

Beoordelingsmodel

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

Kaval

1 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt:

$$v = f\lambda \rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343}{2 \cdot 0,700} = 245 \text{ Hz}$$

- gebruik van $v = f\lambda$ met opzoeken van v 1
- inzicht dat $\lambda = 2L$ 1
- completeren van de berekening 1

2 maximumscore 4

—

open uiteinden

B	K	B
----------	----------	----------

gesloten uiteinde en open uiteinde

K	B
----------	----------

voorbeeld van een antwoord:

- In de buis met een open en een gesloten uiteinde is de golflengte van de grondtoon langer dan in de buis met twee open uiteinden. Bij de langere golflengte hoort een lagere frequentie. (Het model met een gesloten uiteinde biedt dus geen verklaring voor het verschil tussen berekende en gemeten frequentie.)

- juist patroon in de buis met open uiteinden 1
- juist patroon in de buis met gesloten en open uiteinde 1
- inzicht dat de golflengte in de buis met gesloten uiteinde langer is 1
- consequente conclusie over de frequentie in de buis met gesloten uiteinde 1

Opmerking

Als een patroon alleen is getekend zonder aangeven van knopen K en buiken B, vervalt de bijbehorende deelscore.

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

3 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Om een geluidssnelheid te halen van 387 m s^{-1} moet de temperatuur (ver) boven de 333 K (Binas) / 373 K (Sciencedata) liggen. Deze temperatuur ligt veel hoger dan de temperatuur van de leefomgeving van een mens. (Dit is dus geen goede verklaring.)

- opzoeken van de geluidssnelheid bij 333 K (Binas) of 373 K (SD) 1
- inzicht dat de temperatuur te hoog is 1

4 maximumscore 4

uitkomst: $f_{\text{kaval}} = 2,9 \cdot 10^2 \text{ Hz}$

voorbeeld van een antwoord:

- Uit de verhouding tussen de twee (u,t)-diagrammen volgt:

$$f_{\text{kaval}} = \frac{7,0}{6,0} \cdot 245 = 2,9 \cdot 10^2 \text{ Hz}$$

- De devil holes zorgen ervoor dat de frequentie omhoog gaat. De devil holes kunnen dus inderdaad een aannemelijke verklaring zijn voor het verschil tussen gemeten en berekende laagste toonhoogte van de echte kaval.

- inzicht dat geldt $f_{\text{kaval}} = \frac{n_{\text{kaval}}}{n_{245}} \cdot 245$ 1
- bepalen van het aantal trillingen in een gelijk interval (met een marge van 0,25) of bepalen van de lengte van een gelijk aantal trillingen in beide (u,t)-diagrammen (met een marge van 2 mm) 1
- completeren van de bepaling 1
- consequente conclusie 1

Opmerking

Als een kandidaat constateert dat de frequentie te veel omhoog gaat en daarom de verklaring verwerpt, kan dit wel als consequente conclusie gelden.

Papieren schakelingen

5 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor een zo klein mogelijke weerstand moeten Theo en Rob materiaal kiezen met een zo laag mogelijke soortelijke weerstand. Grafiet heeft een soortelijke weerstand $\rho = 10^{-5} \Omega\text{m}$. Die soortelijke weerstand is veel kleiner dan van het vulmiddel, dus ze moeten een zacht (B) potlood gebruiken.

- inzicht dat de soortelijke weerstand zo klein mogelijk moet zijn 1
- opzoeken van ρ_{grafiet} 1
- consequente conclusie 1

6 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Uit $\rho = \frac{RA}{\ell}$ volgt dat de weerstand R afneemt met het toenemen van de doorsnede A. (Beide lijnen zijn even breed, dus) de dik getekende lijn I heeft de kleinste weerstand.

