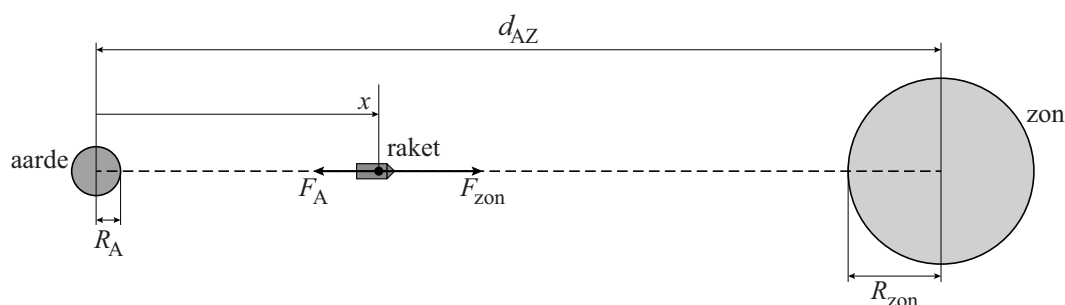


## Opgave 2 Reis naar de zon

De straling van de zon is vanaf de aarde te onderzoeken. Vanaf de oudheid hebben onderzoekers dat ook gedaan met het blote oog of met behulp van optische telescopen. Maar om meer te weten te komen over energiestromen en elektromagnetische velden in de corona, lanceren wetenschappers onderzoeksraketten die zo dicht mogelijk bij de zon komen.

Rond 1950 gingen de eerste onderzoeksraketten (ongeveer) in een rechte lijn naar de zon zoals weergegeven in figuur 1.

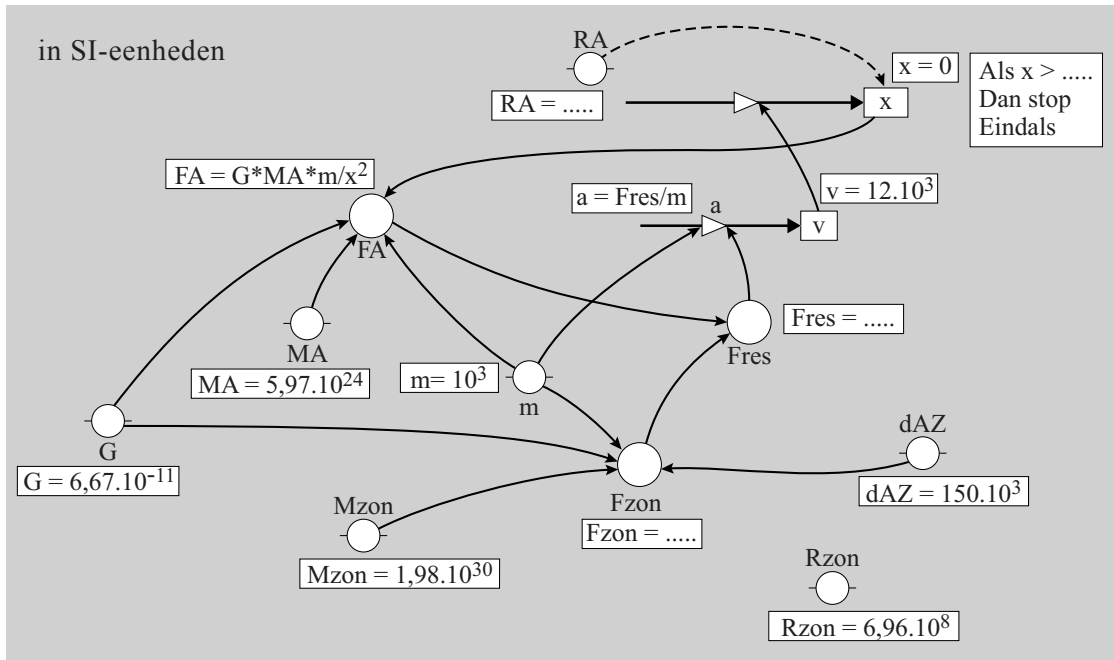
figuur 1



Met een rekenkundig model kan men uitzoeken hoe lang zo'n rechtstreekse reis duurt. Met het model kan men ook kijken hoeveel tijd er is om bepaalde metingen te doen, voordat de raket de zon bereikt. In figuur 2 staat zo'n rekenkundig model, zowel in de tekstvariant als de grafische variant. (Je mag kiezen welke variant je gebruikt.)

figuur 2

model	startwaarden eenheden in SI
$F_A = G \cdot M_A \cdot m / x^2$	$G = 6,67E-11$
$F_{zon} = \dots\dots\dots$	$R_A = \dots\dots\dots$
$F_{res} = \dots\dots\dots$	$R_{zon} = 6,96E8$
$a = F_{res} / m$	$d_{AZ} = 150E9$
$x = x + v \cdot dt$	$M_A = 5,97E24$
$v = v + a \cdot dt$	$M_{zon} = 1,989E30$
$t = t + dt$	$t = 0$
$t_{dag} = t / (3600 \cdot 24)$	$dt = 10$
Als $x > \dots\dots\dots$	$v = 12E3$
Dan stop	$x = R_A$
Eindals	$m = 1E3$



De startwaarde van de snelheid  $v$  in dit model is niet gelijk aan nul.

- 2p **3** Leg uit waarom deze startwaarde in deze situatie niet gelijk aan nul kan zijn.

