

Istituzioni di Fisica Teorica

25 gennaio 2023

Svolgere almeno due dei seguenti esercizi. È vietato l'uso di appunti, libri, formulari.

- 1) Un atomo di idrogeno è perturbato da un debole potenziale centrale

$$V(r) = \gamma r.$$

Determinare, al primo ordine della teoria perturbativa, l'energia del primo stato eccitato con momento angolare diverso da zero. Spiegare se in questo caso è necessario tenere conto della degenerazione dei livelli. Quale condizione deve soddisfare il parametro γ affinché l'approssimazione sia valida?

- 2) Un rotatore rigido è descritto dall'hamiltoniano

$$\hat{H} = \frac{\hat{L}^2}{2I} + \omega \hat{L}_X$$

dove $\hat{L}_X, \hat{L}_Y, \hat{L}_Z$ sono le tre componenti del vettore momento angolare. Al tempo $t = 0$ il rotatore si trova in uno stato in cui $\langle \hat{L}_X \rangle = \langle \hat{L}_Y \rangle = 0$ e $\langle \hat{L}_Z \rangle = 3\hbar$. Determinare gli stessi valori medi al generico tempo $t > 0$.

- 3) Calcolare l'energia cinetica nello stato fondamentale di un atomo di idrogeno. Eventualmente controllare poi il risultato usando il teorema del viriale.
- 4) Si consideri, nel piano xy , un oscillatore armonico bidimensionale isotropo di frequenza ω e massa m . Si calcoli il valore medio della osservabile

$$\hat{A} = \frac{\hat{x}^2 \hat{y}^2}{b^4}$$

in un generico autostato dell'hamiltoniano con energia

$$E = \hbar\omega (n_x + n_y + 1),$$

avendo posto $b^2 = \hbar/(m\omega)$.