



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Chlazení atomů – Bose Einsteinův kondenzát

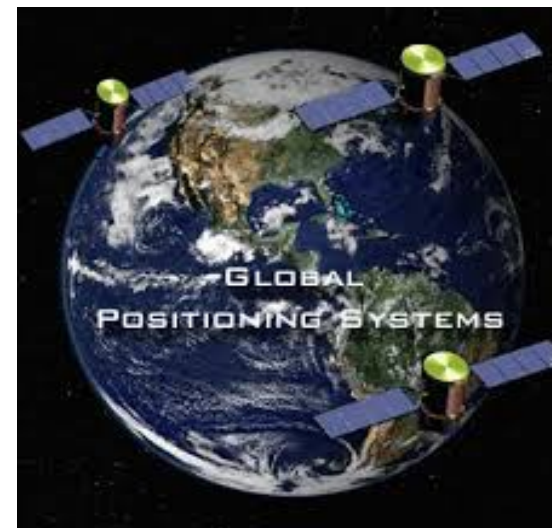
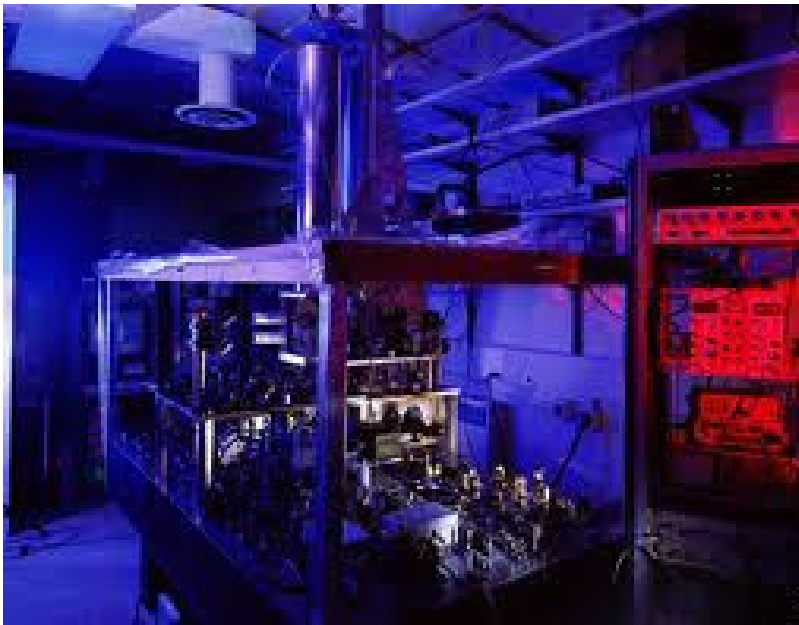
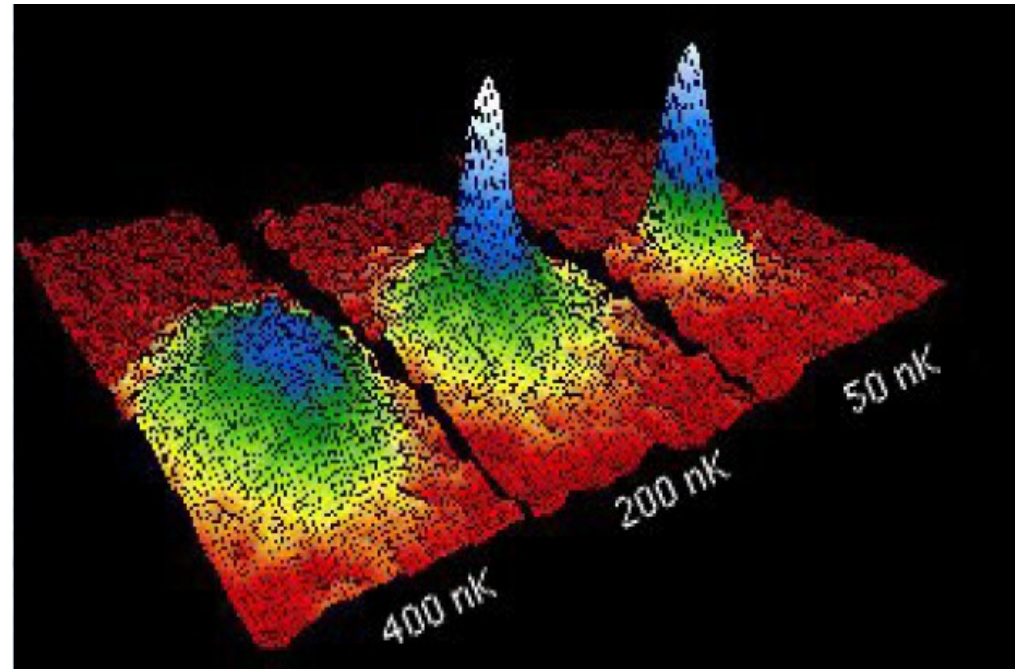
Michal Kolář

