

0. Einleitung

Wenn Atome soweit abgekühlt werden, bzw. ihre Dichte soweit erhöht wird, daß die Kohärenzlänge ihrer Materiewellen

$$(1) \quad \lambda_{dB} = \frac{2\pi \hbar}{m \sqrt{20^2 \gamma_T}} = \frac{2\pi \hbar}{\sqrt{2m k_B T}}$$

größer wird als ihr mittlerer Abstand, kann vom Quantencharakter der Atome nicht mehr abgesehen werden

$$(2) \quad \lambda_{dB}^3 \gtrsim 1 \Rightarrow \text{Quantenregime}$$

Durch die Erfindung der Laserkühlung und anderer effizienter Kühlverfahren für Atome (erste Ideen: T.W. Hänsch & A. Schawlow; Nobelpreis 1997: Claude

Cohen-Tannoudji, Steven Chu, William Phillips) ist es Mitte der 90'er Jahre erstmals gelungen, ein makroskopisches Quantenphänomen, die Bose-Einstein-Kondensation, an ultrakalten neutralen Atomen zu beobachten. Dies ist 2001 mit dem Nobelpreis für Eric A. Cornell, Wolfgang Ketterle und Carl E. Wiemann gewürdigt worden. In dieser Vorlesung werden wir uns mit diesem und anderen Quantenphänomenen in Ensembles identischer Atome beschäftigen.

Komposit Teilchen:

Seiende der mittlere Abstand der Atome groß gegen den Atomradius ist, können sie als kompositteilchen betrachtet werden. Atome im selben istonen Zustand werden als ununterscheidbar betrachtet. Der Spin der kompositteilchen setzt sich aus Kern- und Elektronen-Spin zusammen.

- Bei neutralen Alkaliatomen mit vollständig besetzten Rumpfzuständen ist der Gesamtspin nur durch das Leuchtelektron und den Kern bestimmt. Alkaliatome mit gerader Anzahl von Nukleonen (Protonen und Neutronen) haben halbzahlgigen Spin und sind daher Fermionen. Alkaliatome mit ungerader Nukleonenzahl sind Bosonen. Für Erdalkaliatomen mit zwei Leuchtelektronen gilt das Umgekehrte:

Bosonen: ^1H , ^7Li , ^{23}Na , ^{39}K , ^{85}Rb , ^{87}Rb , ^{133}Cs
 ^4He , ^{24}Mg , ^{40}Ca , ^{88}Sr , ^{138}Ba

Fermionen: ^3He , ^6Li , ^{40}K