

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

Planck

1 maximumscore 1

voorbeelden van een antwoord:

- De aardatmosfeer laat niet alle straling uit het microgolfgebied door.
- De condities van de aardatmosfeer verschillen in de tijd.
- In de atmosfeer is te veel microgolfstraling uit de omgeving aanwezig.

2 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

- De maximale waarde wordt bereikt bij $|x| = r_{\text{aarde}}$.
- De maximale waarde van $a_{\text{g,aarde}}$ is $9,8 \text{ m s}^{-2}$.

- inzicht dat de maximale waarde wordt bereikt bij $|x| = r_{\text{aarde}}$ 1
- inzicht dat de maximale waarde van $a_{\text{g,aarde}}$ gelijk is aan $9,8 \text{ (m s}^{-2}\text{)}$ 1

Opmerking

Bij de beoordeling van deze vraag hoeft geen rekening gehouden te worden met significantie.

3 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De gravitatieversnelling ten gevolge van de zon, $a_{\text{g,zon}}$, wordt niet beïnvloed door de aanwezigheid van de aarde. De grafieklijn loopt vrijwel rechtdoor. De gravitatieversnelling ten gevolge van de aarde, $a_{\text{g,aarde}}$, verandert van richting bij positieve waarden van x en wordt dus negatief. Het juiste antwoord is grafiek IV.

- inzicht dat $a_{\text{g,zon}}$ niet beïnvloed wordt door de aanwezigheid van de aarde 1
- inzicht dat het teken van $a_{\text{g,aarde}}$ verandert als je van negatieve naar positieve waarden van x gaat 1
- consequente keuze voor de grafiek 1

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

4 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt: $F_{g, \text{hemellichaam}} = F_{\text{mpz}}$, met $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$ en $F_{g, \text{hemellichaam}} = m a$.

Voor de omloopsnelheid geldt: $v = \frac{2\pi r}{T}$.

Invullen geeft: $F_{g, \text{hemellichaam}} = \frac{4\pi^2 mr}{T^2}$, en dus: $a = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$.

Omschrijven geeft: $T = 2\pi \sqrt{\frac{r}{a}}$.

- inzicht dat $F_g = F_{\text{mpz}}$ 1
- gebruik van $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$ en $F = m a$ 1
- gebruik van $v = \frac{2\pi r}{T}$ 1
- completeren van de afleiding 1

5 maximumscore 2 altijd toekennen*

voorbeeld van een antwoord:

Als T gelijk moet zijn bij een grotere waarde van r , dan zal ook $a_{g, \text{res}}$ groter moeten zijn. Bij waarden van r groter dan de baanstraal van de aarde zijn $a_{g, \text{zon}}$ en $a_{g, \text{aarde}}$ gelijk gericht. De grootte van de resulterende versnelling zal dus groter zijn dan de grootte van $a_{g, \text{zon}}$.

- inzicht dat bij een grotere waarde van r ook $a_{g, \text{res}}$ groter moet worden 1
- inzicht dat in het Lagrangepunt L_2 $a_{g, \text{zon}}$ en $a_{g, \text{aarde}}$ gelijk gericht zijn, waardoor $a_{g, \text{res}}$ in het Lagrangepunt L_2 groter zal zijn (dan op aarde) 1

* Toelichting:

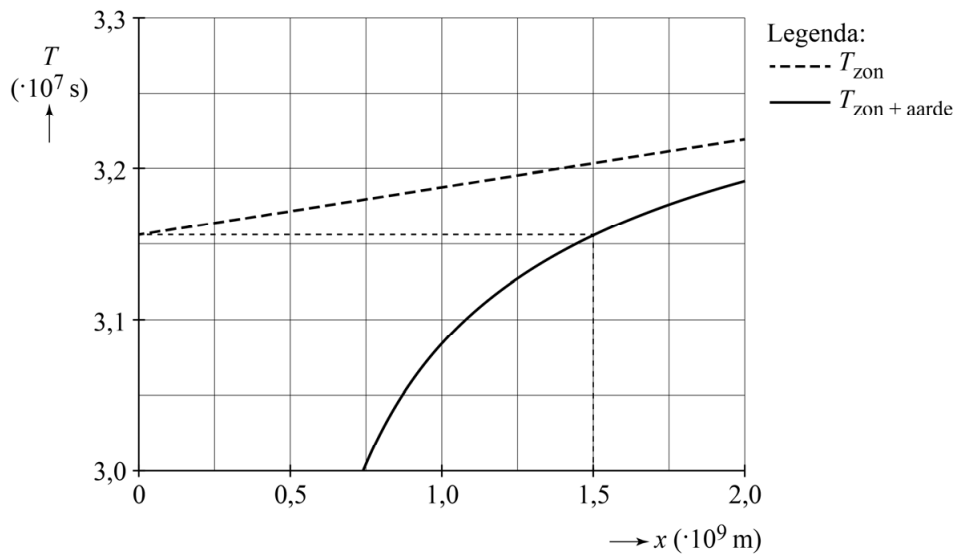
Uit het correctievoorschrift valt op te maken dat de bedoeling van de vraag is om uit te leggen waarom het **mogelijk** is dat in het Lagrangepunt L_2 de omlooptijd van de Planck-satelliet gelijk is aan die van de aarde. De vraagstelling is echter zodanig dat strikt genomen gevraagd wordt om aan te tonen dat dit **daadwerkelijk** zo is, wat binnen het kader van de opgave onmogelijk is.

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

6 maximumscore 3

uitkomst: $x = 1,50 \cdot 10^9$ m (met een marge van $0,1 \cdot 10^9$ m)

voorbeeld van een bepaling:



De omlooptijd van de aarde om de zon is te bepalen door de grafieklijn T_{zon} af te lezen bij $x = 0$ ($T = 3,16 \cdot 10^7$ s). De omlooptijd in het Lagrangepunt L_2 is gelijk aan de omlooptijd van de aarde. In het Lagrangepunt L_2 wordt de omlooptijd bepaald door het gravitatieveld van aarde plus zon. Op $x = 1,50 \cdot 10^9$ m is de omlooptijd van een satelliet gelijk aan die van de aarde.

- inzicht dat de omlooptijd van de aarde af te lezen is op de grafieklijn van T_{zon} bij $x = 0$ 1
- inzicht dat de grafieklijn $T_{\text{zon} + \text{aarde}}$ bij de omlooptijd van de aarde moet worden afgelezen 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking

Als de kandidaat voor de omlooptijd van de aarde om de zon een waarde gebaseerd op 365 dagen of een waarde uit een tabellenboek gebruikt, dit niet aanrekenen.

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

7 maximumscore 3

uitkomst: $T = 2,76 \text{ K}$ ($2,40 \text{ K} \leq T \leq 2,80 \text{ K}$)

voorbeeld van een bepaling:

Het maximum van de grafiek ligt bij: $\lambda_{\max} = 1,05 \text{ mm}$.

Met de wet van Wien, $\lambda_{\max} T = k_{\text{W}}$, is de bijbehorende temperatuur uit te rekenen.

$$\text{Dit geeft: } T = \frac{k_{\text{W}}}{\lambda_{\max}} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{1,05 \cdot 10^{-3}} = 2,76 \text{ K}.$$

- aflezen van λ_{\max} 1
- gebruik van $\lambda_{\max} T = k_{\text{W}}$ 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking

Als de kandidaat de oppervlakte onder de grafiek bepaalt en vervolgens met de wet van Stefan-Boltzmann de temperatuur berekent, maximaal 2 punten toekennen.

Let op: door een fout in de verticale schaal van de figuur levert de methode via de wet van Stefan-Boltzmann een andere numerieke waarde dan in het beoordelingsmodel staat.

Cirkelgolf**8 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

In figuur 2 is te zien dat de (halve) golflengte op de lus niet overal gelijk is.

De frequentie is echter constant. Omdat geldt dat $v = f\lambda$ kan dit alleen verklaard worden met een golfsnelheid in de lus die niet overal gelijk is.