katedra optiky, PřF UP, Olomouc

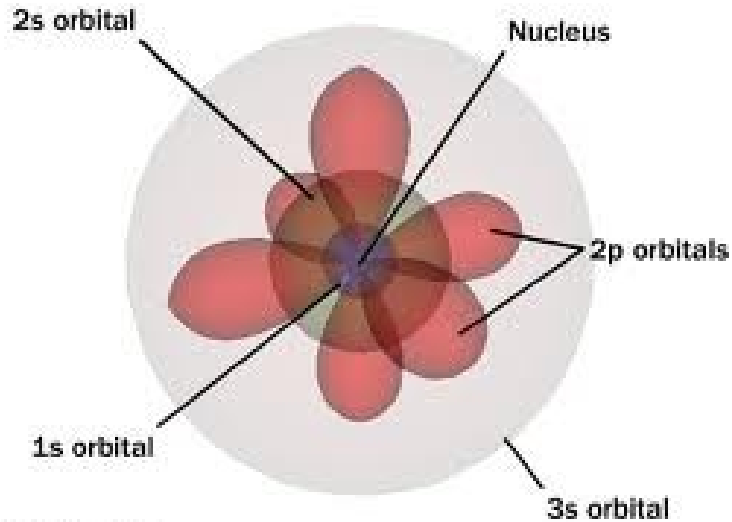
O čem budu povídat?

- Proč chladit?
- Co chceme chladit?
- Co je chlazení v našem případě?
- Jak chladit atomy?
- Jak měřit nízké teploty?
- K čemu jsou dobré mražené atomy?

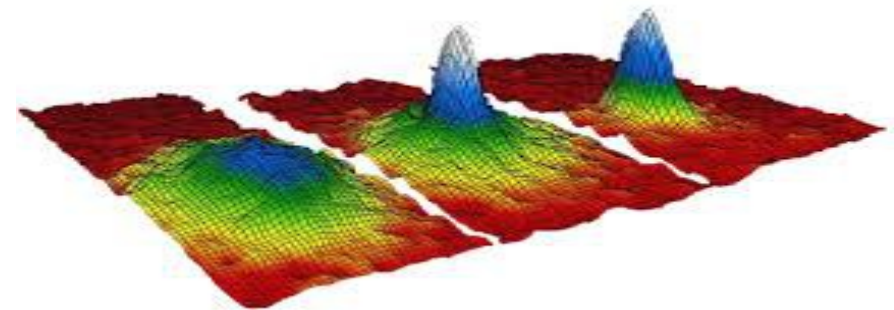
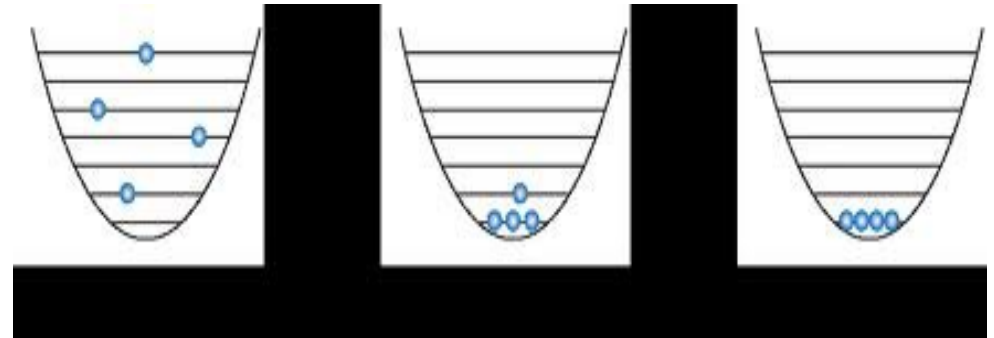
Proč chladit?



Co chceme chladit a polapit?



