

Beoordelingsmodel

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

Lampjespracticum

1 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

In figuur 1 is te zien dat $\frac{U}{I}$, dus de weerstand, groter wordt als I groter

wordt. Bij een grotere stroomsterkte zal ook de temperatuur van het gloeilampje toenemen. De weerstand neemt dus toe als de temperatuur toeneemt. Het lampje kan dus beschouwd worden als een PTC.

- inzicht dat uit figuur 1 volgt dat de weerstand toeneemt met toenemende stroomsterkte 1
- inzicht in het verband tussen de stroomsterkte en de temperatuur 1
- consequente conclusie 1

2 maximumscore 4

uitkomst: $1,6 \cdot 10^2 \Omega$

voorbeeld van een antwoord:

De stroomsterkte door L_1 bij $U = 5,0 \text{ V}$ is 64 mA.

Voor de weerstand van L_1 geldt: $R = \frac{U}{I} = \frac{5,0}{0,064} = 78,1 \Omega$. De lampjes staan

in serie, dus de vervangingsweerstand is gelijk aan $2R$, dus $1,6 \cdot 10^2 \Omega$.

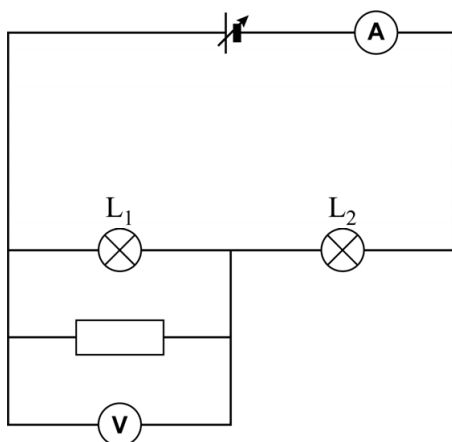
- bepalen van de stroomsterkte bij 5,0 V, met een marge van 1 mA 1
- gebruik van $U = IR$ 1
- inzicht in serieschakeling 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

opmerking

Als de kandidaat het inzicht in de serieschakeling niet toont, kan ook de laatste deelscore niet toegekend worden.

3 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:



- weerstand parallel aan L₁ 1
- stroommeter in de hoofdtak in serie met de spanningsbron en spanningsmeter parallel aan lampje L₁ 1

opmerking

Als bijvoorbeeld door het tekenen van extra verbindingen een niet-werkende schakeling is ontstaan: maximaal 1 scorepunt toekennen

4 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- Door de extra (parallelle) weerstand wordt de weerstand van het linkerdeel van de serieschakeling kleiner en dus wordt de totale weerstand van de schakeling kleiner. Omdat de bronspanning gelijk blijft wordt dus de totale stroomsterkte groter.
- De stroomsterkte door L₂ is gelijk aan de totale stroomsterkte, dus dit lampje zal feller branden. Omdat de stroomsterkte door L₂ groter wordt, wordt de spanning over L₂ groter. Omdat de totale spanning gelijk blijft, wordt dus de spanning over L₁ kleiner. Dit lampje zal dus minder fel branden.

- inzicht dat de totale vervangingsweerstand kleiner wordt 1
- consequente conclusie ten aanzien van de stroomsterkte 1
- inzicht dat de stroomsterkte door L₂ gelijk is aan de totale stroomsterkte en consequente conclusie ten aanzien van de felheid van L₂ 1
- inzicht in de spanning over L₁ en consequente conclusie ten aanzien van de felheid van L₁ 1

Springende hydrogelballetjes

5 maximumscore 3

uitkomst: $4,1 \cdot 10^{-4}$ J

voorbeeld van een antwoord:

Het balletje wordt losgelaten op een hoogte van 9,2 cm. In de figuur is te zien dat het balletje na de stuit een hoogte bereikt van 6,8 cm.