- inzicht dat uit $\rho = \frac{RA}{\ell}$ volgt dat R afneemt met het toenemen van A 1
- consequente conclusie 1

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

7 maximumscore 5

uitkomst: $R = 2,1 \cdot 10^4 \Omega$

voorbeeld van een antwoord:

Over de potloodlijnen staat een maximale spanning van

$$U_{\text{lijnen}} = U_b - U_{\text{led}} = 9,0 - 1,4 = 7,6 \text{ V.}$$

Over één lijn staat dan een spanning van $\frac{7,6}{2} = 3,8 \text{ V.}$

In een serieschakeling is de stroomsterkte overal gelijk, dus

$$I_{\text{lijn}} = I_{\text{led}} = 0,18 \text{ mA.}$$

Voor de maximale weerstand van één potloodlijn geldt:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{3,8}{0,18 \cdot 10^{-3}} = 2,1 \cdot 10^4 \Omega.$$

- gebruik van $U_b = U_{\text{lijnen}} + U_{\text{led}}$ of $R_{\text{tot}} = R_{\text{lijnen}} + R_{\text{led}}$ 1
- correct gebruik van de factor 2 1
- inzicht dat $I_{\text{lijn}} = I_{\text{led}}$ en aflezen I met een marge van 0,05 mA 1
- gebruik van $U = IR$ 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

Opmerking

Als een kandidaat alleen R_{led} uitrekent en deze interpreteert als R_{lijn} , vervallen de eerste, tweede en vijfde deelscore, maar zijn de derde en vierde deelscore nog wel te behalen.

8 maximumscore 3

uitkomst: $k = 5,0 \cdot 10^2 (\Omega)$

voorbeeld van een antwoord:

$$- [R] = [k] \cdot \frac{[\ell]}{[b]} \rightarrow \Omega = [k] \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}} \rightarrow [k] = \Omega$$

$$- R = k \cdot \frac{\ell}{b} \rightarrow k = R \cdot \frac{b}{\ell} = 1,2 \cdot 10^4 \cdot \frac{0,50 \cdot 10^{-2}}{12 \cdot 10^{-2}} = 5,0 \cdot 10^2 (\Omega)$$

- invullen van correcte eenheden voor R, ℓ en b 1
- completeren van de afleiding 1
- completeren van de berekening 1

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

9 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- schakelschema I
- De tweede led verder van de batterij is in serie met een weerstand parallel aangesloten aan de eerste led dichterbij de batterij. Hierdoor krijgt hij minder spanning/stroom dan de eerste led.

- | | |
|--|---|
| • keuze voor schakelschema I | 1 |
| • inzicht dat de tweede led in serie met een weerstand parallel aan de eerste led is aangesloten | 1 |
| • inzicht dat de tweede led minder spanning/stroom krijgt | 1 |

Coconuts

10 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor de golflengte van de waargenomen straling geldt:

$$\lambda_{\max} = \frac{k_W}{T} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{(160 + 273)} = 6,69 \cdot 10^{-6} \text{ m.}$$

Deze golflengte bevindt zich in het infrarode gebied, dus een camera voor infraroodstraling.

- omrekenen van graden Celsius naar kelvin 1
- gebruik van $\lambda_{\max} T = k_W$ 1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

11 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

COCONUTS-2a staat op een afstand van $35,4 \cdot 9,461 \cdot 10^{15} = 3,349 \cdot 10^{17} \text{ m}$ van de aarde. Uit de hoek volgt voor de afstand tussen ster en exoplaneet:

$$\tan \alpha = \frac{o}{a} \rightarrow r = 3,349 \cdot 10^{17} \cdot \tan(0,165) = 9,65 \cdot 10^{14} \text{ m.}$$

- omrekenen of opzoeken afstand van lichtjaar naar meter 1
- inzicht dat $r = \text{afstand} \cdot \tan \alpha$ 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Als een kandidaat gebruik heeft gemaakt van de sinus, dit niet aanrekenen.

