

Bozonlar : Foton, Bozonik Atomlar
($\pi^+ \pi^-$, π^0 : piyonlar, W, Z bozonları
Higgs bozonu)

Piyonlar, W, Z ve Higgs bozonları kısa ömürlü parçacıklardır, çarpıştırıcılarda ortaya çıkarlar, bozunum ürünleri ile tanımlanabilirler.

Bozonlar arasında fotonlar ve bozonik atomlar uzun ömürlüdür.

Bozonlar Pauli Dışarlama ilkesine uymaz. Ortamdaki tüm bozonlar aynı kuantum durumunda bulunabilir.

Bozonların özelliklerini yansıtan bazı örnekler:

Laser: Laser ışını oluşturan tüm fotonlar aynı kuantum durumunda bulunur.

ER:

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

Alexander Prokhorov Nobel-1964
(maser-laser ilkesi)

Bozonik Atomlar:

Proton sayısı + Nötron sayısı + Elektron sayısı = çift:

ise atomun toplam spini tam sayı olur.
(atomun çok yakınına yaklaşmadığı sürece
yani bozon olarak davranır.

H (Hidrojen) $1p + 1e = 2$ fermiyon $spin = 0, 1$

He^4 (Helyum) $2p + 2N + 2e = 6$ fermiyon $spin = 0, 1$

Na^{23} (Sodyum) $11p + 12N + 11e = 34$ fermiyon $spin = 0, 1$

Rb^{85} (Rubidyum) $spin = 0, 1$

Bose-Einstein Yoğunlaşması (Yoğuşması)

Oda sıcaklığında bozonik atomların temel durumlarında bulunma olasılığı çok düşüktür, uyarılmış enerji düzeylerinde bulunur.

Ancak $T \rightarrow 0^\circ K$ civarında tüm atomlar temel duruma inmesi beklenir. Ayrıca de Broglie dalga boyu sıcaklık azaldıkça artar.

$$\lambda = \frac{h}{p} \text{ de Broglie dalga boyu}$$

$$\text{Eşbölüşüm teoremi: } \frac{p^2}{2m} = \frac{1}{2} k_B T \quad 1B \\ = \frac{3}{2} k_B T \quad 3$$

$$p = \sqrt{3mk_B T}, \quad \lambda = \frac{h}{(3mk_B T)^{1/2}}$$

$m = \text{Rb}^{85}$ atomu kütlesi olsun. $h = 6.63 \times 10^{-34}$

$T = 300^\circ \text{K}$ (oda sıcaklığında)

$$\lambda = 2 \times 10^{-11} \text{ m} \quad (\text{Rb}^{85}) \quad \text{ise}$$

$$T = 3 \times 10^{-6}^\circ \text{K} \quad \text{de} \quad \lambda = (2\sqrt{31} \times 10^{-10}) T^{-1/2} \quad (\text{Rb}^{85})$$

$$\lambda \approx 10^3 \text{ Å} \quad \text{Atomların dalga boyu birbirini örtü}$$

Burada ortamdaki atomların birim hacim sayısı çok düşüktür. Bu nedenle atomlar arası uzaklık atom boyutlarından oldukça fazla olduğundan atomlar arasındaki etkileşme ihmal edilebilir düzeydedir.

Yapılan deneyde $T = 3 \times 10^{-6}^\circ \text{K}$ sıcaklığında (Laser cooling) ortamdaki atomlar temel duruma inerek tek atom gibi ortak davranış (super atom) göstermişlerdir.

Bu deney ile bozonların (çok sayıda) aynı kuantum durumunda bulunabilecekleri özelliği kanıtlanmıştır.

NOBEL - 2001

EK:

{ C. E. Wieman } Nobel - 2001
{ W. Ketterle }

Bose-Einstein Condensation