De afname in zwaarte-energie is dus:

$$\Delta E_z = mg\Delta h = 1,75 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 \cdot 0,024 = 4,1 \cdot 10^{-4} \text{ J.}$$

- bepalen van de hoogte na de stuit tussen 6,7 cm en 6,8 cm 1
- gebruik van $E_z = mgh$ 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

6 maximumscore 4

uitkomst: $1,3 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een antwoord:

- bij 13% energieverlies: $E_k = 0,87E_z$, dus

$$v = \sqrt{0,87 \cdot 2gh} = \sqrt{0,87 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 0,092} = 1,25 \text{ ms}^{-1}$$

- bij 0% energieverlies: $E_k = E_z$, dus

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,092} = 1,34 \text{ ms}^{-1}$$

Aangezien de beginhoogte gegeven is in twee significante cijfers, moet de berekende snelheid ook in twee cijfers genoteerd worden, dus in beide gevallen $1,3 \text{ ms}^{-1}$.

- inzicht dat $E_k = (1 - \text{verliespercentage}) \cdot E_z$ 1
- gebruik van $E_z = mgh$ en $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 1
- completeren van de berekeningen 1
- significantie 1

Opmerking

Als de kandidaat het verliespercentage toepast op de berekende snelheid, maximaal 1 scorepunt toekennen

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

7 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

De hellingen van de raaklijnen vlak voor ($t = 0,137 \text{ s}$) en direct na de stuit ($t = 0,144 \text{ s}$) zijn gelijk aan de respectievelijke snelheden.

Hiermee is met $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ de kinetische energie te berekenen.

Het energieverlies wordt dan gegeven door :

$$\text{energieverlies} = \frac{E_{k,\text{voor}} - E_{k,\text{na}}}{E_{k,\text{voor}}} (\cdot 100\%).$$

- inzicht dat de hellingen van de raaklijnen bepaald moet worden 1
- tekenen van de raaklijnen vlak voor en direct na de stuit 1
- inzicht dat E_k berekend moet worden 1
- inzicht dat energieverlies = $\frac{E_{k,\text{voor}} - E_{k,\text{na}}}{E_{k,\text{voor}}} (\cdot 100\%)$ 1

8 maximumscore 2

uitkomst: $9 \cdot 10^{-5} \text{ J}$ of $1 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

voorbeeld van een antwoord:

In figuur 4 is te zien dat bij een stuiterhoogte van ongeveer 4 cm deze niet verandert. In figuur 3 is af te lezen dat dan de energie-overdracht per stuit gelijk is aan $1 \cdot 10^{-4} \text{ J}$.

- aflezen van de stabiele stuiterhoogte 1
- aflezen van de energie-overdracht per stuit en significantie 1

Sterrenlicht

9 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Het tralie met 200 lijnen per millimeter heeft de kleinste tralieconstante d .

Voor de afbuighoek geldt dat $d \sin \alpha = n\lambda$, dus bij de kleinste d hoort de grootste α . Bij dit tralie is dus de afbeelding het grootst. (En dus moet het tralie met 200 lijnen per millimeter gekozen worden.)

- inzicht in het verband tussen het aantal lijnen per millimeter en d 1
- inzicht in het verband tussen d en de afbuighoek en consequente conclusie 1

10 maximumscore 3

uitkomst: $3,3^\circ$

voorbeeld van een antwoord:

Voor de afbuighoek geldt: $d \sin \alpha_n = n\lambda$, dus $\sin \alpha_n = \frac{n\lambda}{d}$.

De tralieconstante is gelijk aan: $d = \frac{1}{100 \text{ mm}^{-1}} = 1,00 \cdot 10^{-5} \text{ m}$.

Invullen van de gegevens geeft: $\sin \alpha = \frac{1 \cdot 0,58 \cdot 10^{-6}}{1,00 \cdot 10^{-5}} = 0,058$, dus $\alpha = 3,3^\circ$.

- gebruik van $d \sin \alpha_n = n\lambda$, met $n = 1$ 1
- inzicht dat $d = \frac{1}{\text{aantal lijnen per mm}}$ 1
- completeren van de berekening 1

11 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Bij een tralie ontstaan meerdere maxima per golflengte. Het is dus nog steeds niet mogelijk om precies te voorspellen op welke plaats een foton op de chip valt. Er is dus wel degelijk sprake van een waarschijnlijkheidsverdeling. (Dus Luna heeft geen gelijk.)