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

12 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt:

De massa van COCONUTS-2a is gelijk aan

$$0,35 \cdot 1,99 \cdot 10^{30} = 6,97 \cdot 10^{29} \text{ kg.}$$

Voor de baansnelheid geldt:

$$F_{\text{mpz}} = F_G \rightarrow \frac{mv^2}{r} = G \frac{mM}{r^2} \rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6,97 \cdot 10^{29}}{9,65 \cdot 10^{14}}}$$

$$= 2,2 \cdot 10^2 \text{ ms}^{-1}.$$

- inzicht dat $F_{\text{mpz}} = F_G$ 1
- opzoeken van de massa van de zon 1
- gebruik van $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$ en $F_G = G \frac{mM}{r^2}$ 1
- completeren van de berekening 1

13 maximumscore 4

uitkomst: $T = 8,7 \cdot 10^5$ (jaren)

voorbeeld van een antwoord:

– Er geldt:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi \cdot 9,65 \cdot 10^{14}}{2,2 \cdot 10^2} = 2,76 \cdot 10^{13} \text{ s.}$$

$$\text{Dit komt overeen met } \frac{2,76 \cdot 10^{13}}{365 \cdot 24 \cdot 3600} = 8,7 \cdot 10^5 \text{ aardse jaren.}$$

- De kans om een overgang waar te nemen is zeer klein door de lange omlooptijd. (De transitmethode is dus niet geschikt om COCONUTS-2b waar te nemen.)

- gebruik van $v = \frac{2\pi r}{T}$ 1
- omrekenen naar jaren en completeren van de berekening 1
- significantie 1
- inzicht dat het te lang duurt voordat de planeet voor de ster is of voordat er verandering in lichtintensiteit zichtbaar is 1

Springende larven

14 maximumscore 4

uitkomst: $v_{\text{gem}} = 0,22 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een antwoord:

Er zijn 5 beeldovergangen. Hieruit volgt voor de tijd:

$$t = 5 \cdot \frac{1}{132} = 0,0379 \text{ s.}$$

Uit de schaal in figuur 1 volgt voor de afgelegde afstand:

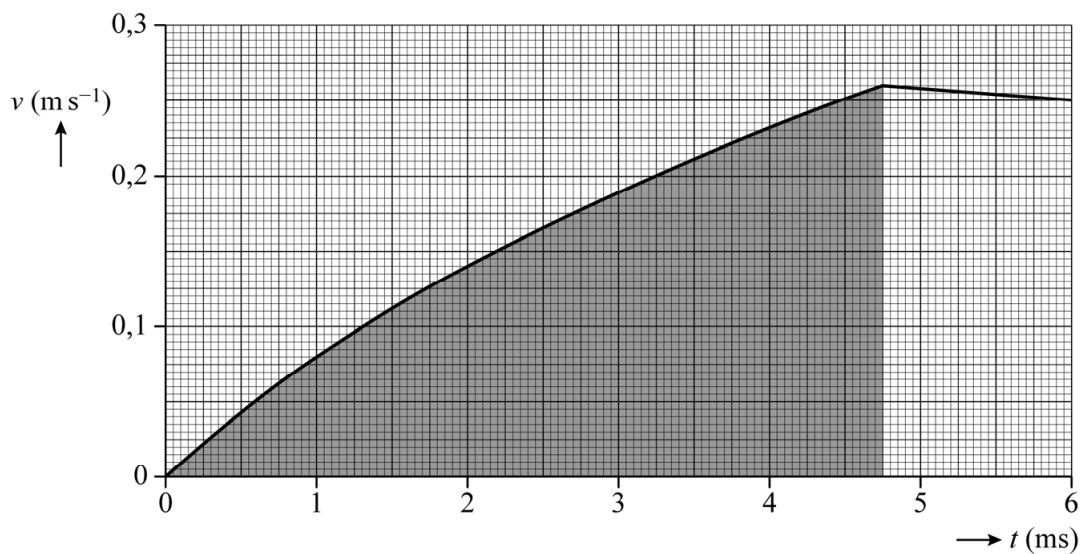
$$\Delta x = \frac{5,4}{3,2} \cdot 5,0 \text{ mm} = 8,4 \text{ mm.}$$

$$\text{Dus: } v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{8,4 \cdot 10^{-3}}{3,79 \cdot 10^{-2}} = 0,22 \text{ ms}^{-1}.$$

