

Übung 8

Aufgabe 1

1) $e^+ e^- \rightarrow \gamma \gamma$ Paarerzeugung

2) Anzahl dichte nimmt mit a^{-3} ab

$$N = nV = n'V' \quad V \propto (ax)^3$$

$$\frac{n}{n'} = \frac{V'}{V} = \left(\frac{a'}{a}\right)^3$$

Definiere $a' = 1$ für den heutigen Zeitpunkt.

$$\frac{n}{n'} = (1+z)^3$$

Außerdem ersetzt die Frequenz

$$\nu' = \frac{1}{1+z} \nu$$

$$\frac{dn'}{d\nu'} = \frac{dn}{(1+z)^{3z}} \frac{1}{d\nu} \cancel{(1+z)}$$

3) Abschreiben:

$$\frac{dn'}{d\nu'} = \frac{8\pi \nu'^2}{c^3} \frac{1}{\exp\left(\frac{h\nu'}{kT'}\right) - 1}$$

Von oben Ersetz:

$$\frac{\cancel{8\pi} \nu^2}{\cancel{c^3} \exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1} \frac{1}{(1+z)^2} = \frac{\cancel{8\pi} \nu'^3}{\cancel{c^3} \exp\left(\frac{h\nu'}{kT'}\right) - 1}$$

$$\nu^2 \left(\exp\left(\frac{h\nu'}{kT'}\right) - 1 \right) = \nu'^2 (1+z)^2 \left(\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1 \right)$$

↑ Ersetz

$$\Rightarrow \frac{v'}{T'} = \frac{v}{T}$$

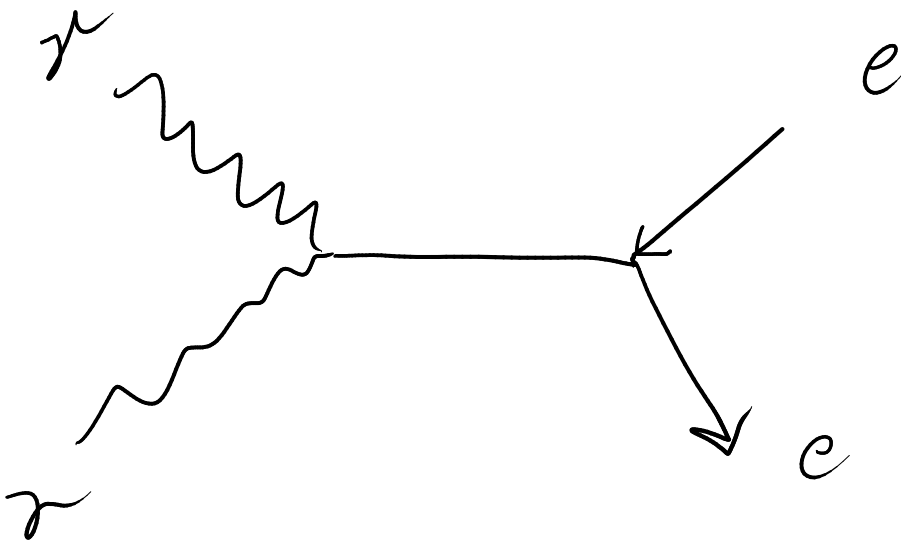
$$T = T_0 (1 + z) \approx 2.73 \text{ K}$$

Aufgabe 2

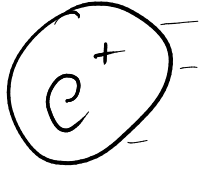
Teil 1

a) Chemisches Gleichgewicht, in beide Richtungen gleich wahrscheinlich.

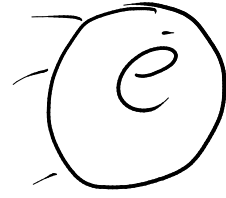
b) $\Gamma_{12} = n_1 n_2 \langle v \sigma \rangle$ Energie nimmt ab.
 Dichten nehmen ab



Aut nimmer-
wiedersohn



Elektronen entkoppeln.



OH
Nem!

c) Das gleiche wie bei anderen Teilchen
auch, nur noch früher, da sie nur
schwach wechselwirken.

d) zu schwach, um zu beobachten.

Die Temperatur ist höher, da
diese dem Temperaturschub der
Photonen nicht mitbekommen haben

Teil 2

a) Ersetzen und ausrechnen, Als Temperatur:

$$T = 8 \cdot 10^9 \text{ K}$$

$$\frac{n_n}{n_p} = \frac{1}{6}$$

Protonen sind einfacher zu erzeugen, da sie leichter sind.

b)

$$\frac{n_n}{n_0} = \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) = 0,816$$

$$\left(\frac{n_n}{n_p}\right)' = \frac{1}{6}$$

Danach gibt es weniger Neutronen.

Eventuell müsste man noch die abstrahierten Protonen mit Errechnen.

$$c) Y = \frac{M_{\text{He}}}{M_{\text{tot}}} = \frac{4 m_p N_{\text{He}}}{m_p (N_{\text{H}} + N_{\text{He}})} = 4 \frac{N_{\text{He}}}{N_{\text{H}} + N_{\text{He}}} = 4 \left(1 + \frac{M_{\text{He}}}{M_{\text{H}}} \right)$$

Dass geht nicht!

