

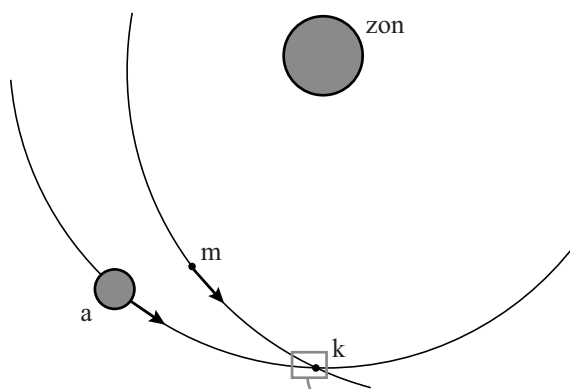
## Meteoriet van Tsjeljabinsk

Op 15 februari 2013 vroeg in de ochtend sloeg een klein deel van een meteoriet in bij het Russische plaatsje Tsjeljabinsk. Onderzoekers onderzochten hoe de vlucht van de meteoriet was verlopen. Ze bekeken daarbij de banen van de meteoriet en de aarde, vlak voor deze botsten.

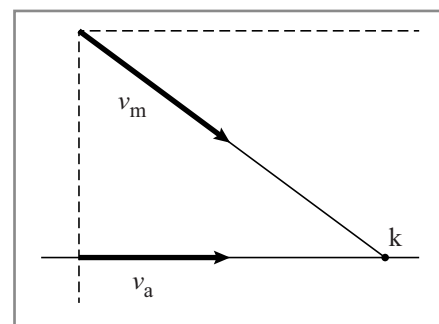
- 3p 23 Bereken de grootte van de baansnelheid van de aarde om de zon in 2 significante cijfers.

Figuur 1 geeft schematisch de banen van de meteoriet  $m$  en de aarde  $a$  om de zon weer. Figuur 1 is niet op schaal.

figuur 1



figuur 2



Vlak voor de botsing in punt  $k$  zijn deze banen te benaderen als rechte lijnen. Zie figuur 2. De vectoren in figuur 2 zijn op schaal en geven de richting en grootte van de baansnelheid van de meteoriet  $v_m$  en de baansnelheid  $v_a$  van de aarde.

Snelheidsvectoren zijn op dezelfde manier te ontbinden als krachtvectoren. De snelheidsvector van de meteoriet  $v_m$  is te ontbinden in twee richtingen: één parallel aan de baan van de aarde en één loodrecht op de baan van de aarde. Figuur 2 staat ook op de uitwerkbijlage. Hierin is met lijnen aangegeven waar de aarde en de meteoriet zich op bepaalde tijdstippen ten opzichte van elkaar bevonden.

Vroeg in de ochtend leek het vanaf de aarde gezien alsof de meteoriet vanuit de richting van de zon leek te komen.

- 2p 24 Leg uit dat de meteoriet vanuit de richting van de zon leek te komen. Ontbind hiertoe eerst snelheidsvector  $v_m$ .

Op 150 km boven het aardoppervlak ondervond de meteoriet luchtweerstand door de dampkring. Door de wrijving werd de meteoriet heet en een deel van de meteoriet ging direct over in de gasfase.

1p 25 Hoe heet deze faseovergang?

- A condenseren
- B smelten
- C stollen
- D sublimeren
- E verdampen

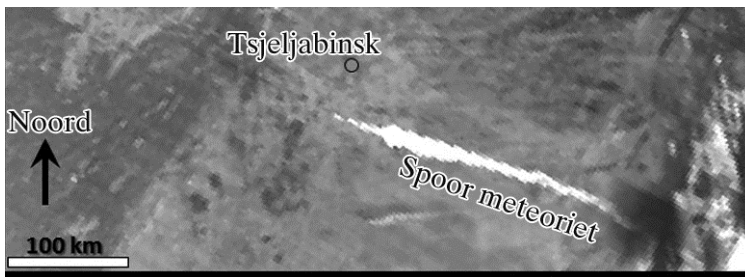
Door de hitte van de meteoriet werd er in 13 s een zichtbaar spoor langs de hemel getrokken. In figuur 3 zie je een foto van dit spoor gezien vanaf de aarde. De snelheid van de meteoriet wordt constant beschouwd.

figuur 3



Hetzelfde spoor is ook gefotografeerd door een satelliet vanuit de ruimte. Zie figuur 4.

figuur 4



Figuur 4 staat ook op de uitwerkbijlage.

Met deze figuur is te bepalen dat de snelheid van de meteoriet ten opzichte van de aarde gelijk was aan  $20 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$ .

3p 26 Toon deze snelheid aan met een bepaling.

De meteoriet explodeerde in de lucht. Bij de explosie werd de kinetische energie van de meteoriet omgezet.

De energie die bij grote explosies vrijkomt, wordt vergeleken met de energie die vrijkomt bij de explosie van een kiloton van de explosieve stof TNT. Een kiloton TNT levert een energie van  $4,2 \cdot 10^{12}$  J. De massa van de meteoriet vlak voor de explosie werd geschat op  $9 \cdot 10^3$  ton.

- 4p 27 Bereken hoeveel energie vrijkwam bij de explosie van de meteoriet, uitgedrukt in kiloton TNT.

Een klein deel van de meteoriet kwam uiteindelijk neer op de aarde. Dit stuk was bij benadering kubusvormig. Zie figuur 5.

figuur 5

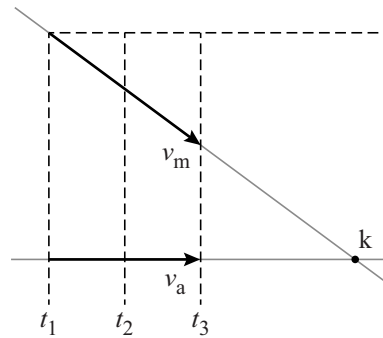


Dit stuk had een massa van  $6 \cdot 10^2$  kg. Sommige meteorieten bestaan (voornamelijk) uit ijzer en worden daarom ijzermeteorieten genoemd.

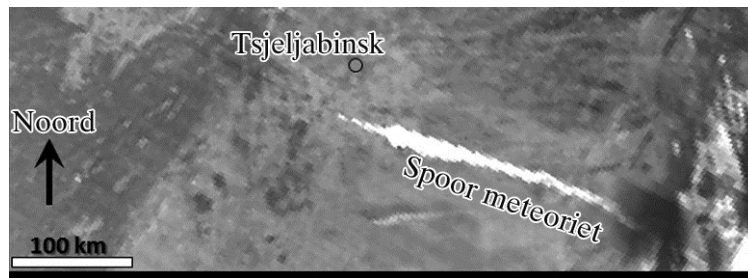
- 4p 28 Leg met een berekening uit of de meteoriet van Tsjeljabinsk een ijzermeteoriet is. Maak eerst een beredeneerde schatting van het volume van dit stuk meteoriet.

uitwerkbijlage

24



26



ruimte voor een bepaling: .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....