- inzicht dat $t = \frac{n_{\text{beeldovergangen}}}{132}$ met $n_{\text{beeldovergangen}} = 5$ 1
- bepalen van Δx (met een marge van 0,3 mm) 1
- gebruik van $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

15 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:



Door de oppervlakte onder de grafiek te bepalen tot het moment dat de snelheid weer gaat afnemen.

- inzicht dat de oppervlakte onder de grafiek bepaald moet worden 1
- in de grafiek markeren van de oppervlakte tussen de oorsprong en het bereiken van het maximum van de grafiek 1

16 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt:

$$W_{\text{tot}} = \Delta E_k \rightarrow F_{\text{res gem}} = \frac{\frac{1}{2}mv_e^2 - \frac{1}{2}mv_b^2}{s} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 1,3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,26^2 - 0}{0,72 \cdot 10^{-3}} = 6,1 \cdot 10^{-5} \text{ N.}$$

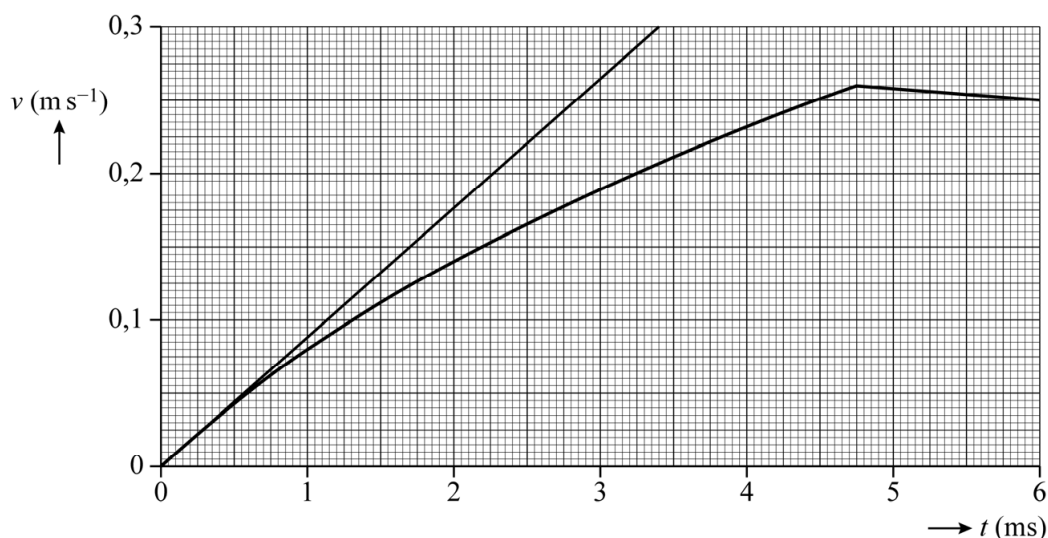
- gebruik van $W_{\text{tot}} = \Delta E_k$ met $W = Fs$ en $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 1
- bepalen van v_e met een marge van $0,01 \text{ ms}^{-1}$ 1
- completeren van de bepaling 1

17 maximumscore 5

uitkomst: $a = 88 \text{ ms}^{-2}$ (binnen het bereik $82 \text{ ms}^{-2} \leq a \leq 120 \text{ ms}^{-2}$)

$$F_{\text{res}} = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

voorbeeld van een antwoord:



$$\text{Er geldt: } a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}} = \frac{0,30}{3,4 \cdot 10^{-3}} = 88 \text{ ms}^{-2}.$$

- Hieruit volgt: $F_{\text{res max}} = ma = 1,3 \cdot 10^{-6} \cdot 88 = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ N}.$
- Volgens het model geldt: $\frac{F_{\text{res max}}}{F_{\text{res gem}}} = 2$

$$\text{Voor de larve geldt: } \frac{F_{\text{res max}}}{F_{\text{res gem}}} = \frac{1,1 \cdot 10^{-4}}{6,1 \cdot 10^{-5}} = 1,8$$

(De larve gedraagt zich binnen de marge van John volgens het model van een veer.)

