

Kunstmatige meteoroiden

Meteoroiden zijn objecten uit de ruimte die lichtflitsen veroorzaken bij het binnendringen en doorkruisen van de atmosfeer van de aarde. Deze lichtflitsen zijn als lichtsporen aan de hemel te zien. Zie figuur 1.

figuur 1



Meteoroiden komen de aardatmosfeer binnen met een snelheid tussen $3,5 \cdot 10^4 \text{ km h}^{-1}$ en $2,5 \cdot 10^5 \text{ km h}^{-1}$. De meteoroïde in figuur 1 was gedurende 1,22 s zichtbaar aan de hemel.

- 4p **1** Bereken de maximale lengte van het spoor van deze meteoroïde. Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

Het waarnemen van een meteoroïde is een toevalstreffer. Daarom ontwikkelt een Japans bedrijf kunstmatige meteoroiden om deze op afroep als kosmisch vuurwerk in te zetten. Het bedrijf heeft een satelliet ontworpen die vanuit de ruimte metalen bolletjes kan lanceren richting de aarde. Deze bolletjes komen de aardatmosfeer binnen op hoge snelheid. Door de luchtwrijving bereiken de bolletjes een zeer hoge temperatuur waardoor ze gedurende langere tijd helder licht uitzenden.

Het bedrijf heeft de bolletjes getest in een testopstelling waar ze de vlucht door de aardatmosfeer nabootsen met een luchtstroom. De temperatuur van de bolletjes wordt bepaald door de golflengte van de straling met de hoogste intensiteit te meten. Deze is 940 nm.

- 3p **2** Bereken de temperatuur van de bolletjes in $^{\circ}\text{C}$.

De satelliet van het bedrijf draait op $4,0 \cdot 10^2$ km hoogte boven het aardoppervlak in een cirkelbaan.

4p **3** Bereken de snelheid van de satelliet in deze baan.

De bolletjes beginnen hun val vanuit de satelliet richting aarde.

Max en Lara hebben ieder een verklaring waarom een bolletje niet in een cirkelbaan om de aarde blijft draaien, maar naar de aarde toe valt:

- Volgens Max valt een bolletje naar de aarde omdat het een lagere snelheid heeft dan de benodigde baansnelheid.
- Volgens Lara valt een bolletje naar de aarde omdat de gravitatiekracht groter is dan de middelpuntzoekende kracht die nodig is voor de cirkelbaan.

1p **4** Wie heeft er gelijk?

- A** Alleen Max heeft gelijk.
- B** Alleen Lara heeft gelijk.
- C** Beiden hebben gelijk.
- D** Geen van beiden heeft gelijk.

De bolletjes beginnen hun val richting aarde met een beginsnelheid van $7,5 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}$.

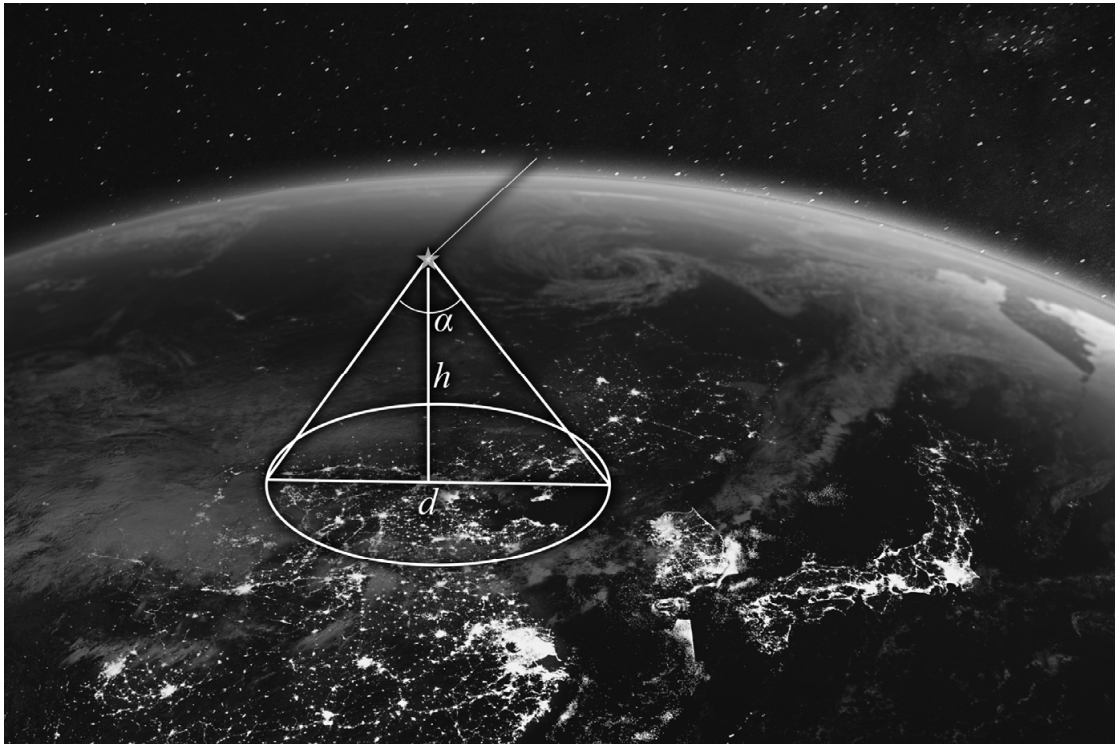
De valversnelling mag tijdens de hele val gelijkgesteld worden aan de valversnelling op aarde. Op een hoogte van $1,0 \cdot 10^2$ km komen de bolletjes de aardatmosfeer binnen.

De snelheid van de bolletjes is dan lager dan de snelheid van $3,5 \cdot 10^4 \text{ km h}^{-1}$ van een echte meteoroïde.

4p **5** Toon dat aan met een berekening met de wet van behoud van energie.

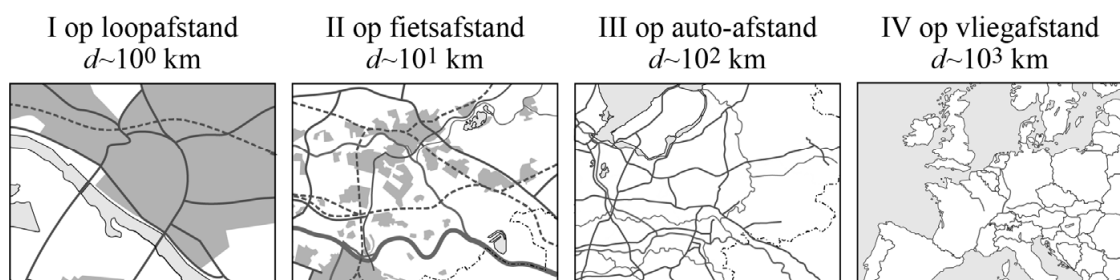
De kunstmatige meteoroiden lichten op als ze de atmosfeer op $h = 1,0 \cdot 10^2$ km boven het aardoppervlak binnendringen. Ze zijn op dat moment overal vanaf het aardoppervlak waarneembaar binnen een cirkelvormig gebied dat de basis is van een kegel met hoogte h en een tophoek α van 77 graden. Zie schematisch en niet op schaal in figuur 2.

figuur 2



In figuur 3 zijn vier gebieden (I, II, III en IV) met bijbehorende orde van grootte weergegeven.

figuur 3



- 3p **6** Leg met behulp van een berekening uit welk gebied (I, II, III of IV) het grootste gebied is waarbinnen het kosmisch vuurwerk van de meteoroiden nog overal zichtbaar is.