

Temperaturas de enfriamiento.

Es muy ilustrativo comparar las temperaturas equivalentes a distintos valores de la energía cuando radiación electromagnética interactúa con átomos en procesos de enfriamiento. Recordemos primero que para un átomo el ancho natural γ y de manera equivalente la vida media del estado superior τ son parámetros intrínsecos contra los que se pueden comparar tasas de transición inducidas por la radiación. A lo largo de esta discusión utilizaremos como ejemplo el átomo de rubidio para establecer los órdenes de magnitud de las cantidades consideradas. Así por ejemplo la vida media del estado $5p_{3/2}$ que se emplea para el atrapamiento es $\tau = 26.63 \text{ ns}$ y le corresponde una anchura angular natural $\gamma = 2\pi \times 5.98 \text{ MHz}$.

La primera energía que consideraremos corresponde a una velocidad tal que se encuentra en el límite de enfriamiento por corrimiento Doppler. La velocidad *de captura* está dada por $v_c = \gamma/k$. La energía cinética correspondiente permite definir la *temperatura de captura* T_c mediante

$$k_B T_c = \frac{1}{2} M v_c^2 = \frac{1}{2} \frac{M \gamma^2}{k^2} \quad (1)$$

Sustituyendo la masa del isótopo ^{85}Rb y la longitud de onda de la transición $\lambda = 780.2 \text{ nm}$ se obtiene una temperatura de captura de $T_c = 222.12 \text{ mK}$.

La siguiente energía que consideraremos es la equivalente al ancho natural del estado, dada por $\hbar\gamma/2$. Esto da lugar a la definición de la *temperatura Doppler*

$$k_B T_D = \frac{\hbar\gamma}{2} \quad (2)$$

Para rubidio la temperatura Doppler es $T_D = 143.41 \text{ } \mu\text{K}$.

Finalmente el último proceso que hay que considerar es el del culatazo (patada) que siente el átomo cada vez que absorbe y reemite un fotón. El fotón imparte al átomo un momento que está dado por $\hbar k = M v_r$. De aquí obtenemos la energía cinética que resulta de este proceso de interacción con la radiación $1/2 M v_r^2 = \hbar^2 k^2 / 2M$. Esto permite definir el límite inferior de enfriamiento por procesos radiativos, dado por la *temperatura de culatazo* T_r , dada por

$$k_B T_r = \frac{\hbar^2 k^2}{2M} \quad (3)$$

Para ^{85}Rb esta temperatura es $T_r = 185 \text{ nK}$.