- tekenen van een raaklijn in het steilste deel van de grafiek 1
- gebruik van $a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$ 1
- gebruik van $F_{\text{res}} = ma$ 1
- inzicht dat $\frac{F_{\text{res max}}}{F_{\text{res gem}}}$ voor de larve vergeleken moet worden met $\frac{F_{\text{res max}}}{F_{\text{res gem}}} = 2$ voor een veer 1
- completeren van bepaling en berekeningen en significantie 1

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

18 maximumscore 4

uitkomst: $n = 2,0$

voorbeeld van een antwoord:

De larve levert een (gemiddeld) vermogen van

$P = F v = 6,1 \cdot 10^{-5} \cdot 0,14 = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ W}$. Het specifieke vermogen van de

larve is dan $\frac{8,5 \cdot 10^{-6}}{1,3 \cdot 10^{-6}} = 6,6 \text{ W kg}^{-1}$.

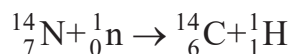
Dit is $\frac{6,6}{3,3} = 2,0$ keer zo groot als dat van een mens.

- gebruik van $P = F v$ 1
- inzicht dat $P_{\text{spec larve}} = \frac{P_{\text{larve}}}{m_{\text{larve}}}$ 1
- inzicht dat $n = \frac{P_{\text{spec larve}}}{P_{\text{spec mens}}}$ 1
- completeren van de berekening 1

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

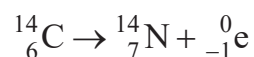
Vervalst schilderij

19 maximumscore 3



- atoomnummer en massagetal van het neutron 1
- aantal nucleonen links en rechts gelijk 1
- som van de atoomnummers links en rechts gelijk en consequente keuze voor het vrijgekomen deeltje 1

20 maximumscore 3



- C-14 links en een bètadeeltje rechts van de pijl 1
- N rechts van de pijl (mits verkregen via kloppende atoomnummers) 1
- aantal nucleonen links en rechts gelijk 1

21 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Na het afsterven van de plant neemt deze geen nieuwe koolstof meer op uit de atmosfeer. C-12 is een stabiele isotoop van koolstof (C-14 is instabiel). Het aandeel C-12 in de plant verandert niet, maar het aandeel C-14 neemt af in de tijd.

- inzicht dat C-12 stabiel is 1
- inzicht dat het aandeel C-14 afneemt na het afsterven van de plant 1