- inzicht dat per golflengte meerdere maxima ontstaan 1
- inzicht dat de plaats waar één foton terecht komt niet vast ligt 1

Experiment van Millikan

12 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Omschrijven van formule (1) geeft: $\eta = \frac{F_w}{6\pi r v}$.

Dus voor de eenheden geldt: $[\eta] = \frac{[F_w]}{[r][v]} = \frac{\text{N}}{\text{m ms}^{-1}}$.

Invullen van $\text{N} = \text{kg ms}^{-2}$ geeft uiteindelijk: $[\eta] = \frac{\text{kg ms}^{-2}}{\text{m ms}^{-1}} = \text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$.

- invullen van de eenheden in formule (1) 1
- gebruik van $\text{N} = \text{kg ms}^{-2}$ 1
- completeren van de afleiding 1

Opmerking

Als de kandidaat het tweede scorepunt niet behaalt mag het laatste scorepunt niet worden toegekend.

13 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

De constante snelheid betekent dat er krachtenevenwicht is: $F_w = F_z$.

Invullen van formule (1) en $F_z = mg$ geeft: $6\pi\eta r v = mg$.

Voor de massa van de druppel geldt: $m = \rho_{\text{olie}} V = \rho_{\text{olie}} \cdot \frac{4}{3}\pi r^3$.

Invullen en uitwerken levert dan: $r = \sqrt{\frac{9\eta v}{2g\rho_{\text{olie}}}}$.

- inzicht dat $F_w = F_z$ 1
- gebruik van formule (1) en $F_z = mg$ 1
- gebruik van $\rho = \frac{m}{V}$ en $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ 1
- completeren van de afleiding 1

14 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- Omschrijven van formule (2) en invullen van de gegevens geeft:

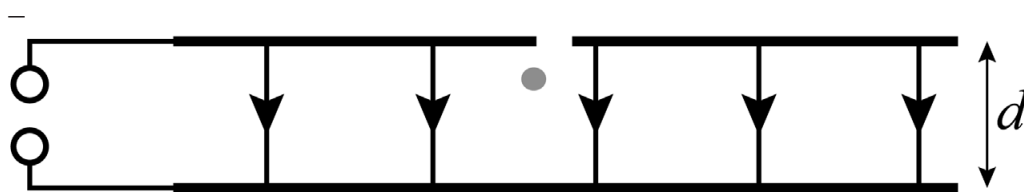
$$\rho_{\text{olie}} = \frac{9\eta v}{2gr^2} = \frac{9 \cdot 1,828 \cdot 10^{-5} \cdot 0,084 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 9,81 \cdot (2,7 \cdot 10^{-6})^2} = 9,7 \cdot 10^2 \text{ kg m}^{-3}.$$

- De zwaartekracht op de druppel is gelijk aan $F_z = \rho_{\text{olie}} V g$. De opwaartse kracht is gelijk aan $F_{\text{op}} = \rho_{\text{lucht}} V g$. De dichtheid van lucht is veel kleiner dan de dichtheid van de olie. (Dus de opwaartse kracht is verwaarloosbaar ten opzichte van de zwaartekracht.)

- gebruik van formule (2) 1
- completeren van de berekening 1
- inzicht dat $F_z \propto \rho_{\text{olie}}$ / inzicht dat $F_{\text{op}} \propto \rho_{\text{lucht}}$ 1
- inzicht dat $\rho_{\text{olie}} \gg \rho_{\text{lucht}}$ 1

15 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- Invullen van formule (1) geeft: $E = \frac{U}{d} = \frac{5,1 \cdot 10^3}{16 \cdot 10^{-3}} = 3,2 \cdot 10^5 \text{ NC}^{-1}$.

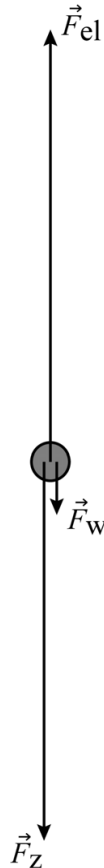
- tekenen van minimaal vijf verticale veldlijnen op gelijke onderlinge afstand 1
- inzicht dat de richting van het veld naar beneden is 1
- gebruik van formule (1) en completeren van de berekening 1

16 maximumscore 5

uitkomst: $2,8 \cdot 10^{-18} \text{ C}$ met een marge van $0,1 \cdot 10^{-18} \text{ C}$

voorbeeld van een antwoord:

–



- De grootte van de zwaartekracht is gelijk aan

$$F_z = mg = \frac{4}{3} \pi (2,7 \cdot 10^{-6})^3 \cdot 9,7 \cdot 10^2 \cdot 9,81 = 7,8 \cdot 10^{-13} \text{ N}.$$

De grootte van de elektrische kracht volgt uit de tekening en is gelijk aan $8,9 \cdot 10^{-13} \text{ N}$. Voor deze kracht geldt: $F_{el} = qE$. Dus de lading van

de druppel is gelijk aan $q = \frac{F_{el}}{E} = \frac{8,9 \cdot 10^{-13}}{3,2 \cdot 10^5} = 2,8 \cdot 10^{-18} \text{ C}$.

- tekenen van F_{el} zodanig dat $F_{el} = F_z + F_w$ 1
- gebruik van $F_z = mg$, $\rho = \frac{m}{V}$ en $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ 1
- bepalen van F_{el} 1
- gebruik van $F_{el} = qE$ 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

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

17 maximumscore 3

uitkomst: $1,62 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, met een marge van $0,05 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

voorbeeld van een antwoord:

De afstand tussen twee streepjes is steeds een veelvoud van het elementair ladingsquantum. De kleinste afstand tussen twee streepjes komt dan overeen met het elementair ladingsquantum. Deze kleinste afstand past 33 keer tussen 0 en $160 \cdot 10^{-10} \text{ ESU}$. Dus er geldt:

$$33e = 160 \cdot 10^{-10} \cdot 3,34 \cdot 10^{-10} \text{ C}.$$

Dus $e = 1,62 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

- inzicht dat de kleinste afstand tussen de streepjes overeenkomt met e 1
- omrekenen van ESU naar C 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

Lever zichtbaar maken

18 maximumscore 3

uitkomst: 26 cm

voorbeeld van een antwoord:

Voor de doorgelaten intensiteit geldt: $I = I_0 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{d}{d_{1/2}}}$. De halveringsdikte van water bij een fotonenergie van 100 keV is 4,1 cm.

Invullen van de gegevens: $\frac{I}{I_0} = 0,012 = \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{d}{4,1}}$.

Uitwerken levert $d = 26$ cm.

- gebruik van $I = I_0 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{d}{d_{1/2}}}$ 1
- opzoeken van $d_{1/2}$ 1
- completeren van de berekening 1

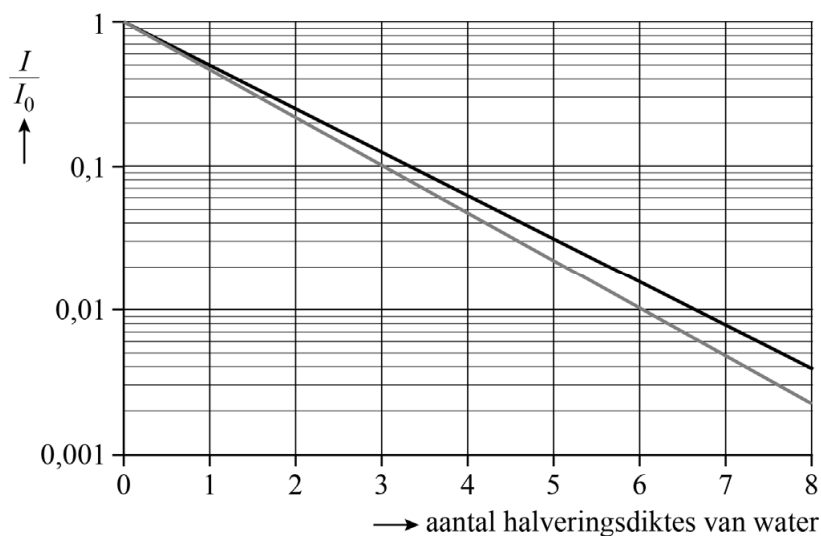
19 maximumscore 5

voorbeeld van een antwoord:

Uit de figuur blijkt dat $\left(\frac{I}{I_0} \right)_{\text{lichaamsweefsel}}$ gelijk is aan 0,004 bij acht

halveringsdiktes. Omdat $d_{1/2, \text{leverweefsel}} = 0,9 \cdot d_{1/2, \text{water}}$, is $\left(\frac{I}{I_0} \right)_{\text{leverweefsel}}$

dus gelijk aan 0,004 bij 0,9 maal acht halveringsdiktes van water, dus bij $7,2 d_{1/2, \text{water}}$.



