**Zonnestraling**

Het is algemeen bekend dat de voorraad fossiele brandstoffen als energiebron op begint te raken. Er wordt daarom al jarenlang gezocht naar alternatieve energiebronnen. Deze alternatieve energiebronnen zijn bijvoorbeeld zonne-energie, windenergie, kernenergie en energie uit biomassa.

De zon, die de bron van zonnestraling is, is een bol die bestaat uit bijzonder hete gasvormige stoffen. Als je de zon beschouwt als een absoluut zwart voorwerp is de effectieve temperatuur ongeveer 5800 K. De zon heeft een diameter van 1,40 x 109 m en staat op een afstand van 1,5 x 1011 m van de aarde. De temperatuur in het midden van de zon heeft naar schatting een waarde die ligt tussen 8 x 106 en 40 x 106 K. Je kunt de zon beschouwen als een continue werkende fusiereactor waarin verschillende kernfusies plaatsvinden. Bij het belangrijkste kernfusieproces worden 4 waterstofkernen samengevoegd en daarbij ontstaat een heliumkern. De massa van de heliumkern is kleiner dan die van de vier afzonderlijke waterstofkernen samen. De massa die bij deze fusie verdwenen is, het zogenaamde massa deficiënt, is omgezet in energie die bij de fusiereactie vrijkomt. De hoeveelheid energie die vrijkomt kun je berekenen met E=mc2, m is de massa en c is de lichtsnelheid. Deze energie wordt naar het oppervlakte van de zon getransporteerd en wordt vervolgens als zonnestraling naar de ruimte uitgezonden. Straling die het aardoppervlakte bereikt bestaat uit twee componenten: directe en diffuse straling.

Nigeria ligt in de tropen waar zonne-energie in overvloed beschikbaar is. Mits op de goede manier ingezet, kan zonne-energie daarom dienst doen als energiebron voor zowel huiselijk als voor industrieel gebruik. Op dit moment is er te weinig informatie over zonnestraling om te komen tot een landelijk aanpak. Daarom worden er diverse metingen gedaan om de beschikbare hoeveelheid zonnestraling te bepalen. Dit heeft geleid tot het opstellen van modellen om zonnestraling te voorspellen op verschillende plaatsen in het land.

Bij een experiment om de beschikbare zonnestraling (‘bezonning’) in Abuja, Nigeria te bepalen, wordt een lichtgevoelige weerstand van cadmium sulfide (CdS) gebruikt. Als de zonnestraling op de lichtgevoelige weerstand valt, wordt de weerstand lager. Met behulp van de brug van Wheatstone, een elektrische schakeling, kan de weerstand van de lichtgevoelige weerstand bepaald worden. In onderstaande tabel 1 zijn de gemeten waarden weergegeven:

**Tabel 1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Weerstand R (Ohm)** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| **Zonnestraling (bezonning) S (Wm-2)** | 3777 | 1513 | 886 | 606 | 451 | 355 | 290 | 243 | 208 | 180 |

Voor de lichtgevoelige CdS-weerstand geldt de formule:

(vergelijking 1)

In bovenstaande formule is *R* de waarde van de weerstand van de lichtgevoelige weerstand in Ohm, verkregen met behulp van de brug van Wheatstone-schakeling. *S* is de zonnestraling in Wm-2 en en zijn constanten.

Gegeven constanten:

1 u = 1,66x10-27 kg

c = 3,0 x108 ms-1

De constante van Planck, h = 6,63x10-34 Js

* 1. Het fusieproces wordt in de volgende reactievergelijking weergegeven:

4 H He + 2e+ + neutrino

Neem voor de massa van een waterstofatoom (H) = 1.00794 u en voor de massa van een helium atoom (He) = 4.002602 u en verwaarloos de massa’s van de vrijkomende positronen en het neutrino. Bereken het massa deficiënt in kilogram (kg) en de energie in Joules (J) die bij de fusiereactie vrijkomt. (**0,7 punt)**

Voor de straling die door een absoluut zwart voorwerp zoals de zon wordt uitgezonden, geldt de formule: P=AσT4 ; daarin is P het vermogen, A het oppervlak van het zwarte lichaam, T de absolute temperatuur van het zwarte lichaam en σ is de constante van Stefan-Boltzmann.

