

**Anno Accademico 1998-99**  
**Istituzioni di Fisica Teorica**  
**Compito di esame**  
**10/2/99**

**Primo Esercizio**

L'Hamiltoniano di un oscillatore armonico quantistico tridimensionale  $H_0$  è perturbato dall'operatore  $V = Fz$ , dove  $F$  è una costante avente dimensioni di forza.

- a) Identificare le proprietà tensoriali dell'operatore  $V$  e dedurre le regole di selezione per gli elementi di matrice di  $V$  fra gli autostati di  $H_0$ .
- b) Trovare gli autovalori esatti di  $H = H_0 + V$  (incluse le degenerazioni).
- c) Determinare l'effetto della perturbazione sugli autovalori e gli autostati dell'energia al primo ordine in  $F$ .
- d) Calcolare (al primo ordine in  $F$ ) la probabilità di permanenza al tempo  $t$  nello stato descritto al tempo  $t = 0$  dalla funzione d'onda  $\langle \vec{x} | \psi \rangle = \psi(\vec{x}) = Nze^{-\frac{m\omega}{2\hbar}(x^2+y^2+z^2)}$ .

**Secondo Esercizio**

Si consideri un gas di  $\mathcal{N}$  bosoni di spin 0 in  $D$  dimensioni per i quali l'energia di singola particella è data da

$$\epsilon = Ap^s, \quad p = \sqrt{\sum_{i=1}^D p_i^2}$$

dove  $A$  ed  $s$  sono costanti positive.

- a) Calcolare il potenziale chimico nel limite di alte temperature.
- b) Discutere in funzione di  $s$  e  $D$  la presenza del fenomeno della condensazione di Bose e calcolare la temperatura critica  $T_c$ .
- c) Calcolare per  $T < T_c$  il calore specifico del sistema a volume costante.