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

- De verhouding van de doorgelaten intensiteiten bij water (lichaamswefsel) en de lever is groter als het aantal halveringsdiktes groter wordt. Dus het contrast is groter bij een groot aantal halveringsdiktes. Voor een zo groot mogelijk contrast moet de halveringsdikte dus zo klein mogelijk zijn.
De halveringsdikte is kleiner bij kleinere fotonenergieën, dus de lever is beter zichtbaar bij kleinere fotonenergieën.
- inzicht dat de grafiek voor leverweefsel een rechte lijn is met hetzelfde beginpunt als de grafiek voor water 1
- gebruik van $d_{\frac{1}{2}, \text{leverweefsel}} = 0,9 \cdot d_{\frac{1}{2}, \text{water}}$ en tekenen van de grafiek voor leverweefsel, met eindpunt tussen $\frac{I}{I_0} = 0,002$ en $\frac{I}{I_0} = 0,003$ 1
- inzicht in het verband tussen het contrast en het aantal halveringsdiktes 1
- inzicht in het verband tussen de fotonenergie en de halveringsdikte 1
- consequente conclusie 1

Opmerking

Het derde scorepunt “inzicht in het verband tussen het contrast en het aantal halveringsdiktes” kan toegekend worden als:

- de kandidaat, overeenkomstig het voorbeeld van een antwoord, het inzicht toont dat het contrast groter is bij een groot aantal halveringsdiktes, of;
- de kandidaat het inzicht toont dat het contrast groter is bij een klein aantal halveringsdiktes.

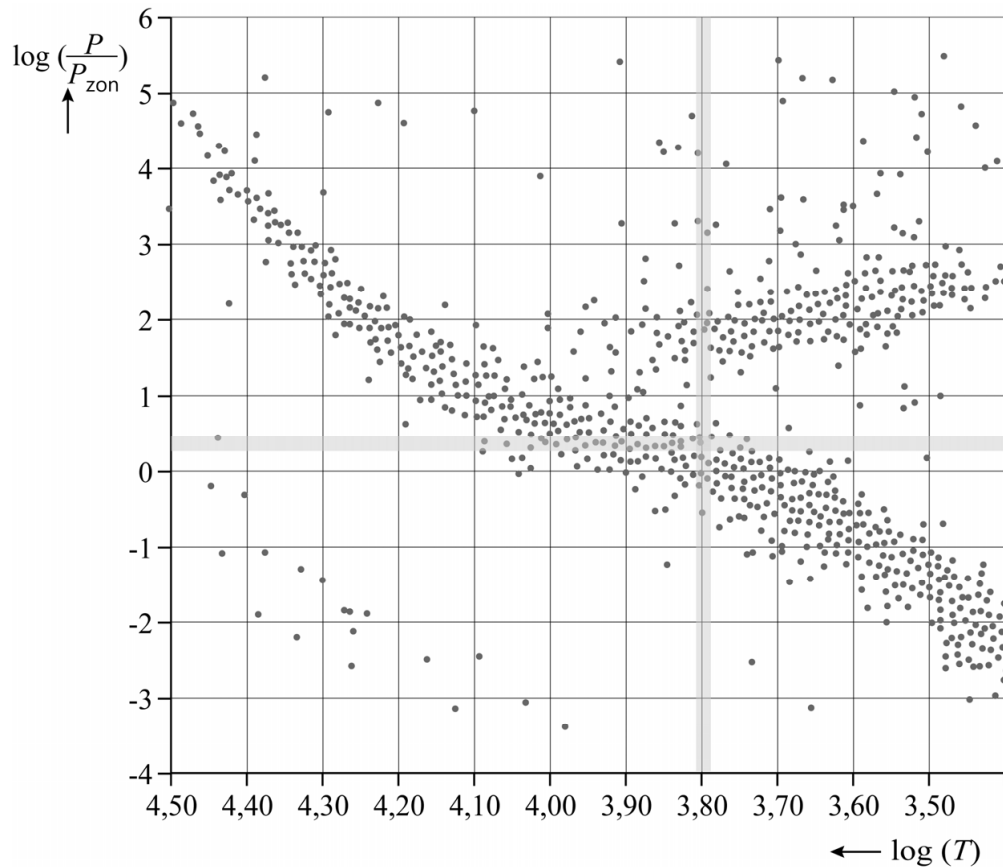
WASP

20 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor de ster geldt:

