

Rødforskydning: Doppler på Doppler på...

Vi ser her på den serie af rødforskydninger, en foton undergår på den lange vej i Universet fra emitter til observatør.

Bølgelængden af lyset set fra emittergalaksen kalder vi λ_{em} , og bølgelængden hos observatøren kaldes her λ_{obs} .

Bølgelængden set fra den første galakse, lyset passerer efter at have forladt emittergalaksen, betegner vi med λ_1 , set fra den anden galakse kalder vi bølgelængden λ_2 osv.

Bølgelængden set fra den næstsidste galakse inden observatørgalaksen betegner vi med λ_{n-1} . Fotonen har således undergået i alt n Dopplerforskydninger.

Vi har identiteten

$$\frac{\lambda_{obs}}{\lambda_{em}} = \frac{\lambda_{obs}}{\lambda_{n-1}} \cdot \frac{\lambda_{n-1}}{\lambda_{n-2}} \cdot \frac{\lambda_{n-2}}{\lambda_{n-3}} \cdot \dots \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \cdot \frac{\lambda_1}{\lambda_{em}}$$

Vi indfører i denne ligning den globale z rødforskydning, samt de lokale rødforskydninger Δz :

$$1 + z = (1 + \Delta z_n) \cdot (1 + \Delta z_{n-1}) \cdot (1 + \Delta z_{n-2}) \cdot \dots \cdot (1 + \Delta z_2) \cdot (1 + \Delta z_1)$$

Hvis vi antager, at alle de lokale rødforskydninger er ens i størrelse (og som vi betegner med Δz), finder vi

$$1 + z = (1 + \Delta z)^n \quad \text{global og lokal rødforskydning}$$

hvoraf

$$\ln(1 + z) = n \cdot \ln(1 + \Delta z)$$

Er antallet n et stort tal, vil Δz være lille, og vi kan derfor lave tilnærmelsen $\ln(1 + \Delta z) \approx \Delta z$.

Derfor:

$$\ln(1 + z) \approx n \cdot \Delta z$$

eller

$$\Delta z \approx \frac{\ln(1+z)}{n} \quad \text{lokal rødforskydning}$$

Opdeler vi fx en rødforskydning på 10 i 1000 små rødforskydninger, bliver

$$\Delta z \approx \frac{\ln(1 + 10)}{1000} = 0,002398$$

Denne lokale rødforskydning svarer efter Dopplerloven til, at den efterfølgende galakse har hastigheden

$$v = \Delta z \cdot c = 0,002398 \cdot 300000 \text{ km/s} = 719 \text{ km/s}$$

i forhold til den forrige. Altså en helt urelativistisk hastighed.

Hvis galakserne ikke med tiden ændrer hastighed (Milnemodel), vil emittergalaksen have hastigheden

$$v_{em} = 719 \cdot 1000 \text{ km/s} = 719\,000 \text{ km/s} = 2,398 c$$

I Milnemodellen (og kun i den) kan vi oversætte til en speciel relativitetsteori hastighed, nemlig

Et www.borgeleo.dk dokument

$$v_{em, SR} = c \cdot \tanh(2,398) = 0,9836 c$$

Altså ikke hurtigere end lyset!

Årsagen til denne tilsyneladende 'overlyshastighed' er det anvendte afstandsbegreb: afstanden til galaksen er summen af lokale egenafstande (afstande målt lokalt, i hvile i forhold til tætliggende galakser på fotonens spor på vejen til os). Afstandene er således ikke – på trods af de store hastigheder der er involveret - Lorentz-forkortede, som i den specielle relativitetsteori. Derfor er der ingen øvre grænse for hastigheden.

Med denne SR-hastighed kan vi udregne rødforskydningen vha. formlen

$$1 + z = \sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}} = \sqrt{\frac{1 + 0,9836}{1 - 0,9836}} = 11,00$$

Svarende til rødforskydningen 10.