©2001 How Stuff Works

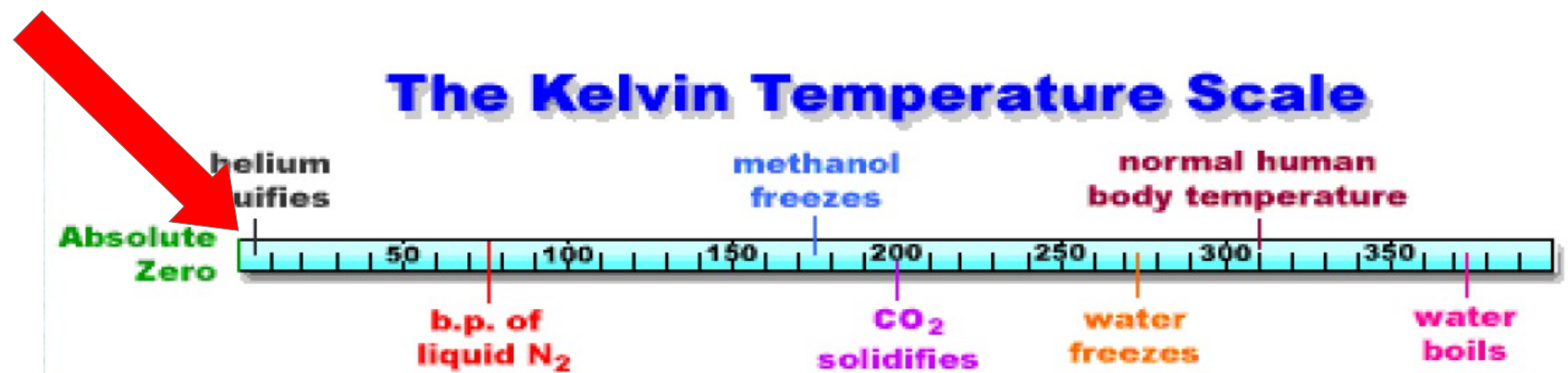


Aby nepřešly do pevné fáze a vytvořily BEC.

Co znamená chladit v našem případě?

- Částice každé látky se stále chaoticky pohybují...
- Průměrná pohybová energie částice souvisí s termodynamickou teplotou T (K)
- Chladit znamená snižovat $\langle E_{kin} \rangle = \frac{3}{2}m\langle v^2 \rangle = \frac{3}{2}k_B T$

BEC $\sim 10^{-8}$ K



Co znamená chladit v našem případě?