$$\log T = \log(6,30 \cdot 10^3) = 3,80 \text{ en } \log\left(\frac{P}{P_{\text{zon}}}\right) = \log(2,0) = 0,30$$



- inzicht dat $\log T$ berekend moet worden 1
- inzicht dat $\log\left(\frac{P}{P_{\text{zon}}}\right)$ berekend moet worden 1
- completeren van de berekening en consequent aangeven van de ster in het HR-diagram met een marge van 0,01 op de horizontale as en 0,1 op de verticale as 1

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

21 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

- Bij een grotere exoplaneet wordt er tijdens een transit méér licht van de ster geblokkeerd. Dat leidt tot een grotere (en makkelijker waar te nemen) dip in de intensiteit van de ster.
- Als de omlooptijd van de exoplaneet kleiner is, zullen er méér transits per tijdseenheid plaatsvinden waardoor ook de kans groter wordt dat de transit waargenomen wordt.

- inzicht dat een grotere planeet méér licht blokkeert / leidt tot een grotere dip in de gemeten intensiteit van de ster 1
- inzicht dat een kleinere omlooptijd van de exoplaneet tot gevolg heeft dat er meer transits per tijdseenheid waar te nemen zijn 1

22 maximumscore 4

uitkomst: $9,0 \cdot 10^{-3}$

voorbeeld van een antwoord:

Voor de eenparige cirkelbeweging van de exoplaneet geldt $F_{\text{mpz}} = F_g$ met

$$F_{\text{mpz}} = \frac{m_{\text{exoplaneet}} v^2}{r_{\text{exoplaneet}}} \text{ en } F_g = G \frac{m_{\text{exoplaneet}} \cdot 1,2 m_{\text{zon}}}{r_{\text{exoplaneet}}^2}. \text{ Omschrijven en invullen}$$

$$\text{geeft: } r_{\text{exoplaneet}} = \frac{G \cdot 1,2 m_{\text{zon}}}{v^2} = \frac{6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 1,2 \cdot 1,988 \cdot 10^{30}}{(1,5 \cdot 10^5)^2} = 7,08 \cdot 10^9 \text{ m.}$$

$$\text{Dus } \frac{r_{\text{exoplaneet}}}{r_{\text{Jupiter}}} = \frac{7,08 \cdot 10^9}{0,788 \cdot 10^{12}} = 9,0 \cdot 10^{-3}.$$

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

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

23 maximumscore 1

Het betreft hier een absorptiespectrum.

24 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Er wordt gekeken naar het licht dat afkomstig is van de ster. De temperatuur van de ster is $6,30 \cdot 10^3$ K. Bij deze temperatuur ligt het maximum van de (planck-)kromme in het blauwe licht. De spectra I en II zijn dus niet juist. (spectrum III of IV is dus juist.)

De simulatie van het groene licht toont een minder diepe en smallere dip dan de grafieken van het rode en het blauwe licht. Het groene licht van de ster wordt dus niet geabsorbeerd door de atmosfeer. Het blauwe en het rode licht wél. Dit is te zien in de spectra I en III.

Spectrum III geeft dus het juiste spectrum weer.

- inzicht dat het maximum van het spectrum in het zichtbare licht valt en consequente keuze voor spectrum III of IV 1
- inzicht dat het rode en blauwe licht in de atmosfeer geabsorbeerd worden en groen niet en consequente keuze voor spectrum I of III 1

Bronvermeldingen

Experiment van Millikan

figuur 2 Oil drop experiment - Wikipedia

Wasp

figuur 1 https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2018/03/Hot_exoplanet

overige figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2025