

Bose-Einstein-Kondensation

Joshua Zelle

Physikalisches Proseminar, 2013

- 1 Ursprung
- 2 erstmalige Herstellung
- 3 mögliche Anwendungen

- 1924: Postulat von A. Einstein (beruhend auf Arbeit von S. Bose): ideale Bose-Gase kondensieren bei $T=0\text{K}$

Ursprung der Bose-Einstein Kondensation

- 1924: Postulat von A. Einstein (beruhend auf Arbeit von S. Bose): ideale Bose-Gase kondensieren bei $T=0K$
- ideales Bose-Gas: Gas freier, nicht mit einander wechselwirkender Bosonen

Wie entstehen Bose-Einstein Kondensate?

- Gas wird gekühlt

Wie entstehen Bose-Einstein Kondensate?

- Gas wird gekühlt
- de-Broglie-Wellenlängen der Gasatome werden größer als Atomabstand

Wie entstehen Bose-Einstein Kondensate?

- Gas wird gekühlt
- de-Broglie-Wellenlängen der Gasatome werden größer als Atomabstand
- alle Atome schwingen im phasenstarr

Wie entstehen Bose-Einstein Kondensate?

- Gas wird gekühlt
- de-Broglie-Wellenlängen der Gasatome werden größer als Atomabstand
- alle Atome schwingen im phasenstarr
- die Atome werden ununterscheidbar, es ist ein Bose-Einstein-Kondensat (BEK) entstanden

- Bsp.: 2000 ^{85}Rb Atome bei $T=20\text{nK}$ im Volumen $V = 0.05^3\text{mm}^3$

- Bsp.: 2000 ^{85}Rb Atome bei $T=20\text{nK}$ im Volumen $V = 0.05^3\text{mm}^3$
- $\lambda_B = 0.7\mu\text{m}$

- Bsp.: 2000 ^{85}Rb Atome bei $T=20\text{nK}$ im Volumen $V = 0.05^3\text{mm}^3$
- $\lambda_B = 0.7\mu\text{m}$
- $r = 4\mu\text{m}$

erstmalige Herstellung eines Bose-Einstein Kondensates

- 1995: 2 Gruppen stellen erstmals ein BEK her:

erstmalige Herstellung eines Bose-Einstein Kondensates

- 1995: 2 Gruppen stellen erstmals ein BEK her:
- E. Cornell, C. Wieman: ca. 2000 Atome ^{85}Rb bei 20nK

erstmalige Herstellung eines Bose-Einstein Kondensates

- 1995: 2 Gruppen stellen erstmals ein BEK her:
- E. Cornell, C. Wieman: ca. 2000 Atome ^{85}Rb bei 20nK
- W. Ketterle: wesentlich mehr Atome, ^{23}Na im μK -Bereich

erstmalige Herstellung eines Bose-Einstein Kondensates

- 1995: 2 Gruppen stellen erstmals ein BEK her:
- E. Cornell, C. Wieman: ca. 2000 Atome ^{85}Rb bei 20nK
- W. Ketterle: wesentlich mehr Atome, ^{23}Na im μK -Bereich
- 2001: Nobelpreis für erstmalige Herstellung und Erforschung eines BEK

Herstellungsprozess von E. Cornell und C. Wieman

- Laserkühlung in Magneto-Optischer Falle auf 0.1-1 mK

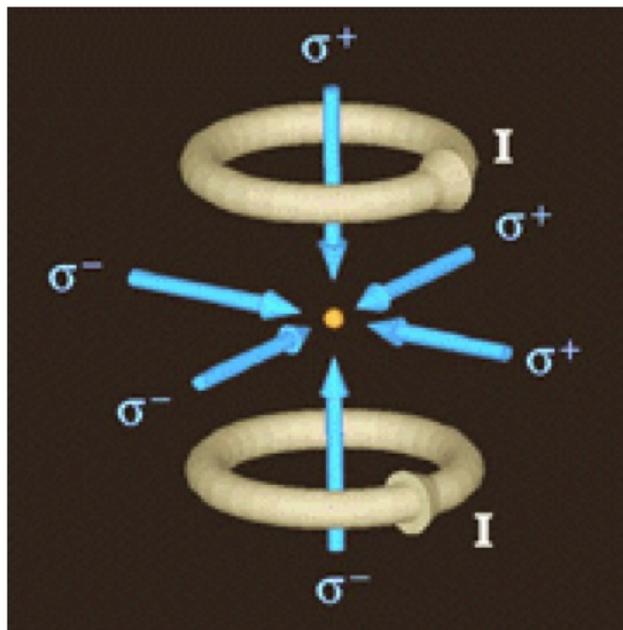


Abbildung : Magneto-Optische Falle schematisch

- weitere Kühlung erfolgt durch Evaporationskühlung, d.h.:

- weitere Kühlung erfolgt durch Evaporationskühlung, d.h.:
- Magnetfallen werden so manipuliert, dass schnellere Atome entweichen können

- weitere Kühlung erfolgt durch Evaporationskühlung, d.h.:
- Magnetfallen werden so manipuliert, dass schnellere Atome entweichen können
- dabei entweichen über 99% der Atome

- weitere Kühlung erfolgt durch Evaporationskühlung, d.h.:
- Magnetfallen werden so manipuliert, dass schnellere Atome entweichen können
- dabei entweichen über 99% der Atome
- man erreicht wenige μK bzw. nK

- BEK fallen lassen; Ausdehnungsgeschwindigkeit erlaubt Rückschlüsse auf Zustand des Materials

