

Opgave 2 Zonnezeil

artikel

Waarom zou je brandstof verstoken als je ook kunt zéilen door het heelal?

Nog dit jaar begint er een experiment met een zogeheten zonnezeil. Dat is een reusachtige constructie in de ruimte die wordt aangedreven door fotonen van de zon.

De kracht die deze fotonen uitoefenen, is uitermate gering, maar voldoende om in de ruimte een groot zeil van dun reflecterend materiaal een redelijke snelheid te geven. Zo zijn uiteindelijk lange reizen langs diverse planeten te maken, zonder dat brandstof nodig is, is het idee. De maan is met een zonnezeil in anderhalf jaar te bereiken. Het zonnezeil bestaat uit acht vanen die zich in de ruimte ontvouwen in de vorm van een bloem met een diameter van dertig meter.



naar: de Volkskrant, 14 april 2001

- 3p 7 Ga met een berekening na of de gemiddelde snelheid van het zonnezeil ongeveer gelijk is aan die van een wandelaar, een brommer of een vliegtuig.

De wrijvingskracht op het zonnezeil hangt onder andere af van de dichtheid van de lucht. Op 680 km hoogte is de temperatuur $1,50 \cdot 10^3$ K en de druk $1,19 \cdot 10^{-8}$ Pa. Op die hoogte heeft de lucht een zodanige samenstelling dat 1 mol een massa heeft van 16,2 gram.

- 4p 8 Bereken de dichtheid van de lucht op 680 km hoogte.

De beweging van het zonnezeil wordt veroorzaakt door fotonen die tegen de reflecterende laag botsen. We beschouwen één van de fotonen die deze beweging veroorzaken. Neem aan dat dit foton loodrecht op het zonnezeil valt en in dezelfde richting terugkaatst als waar het vandaan is gekomen. Hierbij verandert de golflengte van het foton een klein beetje.

- 3p 9 Leg uit of de golflengte van het foton na de botsing iets groter of iets kleiner geworden is.

We nemen voor het vervolg van de opgave aan dat de golflengteverandering van het foton verwaarloosbaar is. Een foton met een golflengte van 550 nm geeft een impulsverandering aan het zonnezeil van $2,41 \cdot 10^{-27}$ N s.

- 4p 10 Leg dit aan de hand van een berekening uit. Gebruik daartoe de relatie van De Broglie.

valt buiten de
examenstof

De intensiteit van de zonnestraling vlakbij de aarde is $1,4 \cdot 10^3$ W m⁻².

We gaan uit van de situatie waarbij de zonnestraling loodrecht invalt op alle vanen van het zonnezeil. Het zeil wordt opgevat als een cirkel waarbij de spleten tussen de vanen zijn te verwaarlozen. Zie figuur 6.

We gaan er bovendien van uit dat de energie en de impuls van alle fotonen in de zonnestraling gelijk zijn aan de energie en de impuls van een foton met een golflengte van 550 nm.

- 5p 11 Bereken de totale kracht van de fotonen op het zonnezeil. Bereken daartoe eerst het aantal fotonen dat per seconde op het zonnezeil valt.

valt buiten de
examenstof

Helaas is het eerste zonnezeil bij de lancering op 21 juni 2005 verloren gegaan.

figuur 6

