

## Naaldjes rond de aarde

In de tijd van de Koude Oorlog droomde het Amerikaanse leger van communicatiesatellieten in de ruimte.

Men kwam op het idee om een kunstmatige ring van kleine koperen naaldjes rond de aarde te maken. Via die naaldjes kon er dan met radiosignalen over grote afstanden gecommuniceerd worden.

figuur 1



Op 9 mei 1963 werden  $480 \cdot 10^6$  kleine koperen naaldjes in een ring om de aarde gebracht. Figuur 1 geeft een artist's impression van deze ring om de aarde.

Elk cilindervormig naaldje was 1,8 cm lang en had een massa van  $40 \mu\text{g}$ .

De diameter van een mensenhaar is  $50 \mu\text{m}$ .

- 3p **23** Laat met een berekening zien of zo'n naaldje dunner is dan een mensenhaar.

De lengte van een naaldje was gelijk aan de helft van de golflengte van de microgolfstraling die voor de communicatie werd gebruikt.

- 3p **24** Bereken de frequentie van deze straling.

Als een naaldje door deze straling werd geraakt, ging het als een antenne werken. Het naaldje zond dan deze straling weer uit.

Het lukte om signalen met  $2,0 \cdot 10^4$  bits per seconde te verzenden via de naaldjes in de ruimte. Een digitale foto van nu is 5 megabyte (MB). In het dataverkeer is 1 byte gelijk aan 8 bits.

- 2p **25** Bereken hoeveel uur het zou duren om een foto van 5 MB via de naaldjes te verzenden.

De naaldjes bewogen op  $3,70 \cdot 10^3$  km boven de evenaar in een cirkelbaan rond de aarde. Voor de snelheid van een naaldje geldt:

$$v = \sqrt{G \frac{M}{r}}$$

Hierin is:

- $G$  de gravitatieconstante;
- $M$  de massa van de aarde;
- $r$  de straal van de cirkelbaan.

Er waren veel naaldjes nodig om gedurende langere tijd signalen te kunnen versturen. Een enkel naaldje was maar kort binnen bereik van de zender op aarde. Dit was omdat de omlooptijd van een naaldje om de aarde korter was dan de tijd  $T_{\text{aarde}}$  die de aarde nodig heeft voor een rotatie om haar eigen as.

4p **26** Bereken de omlooptijd van een naaldje.

De baanstraal en de snelheid van een naaldje werden constant beschouwd.

2p **27** Omcirkel in elke zin op de uitwerkbijlage het juiste alternatief.

De ring van naaldjes bleef uiteindelijk niet intact.

Inmiddels zijn bijna alle  $480 \cdot 10^6$  naaldjes gelijkmatig verdeeld weer op de aarde terechtgekomen op een strook die 20% van het aardoppervlak in beslag neemt. De NASA was van plan om enkele naaldjes te gaan zoeken om te bestuderen wat het effect van een verblijf in de ruimte geweest is. Om de haalbaarheid van deze zoektocht te beoordelen was het voor de NASA belangrijk in te schatten hoeveel naaldjes er per  $\text{km}^2$  te vinden zouden zijn.

3p **28** Bereken hoeveel naaldjes er gemiddeld per  $\text{km}^2$  terechtgekomen zijn.

**uitwerkbijlage**

27 Omcirkel in elke zin het juiste alternatief.

- De naaldjes bevonden zich **hog**er dan / in / **l**ager dan de geostationaire baan.
- De middelpuntzoekende kracht op een naaldje was **g**roter dan / **k**leiner dan / **g**elijk aan de gravitatiekracht op een naaldje.