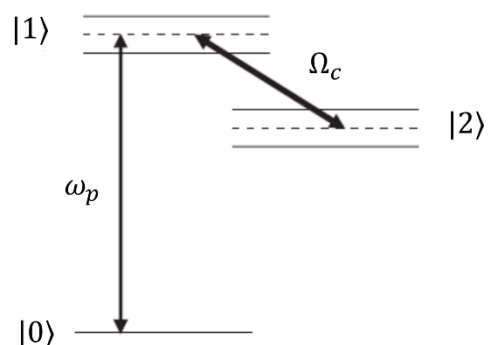


1. Demuestre que la ecuación (8.12) que nos permite calcular el promedio del ensemble del valor esperado de cualquier operador \hat{A} , es válida no solo para un estado mezcla si no también para un sistema en un estado puro representado por $|\Psi\rangle$. (Notar que en ese caso $P = 1$ para ese estado y 0 para cualquier otro)
2. *Opcional:* Deducir ec (8.13), ec. (9.11) y ec. (9.12)
3. Compruebe que las ecuaciones (9.17) son correctas a partir de la solución estacionaria para las poblaciones y las coherencias. Grafique la parte real y la parte imaginaria de la susceptibilidad como función de $\Delta \cdot T_2$ para $4\Omega^2 T_2 T_1 = 0, 2, 4$ y 10. Interprete los resultados. ¿Cómo se relaciona con la susceptibilidad encontrada en el tratamiento clásico?
4. Utilizando la ecuación (9.18) y la expresión de la intensidad incidente como función del campo, y en condición de *detuning* cero ($\Delta = 0$):
 - a) encuentre una expresión para la intensidad de saturación I_s .
 - b) Considere que $\mu_d = 2.10^{-29} \text{Cm}$ (es el valor para la transición $3s \rightarrow 3p$ en el átomo de sodio), $T_1 = 16\text{ns}$ y $\frac{T_2}{T_1} = 2$. ¿Cuánto vale la frecuencia de Rabi y la intensidad de saturación?
 - c) Cuál es la intensidad con que tiene que iluminar al sistema en b) para que χ'' a *detuning* cero caiga un factor 2 respecto de su valor máximo (o sea cuando $I \ll I_s$)?
5. Sabiendo que el coeficiente de absorción se relaciona con la parte imaginaria de la susceptibilidad a través de:

$$\alpha = \frac{2\omega}{c} \text{Im}[n]$$
 - a) Demuestre que bajo la aproximación $\chi \ll 1$ se cumple que $\alpha = \frac{2\omega}{c} \chi''$
 - b) Para la condición de *detuning* distinto de cero, ($\Delta \neq 0$), y $T_1 = T_2 \equiv T$ proponga una expresión generalizada para la frecuencia de Rabi $\Omega(\Delta)$ y escriba el coeficiente de absorción en función de esa variable. Grafique. Cómo se modifica su definición de I_s encontrada en el problema 4?
 - c) Cuando el *detuning* es positivo e igual a $\gamma = \frac{1}{T}$, la intensidad requerida para saturar el sistema se incrementa o se reduce? ¿En cuánto? La intensidad requerida para saturar el sistema depende de si Δ es negativo o positivo?
6. El fenómeno de transparencia inducida electromagnéticamente (EIT) puede entenderse en forma simple mirando el siguiente esquema de tres niveles sobre el que inciden un haz fuerte de acople, Ω_c , y un haz débil de prueba, ω_p :



El láser de acople modula los niveles de energía de 1 y 2 (se produce un Rabi *splitting* dependiente de intensidad, ver pagina 15 de clase 9). Entonces el nivel excitado de la transición del laser de prueba se ve desplazado y entonces la absorción en ese nivel cae a cero.

- a) Obtenga la expresión y grafique la absorción del haz de prueba en función del *detuning* respecto de ω_{10} ($\Delta_p = \omega_{10} - \omega_p$), para dos intensidades distintas del haz de acople.
- b) En cuanto se reduce la velocidad de la luz en $\Delta_p = 0$ con los valores de intensidad que eligió en a)?