

1.1.68 Problema

In un esperimento di Stern-Gerlach eseguito con un fascio di atomi di idrogeno è stata misurata, per ogni componente del fascio uscente, una deviazione all'estremità del magnete pari a $z = 1.4\text{mm}$. Sapendo che il magnete è lungo $l = 1\text{m}$ con gradiente di campo $G_B = 10\text{T/m}$, determinare la temperatura del forno da cui si è estratto il fascio di idrogeno atomico. Gli atomi del gas si possono considerare ancora nello stato fondamentale?

Soluzione

La forza che si esercita sugli atomi di idrogeno è $|F_z| = G_B\mu_B$. Il tempo di permanenza degli atomi all'interno del magnete è dato da $t = \frac{l}{v_x} = \frac{l}{\sqrt{\frac{3k_B T_B}{M}}}$, essendo

$\frac{1}{2}Mv_x^2 = \frac{3}{2}k_B T$. Poiché

$$z = \frac{1}{2} \frac{F_z}{M} t^2 = \frac{G_B \mu_B l^2}{6k_B T},$$

si calcola subito la temperatura:

$$k_B T = \frac{G_B \mu_B l^2}{6z} = 11.1 \times 10^{-21} \text{J} = 0.0693 \text{eV}.$$

La temperatura del forno è $T \simeq 800 \text{K}$. Gli atomi sono ancora nello stato fondamentale, infatti il rapporto delle popolazioni tra i primi due stati dell'idrogeno è:

$$\frac{n_2}{n_1} \propto e^{-\frac{E_1 - E_2}{k_B T}} = e^{-\frac{27.2}{0.069} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{8}\right)} \approx 10^{-65}.$$