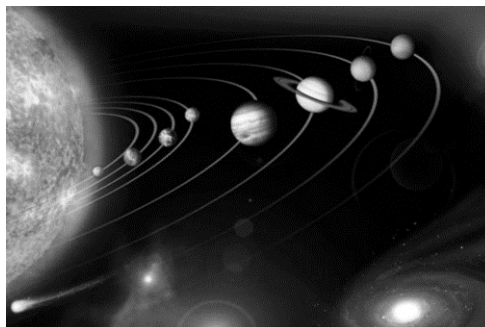


## De leeftijd van ons zonnestelsel

Volgens sterrenkundigen zijn de meteorieten die op aarde terechtkomen tegelijk met ons zonnestelsel ontstaan.



Meteorieten bestaan onder andere uit de stoffen rubidium-87 (Rb-87), strontium-87 (Sr-87) en strontium-86 (Sr-86). Het radioactieve Rb-87 vervalst tot Sr-87. De hoeveelheid Sr-86 verandert niet.

Om de leeftijd  $t$  (in jaren) van een meteoriet te bepalen gebruikt men onder andere de verhouding:

$$a(t) = \frac{\text{hoeveelheid Rb-87}}{\text{hoeveelheid Sr-86}} \text{ op tijdstip } t$$

Deze verhouding verandert voortdurend vanaf het ontstaan van een meteoriet. Er geldt:

$$a(t) = a(0) \cdot e^{-\lambda t}$$

Hierin is  $\lambda$  de vervalconstante van Rb-87. Die is  $1,42 \cdot 10^{-11}$  per jaar. De constante  $a(0)$  is de verhouding tussen de hoeveelheden Rb-87 en Sr-86 op  $t = 0$ .

- 3p **13** Bereken op algebraïsche wijze in hoeveel tijd de waarde van  $a$  gehalveerd wordt. Geef je antwoord in miljarden jaren nauwkeurig.

De waarde  $a(0)$  is onbekend en verschilt per meteoriet. Daarom kunnen we de leeftijd van een meteoriet niet bepalen op grond van de gemeten waarde  $a(t)$  alleen. Leeftijdsbepaling is wel mogelijk door naast  $a(t)$  ook gebruik te maken van een tweede verhouding:

$$b(t) = \frac{\text{hoeveelheid Sr-87}}{\text{hoeveelheid Sr-86}} \text{ op tijdstip } t$$

Omdat Rb-87 vervalt tot Sr-87 en Sr-87 zelf niet vervalt, verandert de waarde van de **som** van  $a(t)$  en  $b(t)$  voor een bepaalde meteoriet niet in de loop der tijd. Dit betekent dat  $a(t) + b(t) = a(0) + b(0)$  voor elke  $t \geq 0$ .

Uit  $a(t) + b(t) = a(0) + b(0)$  en  $a(t) = a(0) \cdot e^{-\lambda t}$  volgt:

$$b(t) + (1 - e^{-\lambda t})a(t) = b(0)$$

3p **14** Toon dit aan.

Van twee even oude meteorieten,  $M_1$  en  $M_2$ , zijn de waarden  $a(t)$  en  $b(t)$  bepaald, waarbij  $t$  de leeftijd van deze meteorieten is. Zie de tabel.

**tabel**

meteoriet	$a(t)$	$b(t)$
$M_1$	0,60	0,739
$M_2$	0,20	0,713

Door gebruik te maken van:

- $b(t) + (1 - e^{-\lambda t})a(t) = b(0)$ , met  $\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11}$  per jaar,
- de aanname dat  $b(0)$  voor elke meteoriet hetzelfde is en
- de gegevens uit de tabel

kan de leeftijd van de meteorieten (en volgens sterrenkundigen dus ook die van ons zonnestelsel) worden berekend.

4p **15** Bereken deze leeftijd. Rond je antwoord af op miljarden jaren.

**Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.**