27 In het begin van de vorige eeuw ontdekte men dat alle sterrenstelsels van ons af bewegen, ongeacht in welke richting je kijkt. De snelheid waarmee dat gebeurt, neemt toe als de afstand tot het sterrenstelsel groter wordt. Deze relatie staat bekend als de wet van Hubble:

$v = H_0 \cdot d$

- $v$ is de verwijderingssnelheid.
- $H_0$ is de Hubbleconstante.
- $d$ is de afstand tot de aarde.

a Toon aan dat de eenheid van de Hubbleconstante $s^{-1}$ is.

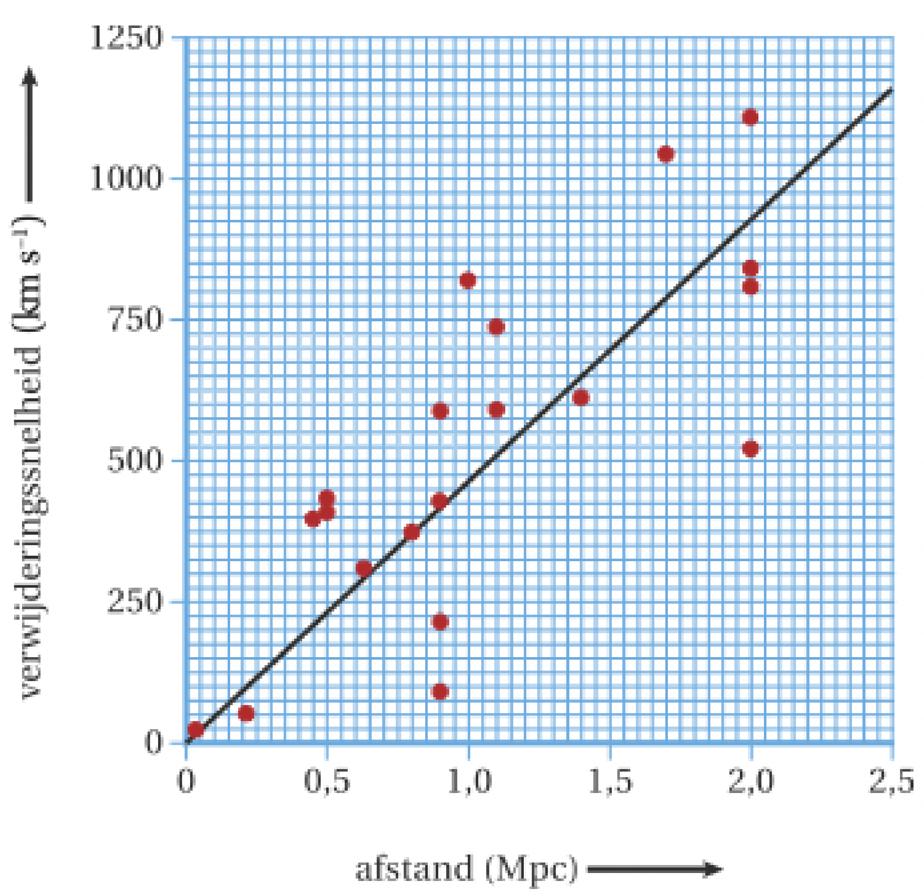
In figuur 11.37 zie je een aantal experimentele waarnemingen uit 1929. De getrokken lijn geeft het verband tussen de meetpunten weer. De afstand is uitgedrukt in Mpc, waarbij 1 Mpc = $3{,}26 \cdot 10^6$ lichtjaar.

b Toon aan dat uit figuur 11.37 een Hubbleconstante van $1{,}5 \cdot 10^{-17}\ s^{-1}$ volgt.

Metingen uit 2001 resulteren in een waarde van $H_0 = 2{,}3 \cdot 10^{-18}\ s^{-1}$. De Hubbletijd $t_H$ is de tijd die verlopen is sinds de oerknal. Dit zou dus de leeftijd van het heelal zijn.

Er geldt $t_H = \frac{1}{H_0}$.

c Bereken de Hubbletijd. Geef je antwoord in miljard jaar.




**Figuur 11.37**

**Opgave 27**

a De eenheid van $H_0$ leid je af met de eenheden van de andere grootheden in de formule.

$[v] = [H_0] \cdot [d]$
$[v] = m\,s^{-1}$
$[d] = m$
$m\,s^{-1} = [H_0] \cdot m$
$[H_0] = s^{-1}$

b De Hubbleconstante bepaal je met de steilheid van de $(v,d)$-grafiek.

$$H_0 = \frac{\Delta v}{\Delta x}$$

De grafiek gaat door de oorsprong en het punt (2,5 Mpc; 1150 km $s^{-1}$).
1 Mpc = $3{,}26 \cdot 10^6$ lichtjaar
1 lichtjaar is $9{,}461 \cdot 10^{15}$ m (zie BINAS tabel 5)

2,5 Mpc = $2{,}5 \times 3{,}26 \cdot 10^6 \times 9{,}461 \cdot 10^{15}$ m = $7{,}7107 \cdot 10^{22}$ m
1150 km $s^{-1}$ = $1{,}150 \cdot 10^6$ m $s^{-1}$

$$H_0 = \frac{1{,}150 \cdot 10^6 - 0{,}0}{7{,}711 \cdot 10^{22} - 0{,}0} = 1{,}491 \cdot 10^{-17}\ s^{-1}$$

Afgerond: $H_0 = 1{,}5 \cdot 10^{-17}\ s^{-1}$.

c De Hubbletijd bereken je met de gegeven formule.

$$t_H = \frac{1}{H_0}$$

$H_0 = 2{,}3 \cdot 10^{-18}\ s^{-1}$

$$t_H = \frac{1}{2{,}3 \cdot 10^{-18}}$$

$t_H = 4{,}347 \cdot 10^{17}$ s
1 miljard jaar = $1 \cdot 10^9 \times 3{,}15 \cdot 10^7 = 3{,}15 \cdot 10^{16}$ s

Invullen levert: $4{,}347 \cdot 10^{17} = \frac{4{,}347 \cdot 10^{17}}{3{,}15 \cdot 10^{16}} = 13{,}8$ miljard jaar .

Afgerond: $t_H$ = 14 miljard jaar.