- inzicht dat $v = f\lambda$ met benoemen van de constante frequentie 1
- inzicht dat de (halve) golflengte op de lus niet overal gelijk is 1

9 maximumscore 4

uitkomst: $v = 21 \text{ m s}^{-1}$

voorbeeld van een bepaling:

In de lus zijn vijf buiken te zien. Er bevindt zich dus $\frac{5}{2}\lambda$ in de lus.

Voor het gemiddelde van de golflengte geldt dan:

$$\lambda = \frac{2\pi d}{5} = \frac{2\pi \cdot 0,245}{5} = 0,308 \text{ m}.$$

Voor de gemiddelde golfsnelheid geldt dan: $v = f\lambda = 69 \cdot 0,308 = 21 \text{ m s}^{-1}$

- inzicht dat er zich $\frac{5}{2}\lambda$ in de lus bevindt 1
- gebruik van $l = \pi \cdot d$ 1
- gebruik van $v = f\lambda$ 1
- completeren van de bepaling 1

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

10 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- Het trillingsapparaat zorgt ervoor dat er twee lopende golven ontstaan in de lus: één in de richting van de wijzers van de klok en één in de tegengestelde richting. Deze golven hebben bij het trillingsapparaat een faseverschil ten opzichte van elkaar van 0 en bereiken op hetzelfde moment het bovenste punt van de lus. (De beide golven hebben op dat moment dezelfde afstand afgelegd.) In het bovenste punt van de lus moet dus altijd sprake zijn van een faseverschil 0 en dus constructieve interferentie.
- Omdat er een knoop zit bij het trillingsapparaat en een buik in het bovenste punt van de lus, is het alleen mogelijk om een oneven aantal knopen (of buiken) in de lus te realiseren.

- inzicht dat de beide golven tegelijkertijd (vertrekken bij het trillingsapparaat en) aankomen in het bovenste punt van de lus 1
- inzicht dat de golven in het bovenste punt van de lus (nog steeds) faseverschil 0 hebben 1
- benoemen dat met bovenin een buik en onderin een knoop het aantal buiken altijd oneven moet zijn 1

11 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De metingen 1 en 4 kunnen met elkaar vergeleken worden. Het aantal buiken in meting 4 is een factor 3 groter dan het aantal buiken in meting 1. De frequentie is niet een factor 3 groter (en dus is er geen recht evenredig verband).

- inzicht in de voorwaarden voor een recht evenredig verband 1
- inzicht dat de verhouding van twee verschillende frequenties vergeleken moet worden met de verhouding van de twee bijbehorende aantallen buiken 1
- completeren van de berekeningen 1

Opmerking

Bij de beoordeling van deze vraag hoeft geen rekening gehouden te worden met significantie.

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

12 maximumscore 5

uitkomst: $c = 3,18 \text{ s}^{-1}$ (met een marge van $0,05 \text{ s}^{-1}$)

voorbeeld van een antwoord:

- Op de horizontale as staat: n^2 (-).
- Op de verticale as staat: f (Hz).
- De waarde voor de constante c in de formule volgt uit de helling van de trendlijn. Dus: $c = \frac{350}{110} = 3,18 \text{ s}^{-1}$.

- inzicht dat n^2 staat uitgezet op de horizontale as van de grafiek 1
- inzicht dat f in Hz staat uitgezet op de verticale as van de grafiek 1
- inzicht dat c gelijk is aan de helling van de trendlijn 1
- consequent bepalen van de eenheid 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerkingen

- *Als de kandidaat het antwoord noteert in meer of minder dan drie significante cijfers, het laatste scorepunt niet toekennen.*
- *Als de kandidaat het vierde scorepunt niet behaald heeft, kan hij/zij het vijfde scorepunt nog behalen.*