- BEK fallen lassen; Ausdehnungsgeschwindigkeit erlaubt Rückschlüsse auf Zustand des Materials
- Aufnahme von Fluoreszenzbildern, von links nach rechts: 400nK, 200nK, 50nK

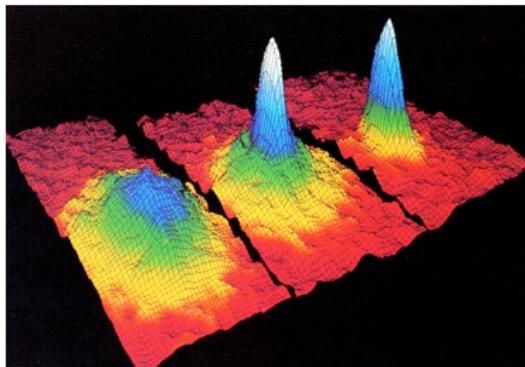


Abbildung : Fluoreszenzbilder der Rb-Atome

- noch genauere Uhren

- noch genauere Uhren
- Atomlaser bzw. kohärente Materiewellen

- noch genauere Uhren
- Atomlaser bzw. kohärente Materiewellen
- \Rightarrow sehr kleine Schaltkreise etc.

- 1997: erster gepulster Atomlaser (W. Ketterle)

- 1997: erster gepulster Atomlaser (W. Ketterle)
- 1998/99: zunächst gepulster Atomlaser mit höherer Frequenz, dann Atomlaser mit richtigem Strahl

- 1997: erster gepulster Atomlaser (W. Ketterle)
- 1998/99: zunächst gepulster Atomlaser mit höherer Frequenz, dann Atomlaser mit richtigem Strahl
- kurz darauf: Atomlaser mit 0.1s Bestrahlungszeit

- 1997: erster gepulster Atomlaser (W. Ketterle)
- 1998/99: zunächst gepulster Atomlaser mit höherer Frequenz, dann Atomlaser mit richtigem Strahl
- kurz darauf: Atomlaser mit 0.1s Bestrahlungszeit
- BEK mit H, ^4He , ^7Li , ^{23}Na , ^{41}K , ^{52}Cs , ^{85}Rb , ^{87}Rb , ^{133}Cs , ^{174}Yb

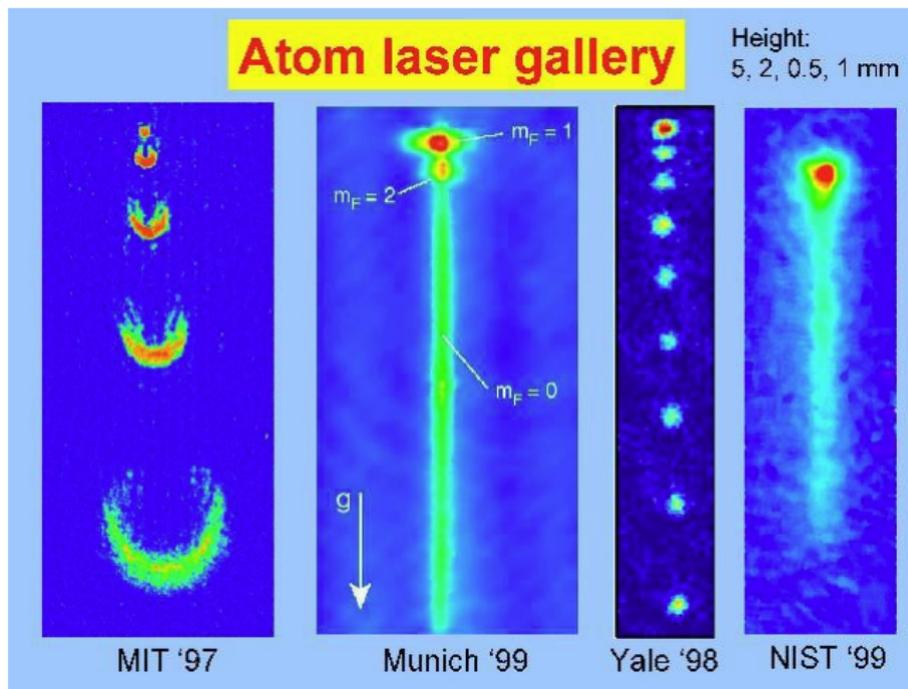


Abbildung : Die ersten Atomlaser

- nur kleine Mengen herstellbar

- nur kleine Mengen herstellbar
- sehr "gutes" Vakuum erforderlich; bereits kleine Verunreinigungen können das BEK zerstören

- nur kleine Mengen herstellbar
- sehr "gutes" Vakuum erforderlich; bereits kleine Verunreinigungen können das BEK zerstören
- noch nicht möglich, gleichzeitig BEK herzustellen und zu verbrauchen

- nur kleine Mengen herstellbar
- sehr "gutes" Vakuum erforderlich; bereits kleine Verunreinigungen können das BEK zerstören
- noch nicht möglich, gleichzeitig BEK herzustellen und zu verbrauchen
- bisher nicht viele verschiedene BEK

- 1 <http://www.physik.uni-bielefeld.de/yorks/pro13/v13.pdf>
- 2 http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2001/popular.html
- 3 http://seminar.physik.uni-mainz.de/uploadz/fp_sem_30_05_06.pdf
- 4 P.A. Tipler, R.A. Llewellyn, "Moderne Physik", 3. Auflage, Oldenbourg Verlag, 1999, S. 436-440