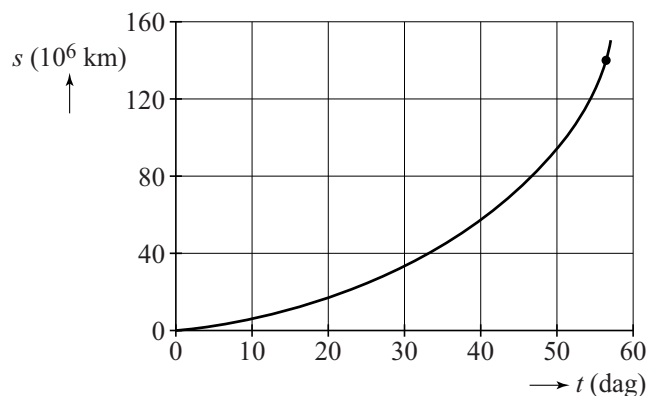
In het model is in een aantal regels een gedeelte weggelaten.

- 4p **4** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef de waarde van  $R_A$ .
  - Vul de modelregels voor  $F_{z\text{on}}$  en  $F_{\text{res}}$  aan.
  - Vul de stopvoorwaarde ('Als  $x > \dots$  Dan stop') aan.

De resultaten van het model staan in figuur 3.

In de grafiek is een punt aangegeven waarbij de raket zich op ongeveer 10 miljoen km van de zon bevindt. Vanaf dit punt is het interessant om metingen te doen aan de corona. Figuur 3 staat vergroot op de uitwerkbijlage. Ook de vergrote grafiek is niet nauwkeurig genoeg om direct de tijd af te lezen die de raket nodig heeft om 1 miljoen km af te leggen.

**figuur 3**



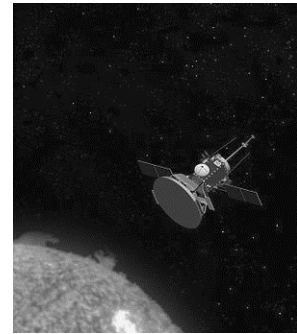
- 3p **5** Bepaal de snelheid van de raket op het aangegeven punt en bereken daarmee de tijd die de raket nodig heeft om vanuit het aangegeven punt een afstand van 1 miljoen km af te leggen.

Een rechtstreekse reis naar de zon, zoals die in figuur 1 is geschetst, vindt tegenwoordig niet meer plaats. In 2015 wordt de 'Solar Probe Plus' gelanceerd. Zie figuur 4. 'Solar Probe Plus' is een sonde die in een veel ingewikkelder traject naar de zon beweegt en uiteindelijk een cirkelvormige baan rond de zon gaat maken. De afstand tot de zon bedraagt dan 7,3 miljoen km.

De onderkant van de sonde is een vlak hitteschild dat steeds naar de zon toe is gericht. De temperatuur van het hitteschild zal tijdens de cirkelbeweging constant zijn: er is evenwicht tussen het ingestraalde en het uitgestraalde vermogen.

Neem aan dat het hitteschild een 'Planckse straler' is en verwaarloos het warmtetransport door geleiding.

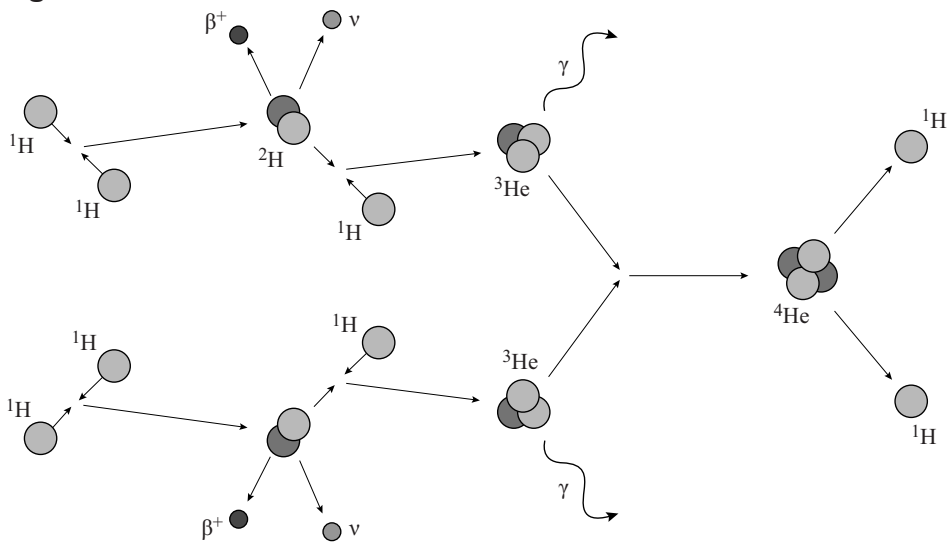
figuur 4



4p 6 Bereken de temperatuur van het hitteschild in deze situatie.

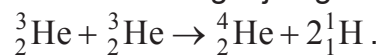
De kernfusies die in de zon plaatsvinden, staan bekend onder de naam 'proton-proton-chain'. De 'proton-proton-chain' is weergegeven in figuur 5.

figuur 5



Hierin komen drie verschillende reacties voor.

De reactievergelijking van de laatste afgebeelde reacties is:



3p 7 Bereken de hoeveelheid energie die deze reactie oplevert.

3p 8 Schrijf de twee andere reacties afzonderlijk in een reactievergelijking. Gebruik dezelfde notatie als in de reactievergelijking hierboven.

## uitwerkbijlage

Naam kandidaat \_\_\_\_\_ Kandidaatnummer \_\_\_\_\_

5