13 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- Het aantal buiken is een telwaarde. Deze waarde heeft geen invloed op het aantal significante cijfers. (Roland heeft dus geen gelijk.)
 - De constante c wordt bepaald uit meerdere meetwaardes die (na een coördinatentransformatie) liggen op een rechte trendlijn. Dit vergroot de nauwkeurigheid van de bepaling. (Daarom is de gedachte van Arno verdedigbaar om een significant cijfer meer te gebruiken.)
- benoemen dat de telwaarde geen invloed heeft op het aantal significante cijfers 1
 - inzicht dat de constante bepaald wordt uit meerdere meetwaardes / inzicht dat de meetwaarden op een rechte lijn liggen (na coördinatentransformatie) 2

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

Alfanuclidetherapie

14 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

$$[LET\text{-waarde}] = \frac{[E]}{[x]} = \frac{Nm}{m} = N$$

- inzicht dat $[E] = Nm$ 1
- completeren van de afleiding 1

15 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Naarmate een alfadeeltje verder doordringt / naar rechts gaat, neemt de snelheid ervan af. (Het deeltje geeft immers energie af aan het water.) Bij het verder doordringen in het water neemt de *LET*-waarde toe. Een alfadeeltje heeft dus de hoogste *LET*-waarde bij lagere snelheden.

- inzicht dat de *LET*-waarde toeneemt als het deeltje verder doordringt in het water 1
- inzicht dat de snelheid afneemt als het deeltje verder doordringt in het water 1

16 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- Het oppervlak onder de grafiek is een maat voor de kinetische energie bij binnenkomst. Het oppervlak onder grafiek I is kleiner dan dat onder grafiek II.
- Deeltjes met een hogere snelheid bij binnenkomst dringen dieper het water in. Alfadeeltjes van alfastraler I hebben een kleinere dracht (48 μm) dan alfadeeltjes van alfastraler II (86 μm).

- benoemen van het verschil in oppervlak onder de grafieklijnen 1
- inzicht dat een kleiner oppervlak onder de grafiek een lagere kinetische energie betekent 1
- benoemen van het verschil in dracht 1
- inzicht dat een lagere snelheid leidt tot een kleinere dracht 1

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

17 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Wanneer de dochterkern loskomt van de dragerstof kan deze door het lichaam gaan zwerven. Doordat de dochterkern óók instabiel is, kan deze zo gezond weefsel bestralen.

- inzicht (impliciet) dat de dochterkernen zich door het lichaam kunnen verspreiden 1
- inzicht dat er hierdoor gezond weefsel bestraald wordt 1

Opmerking

Als de kandidaat antwoordt dat de tumor minder straling ontvangt wanneer de dochterkernen van Actinium-225 losschieten, dit goed rekenen.

18 maximumscore 5

voorbeeld van een antwoord:

- Uit $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ en $p = mv$ volgt dat $p = m\sqrt{\frac{2E_k}{m}} = \sqrt{2E_k m}$. 1
- $m_{\text{alfa}} = 4,00 \text{ u}$, $m_e = 5,49 \cdot 10^{-4} \text{ u}$, dus de massa van een alfadeeltje is 7286 maal die van een elektron. Hieruit volgt dat de impuls van een alfadeeltje $\sqrt{7286} = 85$ maal zo groot is als die van een elektron. 1
- gebruik $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ met $p = mv$ 1
- completeren van de afleiding 1
- inzicht dat de gevraagde verhouding gelijk is aan $\sqrt{\frac{m_{\text{alfa}}}{m_e}}$ 1
- opzoeken van de massa's van een alfadeeltje en een elektron 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Bij de beoordeling van deze vraag hoeft geen rekening gehouden te worden met significantie.

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

19 maximumscore 4

uitkomst: $m = 4,7 \cdot 10^{-17}$ kg

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$.