**1.2** De ‘zonneconstante’ is de hoeveelheid invallende zonnestraling -vlak voor de straling de atmosfeer ingaat- in een vlak loodrecht op de stralen, per eenheid van oppervlakte en per eenheid van tijd. De constante van Stefan-Boltzmann (σ) = 5.7 x 10-8 Wm-2K-4, bepaal de waarde van de zonneconstante. (**1,5 punt)**

**1.3** Bereken de tijd (in minuten) die straling nodig heeft om van de zon het aardoppervlak te bereiken. **(0,4 punt)**

**1.4** Neem aan dat een foton in de zonnestraling een energiewaarde heeft van 3,87x10-19 J. Bereken de golflengte van deze straling. **(0,5 punt)**

**1.5** Herschrijf vergelijking 1 als een logaritmische formule. Dit met de bedoeling om de constanten α en β te bepalen in de grafiek van 10logS tegen 10logR. **(0,4 punt)**

**1.6** Gebruik de vergelijking die je opgesteld hebt bij vraag 1.5 en de gegevens uit tabel 1 om een lineaire grafiek te tekenen. (**4,5 punt)**

* 1. Geef de vergelijking die hoort bij de grafiek die je getekend hebt. **(1,0 punt)**
  2. Bepaal de waarden van α en β. **(1,0 punt)**

**(1.1)**  
Antwoord: M=4,8402 x 10-29 kg en E=4,356 x 10-12  J  
Uitleg:

* Massa defect = 4 x 1,00794 – 4,002602

= 0,029158 u [0,2]

= 0,029158x 1,66 x 10-27 kg [0,05]

= 4,8402 x 10-29 kg [0,05]

* Vrij gekomen energie = mc2[0,1]

= 4,8402 x 10-29 x (3,0 x 108)2 J [0,1]

= 4,356 x 10-12  J [0,2]

**(1.2)**  
Antwoord: *S0 = 1404,75 Wm-2*  
Uitleg:

* Totaal uitgezonden vermogen zonoppervlak = totaal ontvangen vermogen op de aarde op afstand R van de zon [0,5]   
  d.w.z. [0,5]  
    
  Hierin is E het vermogen per eenheid zonoppervlak, S0 de zonneconstante, r de straal van de zon en R de gemiddelde afstand tussen de zon en de aarde
* Dus [0,3]  
  Invullen: [0,3]

**(1.3)**  
Antwoord: Tijd = 8,33 minuten  
Uitleg:

* [0,3]  
    
  Invullen: [0,2]

**(1.4)**  
Antwoord: λ = 5,14x10-7 m  
Uitleg:

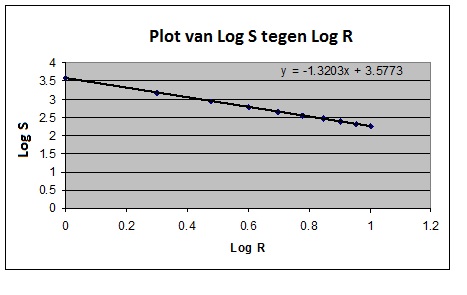
* [0,3] [0,3]
* Invullen: [0,1]

**(1.5)**  
Antwoord:   
Uitleg:



[0,4]

**(1.6)**  
Antwoord:



[0,2] voor elk juist geplot punt   
(=totaal [2])

[0,2] voor de juiste labels assen

[0,3] voor een goede schaalverdeling

Uitleg: [0,1] voor elke correcte waarden (=totaal [2])

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Zonnestraling (S)**  **(Wm-2)** | **Weerstand (R)**  **(Ohms)** | **log S** | **log R** |
| 3777 | 1 | 3.577 | 0.000 |
| 1513 | 2 | 3.180 | 0.301 |
| 886 | 3 | 2.947 | 0.477 |
| 606 | 4 | 2.782 | 0.602 |
| 451 | 5 | 2.654 | 0.699 |
| 355 | 6 | 2.550 | 0.778 |
| 290 | 7 | 2.462 | 0.845 |
| 243 | 8 | 2.386 | 0.903 |
| 208 | 9 | 2.318 | 0.954 |
| 180 | 10 | 2.255 | 1.000 |

**(1.7)**  
Antwoord: Uit plot [1,0]

**(1.8)**  
Antwoord:   
Uitleg:

* Uit (1.5) :
* Uit (1.7):
* Dus [0,4]  
  en