

Opgave 2 WMAP

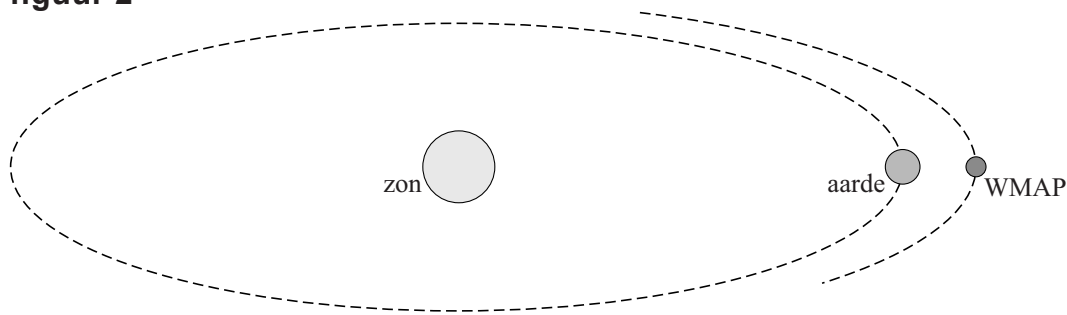
In 2001 werd de satelliet genaamd WMAP gelanceerd die tot taak had nauwkeurige metingen van de kosmische achtergrondstraling te verrichten (WMAP = Wilkinson Microwave Anisotropy Probe). Zie figuur 1.

figuur 1



WMAP is gestationeerd in het zogenoemde Lagrangepunt 2; dat punt bevindt zich aan de zijde van de aarde die niet door de zon verlicht wordt op 1,5 miljoen kilometer afstand van de aarde. Zie figuur 2. Deze figuur is niet op schaal.

figuur 2



Een satelliet die zich in het Lagrangepunt 2 bevindt, gedraagt zich niet als een 'kunstmaan' die rond de aarde cirkelt, maar draait met de aarde mee om de zon. De zon, de aarde en WMAP bevinden zich steeds op één lijn. Om dit meedraaien te bereiken moet op WMAP (massa 840 kg) een resulterende kracht werken ter grootte van 5,0 N.

4p 6 Toon dat aan.

WMAP ondervindt een gravitatiekracht van de aarde en een gravitatiekracht van de zon. Die krachten leveren samen de resulterende kracht van 5,0 N.

3p 7 Ga na welke van de twee gravitatiekrachten hieraan de grootste bijdrage levert.

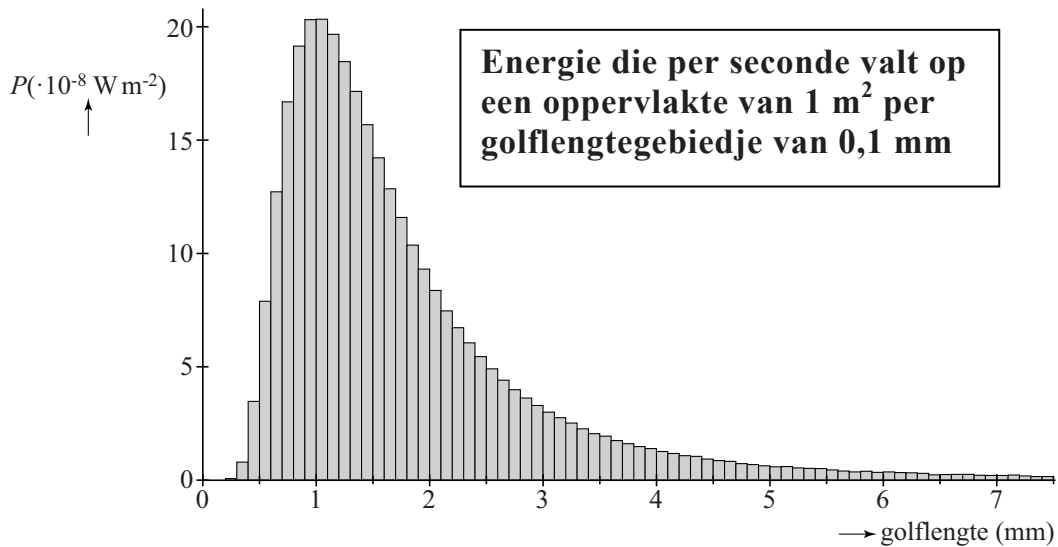
WMAP heeft een detector die de intensiteit van elektromagnetische straling met golflengtes in het mm-gebied meet. Bij de metingen is het belangrijk dat de gemeten straling echt vanuit de kosmische ruimte komt en niet van bronnen zoals de zon.

3p 8 Ga na of WMAP volledig in de schaduw van de aarde zit of dat er toch straling van de zon rechtstreeks WMAP bereikt.

Neem aan dat WMAP zich op de lijn door de middelpunten van de aarde en de zon bevindt.

De metingen van WMAP worden gecorrigeerd voor de invloed van alle storende bronnen, zodat alleen de kosmische achtergrondstraling overblijft. Uit de gecorrigeerde metingen is figuur 3 afgeleid.

figuur 3



Hieronder staan vier schattingen van het aantal fotonen met een golflengte tussen 1,0 en 2,0 mm dat per seconde een oppervlakte van 1,0 m² treft.

- a $1 \cdot 10^{10}$ b $1 \cdot 10^{13}$ c $1 \cdot 10^{16}$ d $1 \cdot 10^{19}$

3p **9** Welke schatting is de beste? Motiveer je keuze met een berekening.

Bij de stralingskromme van figuur 3 hoort een temperatuur van 2,6 K.

2p **10** Toon dat aan.

De gemeten achtergrondstraling heeft vanuit alle richtingen van het heelal hetzelfde spectrum en dezelfde intensiteit. Dit duidt erop dat de straling is ontstaan vóóordat de sterren gevormd werden en elektronen werden gebonden in atomen. De straling is dus afkomstig van het vroege heelal, toen het 'doorzichtig' werd bij een temperatuur van zo'n 3000 K.

Vrijwel alle fotonen 'van toen' zijn nu nog steeds onderweg, alleen is hun 'kleur' veranderd in ver infrarood. Er is dus sprake van 'roodverschuiving'. Hieronder staan twee verklaringen voor deze roodverschuiving.

- Dopplerverschuiving ten gevolge van de radiale snelheid van de bron.
- Kosmologische roodverschuiving vanwege de uitdijing van het heelal.

Dopplerverschuiving kan niet de verklaring zijn omdat daaruit een snelheid volgt die groter is dan de lichtsnelheid.

3p **11** Toon dat aan.