CHLADIT

=

SNIŽOVAT NEURČITOST
HYBNOSTI A STŘEDNÍ
HODNOTU HYBNOSTI

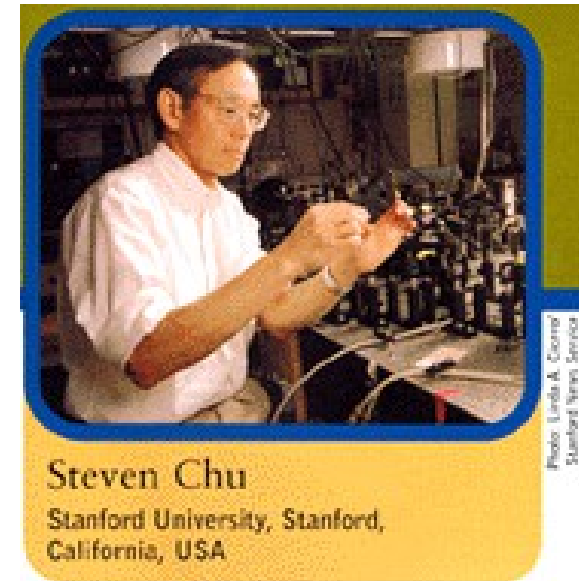
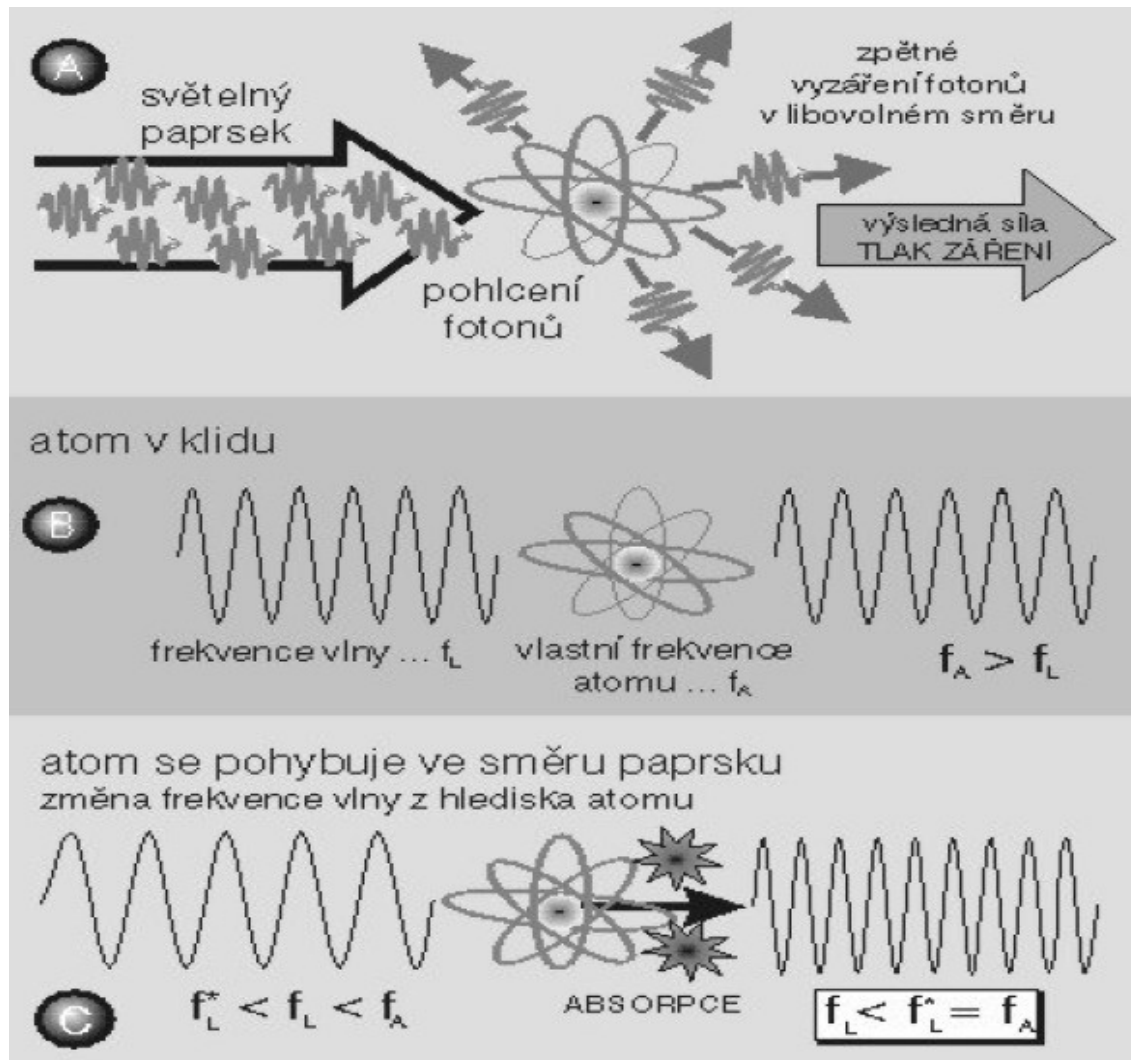


Jak chladit atomy?

- Světlo předává atomům (pokud je pohlceno)
 - energii $E = \hbar\omega$
 - hybnost $\mathbf{p} = \hbar\mathbf{k}$
- Jak zesílit působení síly **proti** směru pohybu?

Jak chladit atomy?

