

# 13 Universum

## Universum och dess tidiga utveckling

- 13.1 Det finns ca  $200 \cdot 10^9$  stjärnor i Vintergatan och ca  $100 \cdot 10^9$  galaxer. Det finns då ca  $200 \cdot 10^9 \cdot 100 \cdot 10^9 = 20 \cdot 10^{21} = 20$  triljarder galaxer i universum.

Ett sandkorn har volymen

$$V_{\text{korn}} = (0,25 \cdot 10^{-3})^3 = 1,5625 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3$$

Den totala volymen av jordens sandstränder är

$$V_{\text{strand}} = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 1000 \cdot 50 \cdot 1,0 \text{ m}^3 = 7,5 \cdot 10^{10} \text{ m}^3$$

Antal sandkorn på jordens samtliga stränder fås då som

$$\frac{V_{\text{strand}}}{V_{\text{korn}}} = \frac{7,5 \cdot 10^{10}}{1,5625 \cdot 10^{-11}} = 4,8 \cdot 10^{21} = 4,8 \text{ triljarder}$$

Det finns alltså fler stjärnor i universum än sandkorn på jordens samtliga stränder.

Svar: Sant

## Elektromagnetisk strålning

- 13.2 En stjärnas skenbara amplitud ges av

$$m = M - 5 + 5 \lg r$$

är inte linjärt beroende på avståndet till den. Om  $r$  fördubblas halveras därmed inte dess skenbara amplitud.

Svar: Falskt

13.3 En stjärnas absoluta amplitud ges av

$$M = m + 5 - 5 \lg r$$

där  $m = 13$  och  $r = 20$  parsec

vilket ger  $M = 13 + 5 - 5 \lg 20 = 11,49$

Svar: 11

13.4 En stjärnas absoluta amplitud ges av

$$M = m + 5 - 5 \lg r$$

ur vilket det sökta avståndet fås enligt

$$5 \lg r = m + 5 - M$$

$$\lg r = \frac{m + 5 - M}{5}$$

$$r = 10^{\frac{m+5-M}{5}}$$

där  $m = 30$  och

a)  $M = -1$

vilket ger  $r = 10^{\frac{30+5-(-1)}{5}}$  parsec =  $1,58 \cdot 10^7$  parsec

b)  $M = -21$

vilket ger  $r = 10^{\frac{30+5-(-21)}{5}}$  parsec =  $1,58 \cdot 10^{11}$  parsec

Svar: a) 16 Mparsec och b) 0,16 Tparsec

13.5 En stjärnas skenbara amplitud ges av

$$m = M - 5 + 5 \lg r$$

För en cepheid gäller dessutom att

$$\lg T + 0,394M = -0,657$$

ur vilket den absoluta amplituden fås som

$$M = \frac{-0,657 - \lg T}{0,394}$$

vilket ger den skenbara amplituden som

$$m = \frac{-0,657 - \lg T}{0,394} - 5 + 5 \lg r$$

där  $T = 3,0$  dygn och  $r = 0,9$  Mparsec

Cepheidens skenbara amplitud fås då som

$$m = \frac{-0,657 - \lg 3,0}{0,394} - 5 + 5 \lg(0,9 \cdot 10^6) = 21,9$$

Svar: 22

13.6 Här är  $\lambda = 414 \text{ nm}$  och  $\lambda_0 = 393 \text{ nm}$

a) Rödförskjutningen är

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{414 - 393}{393} = 0,05344$$

vilket är en relativt liten sådan och vi kan därför använda

$$z = \frac{v}{c}$$

vilket ger oss galaxens hastighet bort från oss som

$$v = zc = 0,05344 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 1,603 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

b) Hubbles lag

$$v = H_0 r$$

ger oss avståndet till galaxen som

$$r = \frac{v}{H_0}$$

där  $v = 1,603 \cdot 10^4 \text{ km/s}$

och  $H_0 = 68 \text{ (km/s)/Mparsec}$

Avståndet beräknas nu enligt

$$r = \frac{1,603 \cdot 10^4}{68} \text{ Mparsec} = 235,7 \text{ Mparsec}$$

Svar: a)  $1,6 \cdot 10^7 \text{ m/s}$  och b) 236 Mparsec

13.7 En stjärnas absoluta amplitud ges av

$$M = m + 5 - 5 \lg r$$

där  $m = -0,01$

och  $r = 1/p$

där  $p = 0,742$  bågsekunder

Detta ger stjärnans absoluta amplitud som

$$M = -0,01 + 5 - 5 \lg \left( \frac{1}{0,742} \right) = 4,34$$

Svar: 4,3

13.8 En stjärnas skenbara amplitud ges av

$$m = M - 5 + 5 \lg r$$

där  $M = 4,8$

och  $r = 40$  parsec

vilket ger  $m = 4,8 - 5 + 5 \lg 40 = 7,81$

Svar: 7,8

13.9 a) Galaxens hastighet fås som

$$v = H_0 r$$

där  $H_0 = 68$  (km/s)/Mparsec

och  $r = 32 \cdot 10^6$  ljusår  $= 3,04 \cdot 10^{20}$  km =  
 $= 9,81 \cdot 10^6$  parsec  $= 9,81$  Mparsec

vilket ger  $v = 68 \cdot 9,81 = 667$  km/s

b) Galaxens hastighet är mycket mindre än ljusets hastighet och därmed kan dess rödförskjutning beräknas enligt

$$z = \frac{v}{c} = \frac{667 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^8} = 0,00222$$

Svar: a) 670 km/s och b) 0,0022

13.10 Här är  $\lambda = 645 \text{ nm}$  och  $\lambda_0 = 590 \text{ nm}$

a) Rödförskjutningen är

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{645 - 590}{590} = 0,09322$$

vilket är en relativt liten sådan och vi kan därför använda

$$z = \frac{v}{c}$$

vilket ger oss galaxens hastighet bort från oss som

$$v = zc = 0,09322 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 2,797 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

b) Hubbles lag

$$v = H_0 r$$

ger oss avståndet till galaxen som

$$r = \frac{v}{H_0}$$

där  $2,797 \cdot 10^4 \text{ km/s}$

och  $H_0 = 68 \text{ (km/s)/Mparsec}$

Avståndet beräknas nu enligt

$$r = \frac{2,797 \cdot 10^4}{68} \text{ Mparsec} = 411,3 \text{ Mparsec}$$

Svar: a)  $2,8 \cdot 10^7 \text{ m/s}$  och b)  $410 \text{ Mparsec}$

## Exoplaneter och liv på andra planeter

13.11 Se bokens Svar till övningar