~~$$= 4 \left(1 + \frac{N_{\text{n}}/2}{N_{\text{p}}} \right) = 4 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{1}{7} \right)$$~~

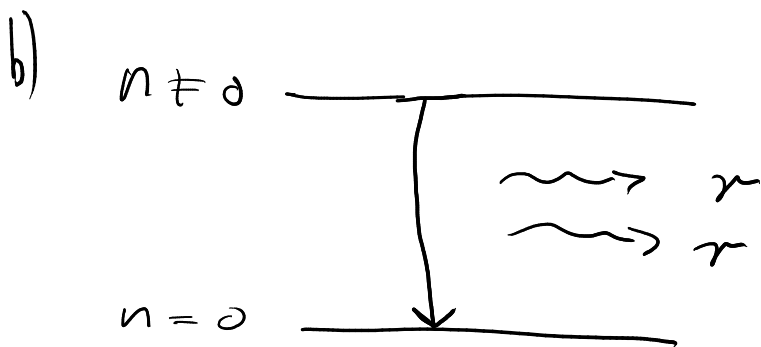
~~$$= 4 \left(1 + \frac{1}{14} \right) = \frac{4 \cdot 15}{14}$$~~

~~$$\approx 4 \quad \approx 25\%$$~~

Teil 3

a) $E = 13,6 \text{ eV}$

$T = 1,6 \cdot 10^5 \text{ K}$

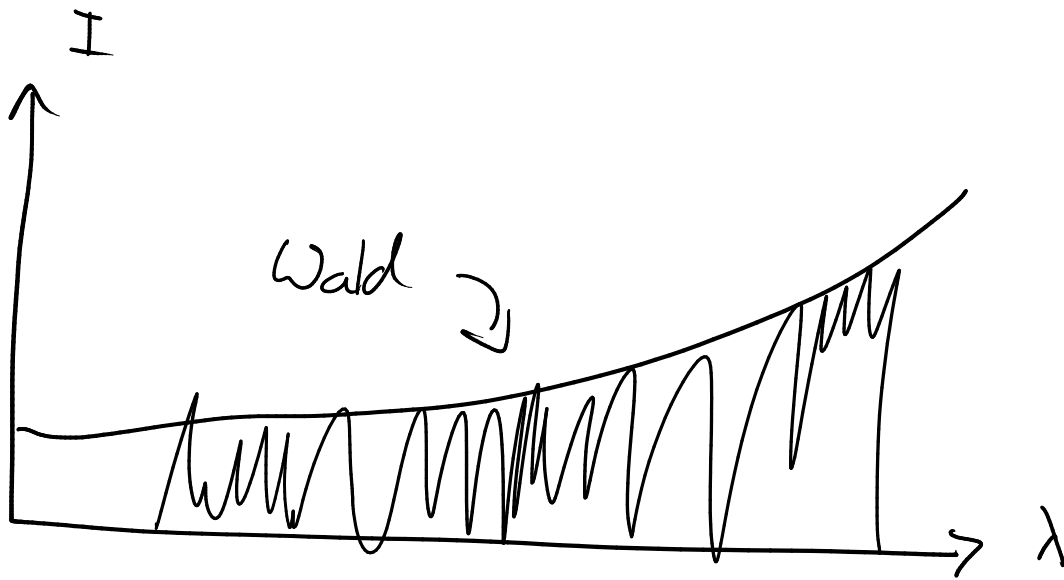


Sehr seltener Übergang

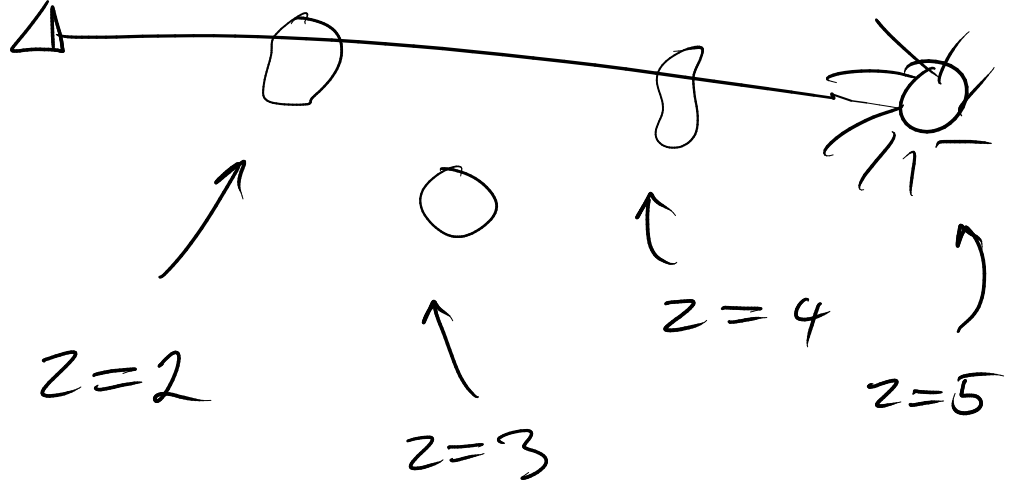
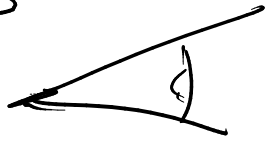
Teil 4

a) eher ionisiert, O und B
Sterne

b)



Beobacht
↳



Jede Wolke erschafft eine neue
Gruppe im Spektrum

Bei weit entfernten Objekten ist die
Verteilung eher homogen.