20 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:



- serieschakeling van spanningsbron, stroommeter en kleirol 1
- spanningsmeter parallel aan de klei 1

Opmerkingen:

- Als bijvoorbeeld door het tekenen van extra verbindingen een niet-werkende schakeling is ontstaan: maximaal 1 punt toekennen.
- Als de kandidaat de spanningsmeter parallel aan de spanningsbron heeft getekend, dit niet aanrekenen

21 maximumscore 5

uitkomst: $0,4 \Omega \text{ m}$

voorbeeld van een berekening:

Voor de soortelijke weerstand geldt $\rho = \frac{RA}{\ell}$, met $R = \frac{U}{I}$ en $A = \frac{1}{4}\pi d^2$

Invullen van de gegevens geeft:

$$A = \frac{1}{4}\pi \cdot 0,04^2 = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ en } R = \frac{12,0}{0,186} = 64,5 \Omega$$

$$\text{Dus } \rho = \frac{RA}{\ell} = \frac{64,5 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3}}{0,21} = 0,4 \Omega \text{ m}$$

- gebruik van $U = IR$ 1
- gebruik van $A = \frac{1}{4}\pi d^2$ / $A = \pi r^2$ met $r = \frac{d}{2}$ 1
- gebruik van $\rho = \frac{RA}{\ell}$ 1
- completeren van de berekening 1
- significantie 1

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

22 maximumscore 3

uitkomst: vier keer zo groot

voorbeeld van een antwoord:

Voor de weerstand van de kleirol geldt: $R = \rho \frac{l}{A}$.

Het volume van de kleirol blijft constant. Hiervoor geldt: $V = Al$, dus $A = \frac{V}{l}$.

Invullen geeft: $R = \rho \frac{l^2}{V}$. Dus als l twee keer zo groot wordt, wordt de weerstand vier keer zo groot.

- inzicht dat R evenredig is met l en $\frac{1}{A}$ 1
- inzicht dat V constant blijft en dat $A = \frac{V}{l}$ 1
- completeren van de redenering 1

Hawkingstraling

23 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Het stralingsvermogen van de ster is $10^{4,5}$ keer zo groot is als dat van de zon. Voor de massaverhouding geldt dan: $\frac{M}{M_{\text{zon}}} = \left(10^{4,5}\right)^{\frac{1}{3,8}} = 15$. Deze ster is meer dan 12 keer zo zwaar als de zon en zal dus eindigen als een zwart gat.

- bepalen van $\frac{P}{P_{\text{zon}}}$ 1
- gebruik van $\frac{P}{P_{\text{zon}}} = \left(\frac{M}{M_{\text{zon}}}\right)^{3,8}$ 1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

24 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

(De kinetische energie aan het begin moet groot genoeg zijn om aan het gravitatieveld te ontsnappen.) Toepassen van de wet van behoud van energie: $(E_{\text{kin}} + E_{\text{g}})_r = (E_{\text{kin}} + E_{\text{g}})_{\infty}$, met $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2$ en $E_{\text{g}} = -G\frac{mM}{r}$.

Invullen geeft: $\frac{1}{2}mv^2 - G\frac{mM}{r} = 0$.

Omschrijven geeft vervolgens: $v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$

- gebruik van de wet van behoud van energie 1
- gebruik van $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2$ en $E_{\text{g}} = -G\frac{mM}{r}$ 1
- completeren van de afleiding 1

25 maximumscore 2

uitkomst: $5,9 \cdot 10^4$ m

voorbeeld van een antwoord:

Voor de schwartzschildstraal geldt formule (2) met $v = c$, Dus: $r_s = \frac{2GM}{c^2}$

Invullen geeft: $r_s = \frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 20 \cdot 1,99 \cdot 10^{30}}{(3,00 \cdot 10^8)^2} = 5,9 \cdot 10^4$ m.

- gebruik van formule (2) met $v = c$ 1
- completeren van de berekening 1

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

26 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

(De massa van een zwart gat is in de orde van 10^{31} kg of groter. Volgens formule (3) is de temperatuur dan in de orde van 10^{-8} K.)

Vanwege de grote massa van een zwart gat is de temperatuur (volgens formule (3)) extreem laag. Hierdoor zal de stralingsintensiteit van het zwarte gat heel laag zijn / Hierdoor zal de bijbehorende λ_{\max} erg groot zijn.

- gebruik van het verband tussen massa en temperatuur 1
- inzicht in het verband tussen de temperatuur en de uitgezonden stralingsintensiteit / λ_{\max} 1

27 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor het uitgestraalde vermogen geldt de wet van Stefan-Boltzmann:

$$P = \sigma AT^4, \text{ met } A = 4\pi r_s^2.$$

Volgens formule (3) geldt: $T \propto M^{-1}$.

Uit formule (2) is af te leiden dat: $r_s \propto M$.

Invullen geeft: $P \propto M^2 (M^{-1})^4$, dus $P \propto M^{-2}$.

- gebruik van $P = \sigma AT^4$, met $A = 4\pi r_s^2$. 1
- inzicht dat geldt $r_s \propto M$ en $T \propto M^{-1}$ 1
- completeren van de bepaling 1

28 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Volgens formule (4) is het uitgestraalde vermogen groter naarmate de massa kleiner is. De uitgestraalde energie per seconde is dan groter en daarmee het massaverlies per seconde. In de loop van de tijd zal de massa van een zwart gat dus steeds sneller afnemen. Grafiek A geeft dus het juiste verband weer.

- gebruik van het verband tussen P en M 1
- gebruik van het verband tussen uitgestraalde energie en massaverlies en consequente conclusie 1

Bronvermeldingen

Fietshelm

figuur 1 Shutterstock ID: 316542686

overige figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2023

Deuterium

figuur 1 Shutterstock ID: 455426386/NASA images

overige figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2023

Treinwielen

alle figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2023

Geleidende klei

figuur 1 Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2023

Hawkingstraling

figuur 1 Shutterstock ID: 1366494671

figuur 2 Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2023