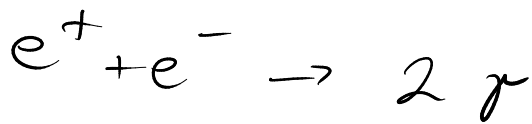


# Anwesenheitsübung 9

## 1. Wiederholung

1a) Entkoppeln: Expansionsrate  $>$   
Reaktionsrate

b) Paarvernichtung:



Erkältung, von der drei Neutrinos mittels  
Mitbekommt.

c) Neutronen werden gebunden.

d) Es können sich erstmal Atome  
bilden. Dabei ist der  $2\gamma$ -  
Übergang wichtig.

2)

$$\underline{O}_m a^{-3} = \underline{O}_r a^{-4}$$

$$a = \frac{1}{1+z}$$

$$\frac{\underline{O}_m}{\underline{O}_r} - 1 = Z_{eq}$$

## 2 Entfernungen in der Kosmologie

1) Lichtlaufzeitentfernung

$$D = c \cdot \Delta t$$

Winkel Durchmesser

$$D = \frac{d}{\vartheta} \quad \text{einfache Geometrie}$$

oder auch mit Raumwinkel:

$$D_A = \sqrt{\frac{\pi R^2}{\Omega}}$$

↙ angular diameter

Leuchtkraftentfernung

Entfernung über Fluss und Entfernungsmodul.

Man muss  $L$  kennen.

Im lokalen Universum:

$$D_L = \sqrt{\frac{L}{4\pi F}}$$

2)

$\underline{D}_0 = \underline{D}_m$  in diesem Beispiel.

absolute Mag

Rotverschieb

→  
Mating

$D_L$

Entfernungsmodul

$m$

3) Ebenfalls Leuchtkraftentfernung

Außer dem kann man die absolute Leuchtkraft recht gut.

4) Älter als das Universum

6) absolute Helligkeit + Scheinbare  $\Rightarrow$   
 $1,4 \cdot 10^{10} P_c$

In Graph  $\Leftrightarrow Z = 1,7$

### 3 Erfolge und Probleme des

#### Erfolge

- CMB
- $Y$ , der Heliumanteil, dies kann beobachtet werden
- Vorhersage über die Anzahl der Neutrinofamilien
- Monotonie von Rotverschiebung und Entfernung.

#### Probleme

- Horizontproblem
- Flachheit,  $Q_0 \approx 1$