22 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

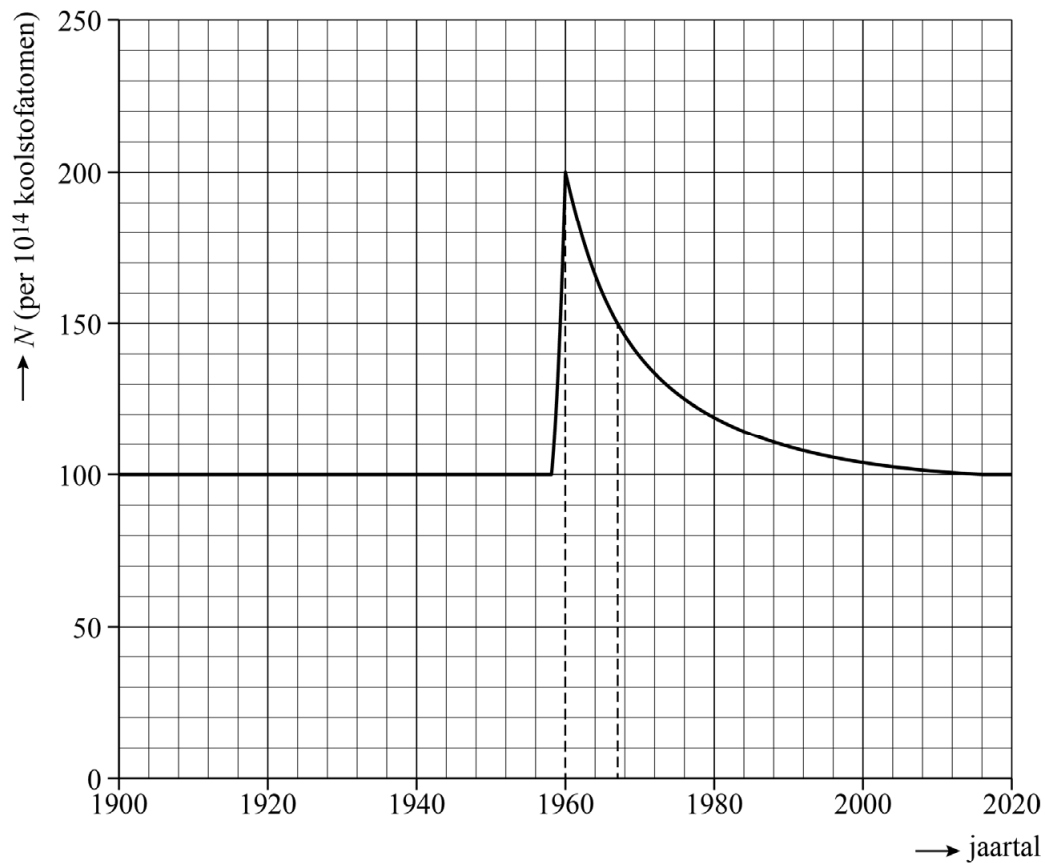
De halveringstijd van C-14 is $5,7 \cdot 10^3$ jaar. In de korte tijd sinds 1960 is dus bijna geen C-14 vervallen.

- opzoeken halveringstijd C-14 1
- inzicht dat sinds het stoppen van de testen bijna geen C-14 is vervallen 1

23 maximumscore 3

uitkomst: $t_{\frac{1}{2}} = 7$ jaar (binnen het bereik $6,5 \text{ jaar} \leq t \leq 9,0 \text{ jaar}$)

voorbeeld van een antwoord:



De achtergrondwaarde is gelijk aan 100. De eerste halvering vindt dus plaats van 200 naar 150. Dit gebeurt in een periode van 7 jaar.

- inzicht dat $N = 100$ de achtergrondwaarde is 1
- aangeven van een voor de halveringstijd relevant deel van de grafiek 1
- completeren van de bepaling 1

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

24 maximumscore 2

uitkomst: 1973 (met een marge van 1 jaar)

voorbeeld van een antwoord:

In het schilderij zijn $1,3 \cdot 100 = 1,3 \cdot 10^2$ deeltjes C-14

(per 10^{14} koolstofatomen) aangetroffen. Dit hoort bij het jaartal 1973.

- | | |
|--|---|
| • inzicht dat $N = 1,3 \cdot 10^2$ | 1 |
| • completeren van de bepaling en consequente conclusie | 1 |

Opmerking

Als een kandidaat het jaartal 1958 benoemt: dit niet aanrekenen.

Bronvermeldingen

Kaval

figuur 1 Shutterstock 1564802521, door Elkhophoto

Coconuts

figuur 1 https://commons.wikimedia.org/wiki/File:COCONUTS-2_system_unWISE.png
door unWISE NEO7 (Meisner et al.), 2022

Springende larven

figuur 1 Bewerking uit 'A novel power-amplified jumping behavior in larval beetles',
door Takahiro Yoshida, 2022

Vervalst schilderij

figuur 1 Shutterstock 1189569886, door StockphotoVideo

Alle overige figuren: Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2025