Voor de hoeveelheid atomen Actinium-225 in één polymeersoom volgt:

$$N = A \frac{t_{\frac{1}{2}}}{\ln 2} = 1,0 \cdot 10^2 \cdot \frac{8,64 \cdot 10^5}{\ln 2} = 1,25 \cdot 10^8.$$

Voor de totale massa geldt dan:

$$m = Nm_{\text{Ac}} = 1,25 \cdot 10^8 \cdot 225 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 4,7 \cdot 10^{-17} \text{ kg}.$$

- gebruik van $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$ 1
- opzoeken van de halfwaardetijd van Actinium-225 1
- inzicht dat $m = Nm_{\text{Ac}}$ 1
- completeren van de berekening 1

20 maximumscore 4

uitkomst: 4,8

voorbeeld van een antwoord:

- Het dosisequivalent wordt met name bepaald door het alfaverval. De alfadeeltjes hebben een grotere weegfactor én veel meer energie.
- Gedurende de vervalreeks vindt er vier keer alfaverval plaats. Hierbij komt $5,8 + 6,3 + 7,1 + 8,4 = 27,6$ MeV vrij.

Dat is: $\frac{27,6}{5,8} = 4,8$ keer zo veel.

- benoemen grotere weegfactor van de alfadeeltjes / groter doordringend vermogen van de bètadeeltjes 1
- benoemen grotere energie van de alfadeeltjes 1
- inzicht dat de totale energie van de vrijkomende alfadeeltjes vergeleken moet worden met de energie van het eerste alfadeeltje 1
- completeren van de bepaling 1

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

Zonnepanelen

21 maximumscore 3

voorbeeld van een berekening:

Aflezen in figuur 3 bij $U = 0,50 \text{ V}$ geeft $P = 1,35 \text{ W}$.

Er geldt: $P = U \cdot I$,

invullen levert: $I = \frac{P}{U} = \frac{1,35}{0,50} = 2,7 \text{ A}$.

- gebruik van $P = U \cdot I$ 1
- aflezen van P uit figuur 3 met een marge van $0,02 \text{ W}$ 1
- completeren van de berekening 1

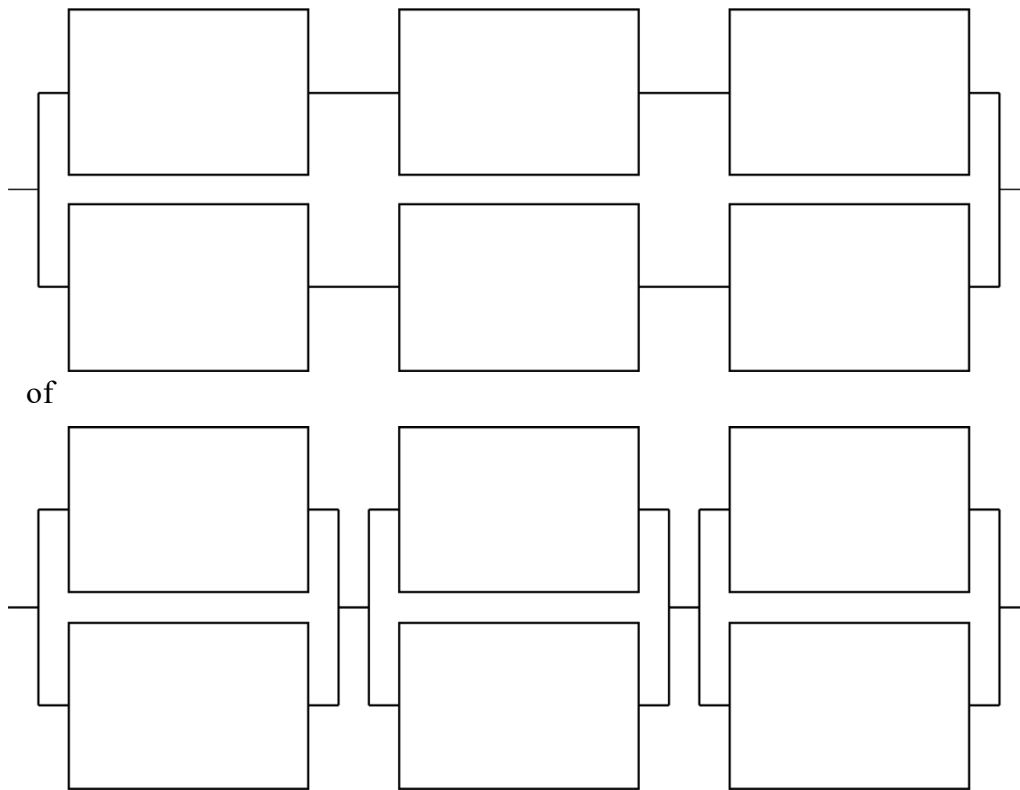
22 maximumscore 5

uitkomst: $I = 5,4 \text{ A}$

voorbeeld van een antwoord:

- Er staan 24 zonnecellen met een spanning van $0,50 \text{ V}$ in serie.
Dit geeft: $U = 24 \cdot 0,50 = 12 \text{ V}$.
- (De spanning moet 36 V zijn en de stroomsterkte door ieder paneel moet hetzelfde zijn. Dit betekent dat er 3 panelen in serie staan en twee series van 3 panelen parallel / dat er 3 groepen van 2 parallel geschakelde panelen in serie staan.)

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



- (Een paneel levert een stroomsterkte van 2,7 A. Iedere serie van panelen levert dus ook 2,7 A. Er staan twee series van drie panelen parallel / er staan drie groepen van twee parallel geschakelde panelen in serie.) Dus geldt voor de stroomsterkte die de set panelen levert:
 $I = 2 \cdot 2,7 = 5,4 \text{ A}$.

- gebruik van de spanningsregel bij serieschakeling 1
- inzicht dat drie (groepen van) panelen in serie staan 1
- inzicht dat de stroomsterkte door elk paneel gelijk moet zijn 1
- consequent gebruik van de stroomregels 1
- completeren van de berekeningen 1

Opmerking

Als een niet naar behoren werkende schakeling is getekend, bijvoorbeeld door extra verbindingen: maximaal vier scorepunten toekennen.

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

23 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

- In beide gevallen maakt één foton één elektron los.
- Bij een halfgeleider blijft het elektron op het moment van losmaken in het materiaal; bij het foto-elektrisch effect verlaat het elektron het materiaal.

- benoemen dat in beide gevallen fotonen elektronen losmaken 1
- benoemen dat bij een halfgeleider het elektron op het moment van losmaken het materiaal niet verlaat en bij het foto-elektrisch effect wel 1

24 maximumscore 3

uitkomst: $\lambda = 1,13 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

voorbeeld van een bepaling:

De waarde van de bandgap van silicium is 1,10 eV.
Dit is gelijk aan de (minimale) energie van het foton.

Er geldt: $E_f = \frac{hc}{\lambda}$.

Invullen geeft: $1,10 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{\lambda}$.

Dit geeft als maximale golflengte: $\lambda = 1,13 \cdot 10^{-6} \text{ m}$.

- gebruik van $E_f = \frac{hc}{\lambda}$ met $E_f = 1,10 \text{ eV}$ 1
- omrekenen van eV naar J 1
- completeren van de bepaling 1

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

25 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

–

| |
|------------|
| ZnS |
| ZnSe |
| CdTe |
| (silicium) |

- De stof met de grootste bandgap absorbeert fotonen met de meeste energie. Fotonen met de meeste energie moeten als eerste geabsorbeerd worden (om te voorkomen dat deze fotonen zorgen voor rendementsverlies in lager liggend materiaal). Dus moet de stof met de grootste bandgap bovenop.
- Vervolgens komen de andere stoffen met een bandgap groter dan die van silicium, waarbij van boven naar beneden de bandgap steeds kleiner wordt. Dan is er maar één mogelijke oplossing.

- keuze van de juiste stoffen 1
- keuze van de juiste volgorde 1
- inzicht dat bij een grote bandgap fotonen met veel energie geabsorbeerd worden 1
- inzicht dat fotonen met de meeste energie het eerst geabsorbeerd moeten worden 1

Opmerking

Als de kandidaat alleen de eerste deelstreep beantwoordt en geen toelichting geeft, maximaal 2 scorepunten toekennen.