1. Fáze zpomalování



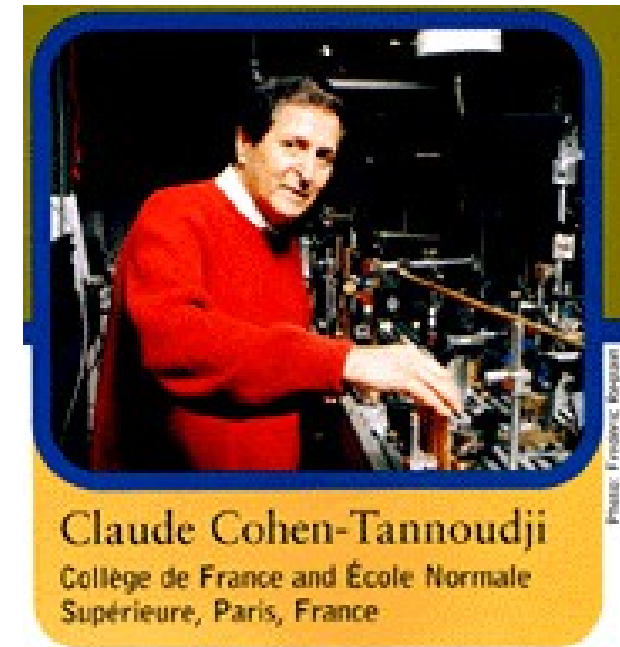
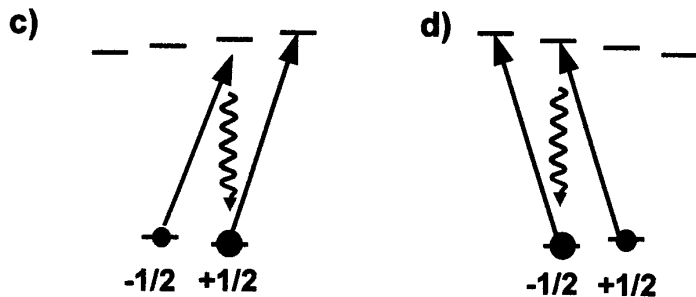
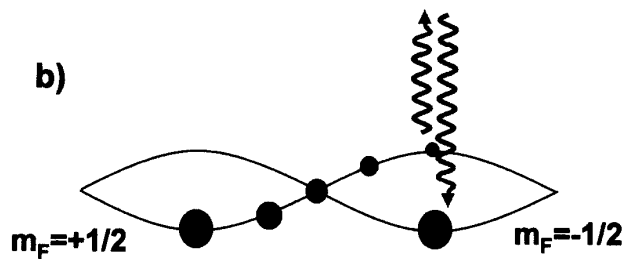
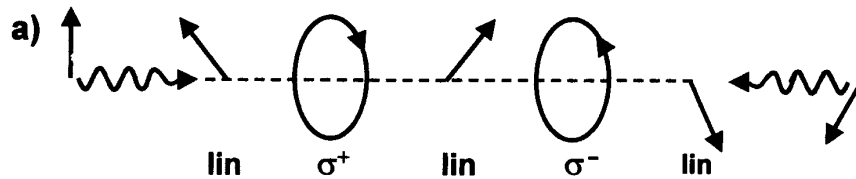
Optical molasses

1985: $T \sim 240 \mu K$

$$k_B T_D \approx \hbar \Gamma$$

Jak chladit atomy?

2. Fáze zpomalování



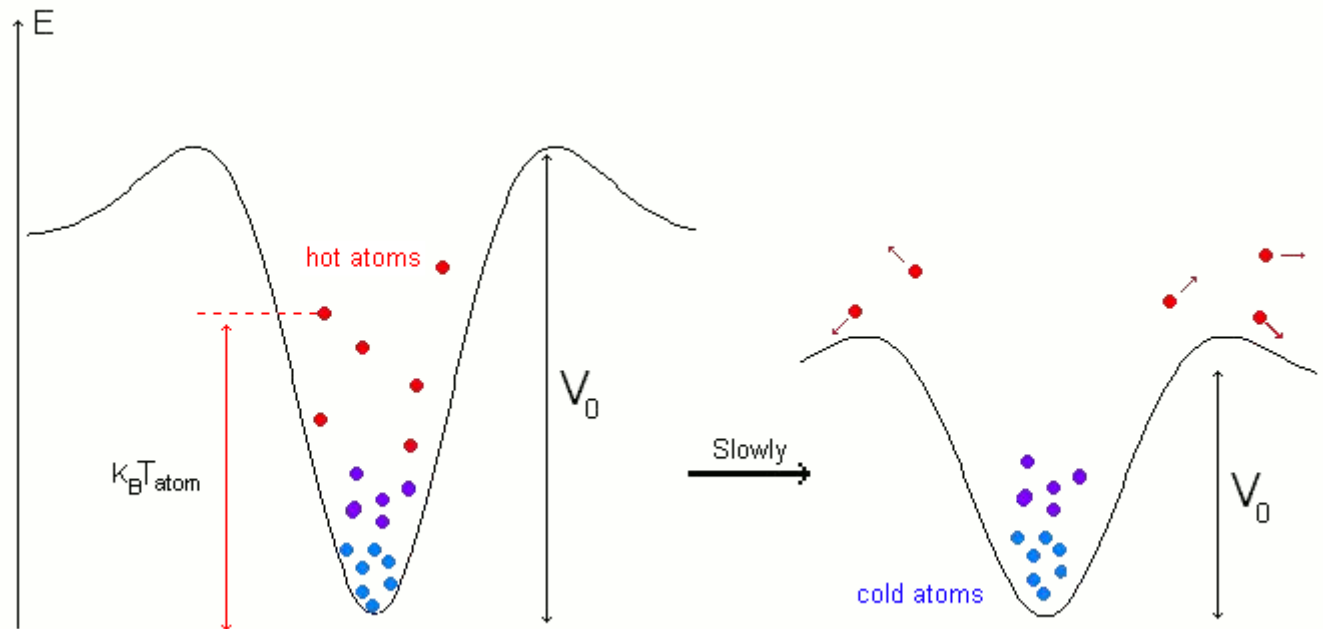
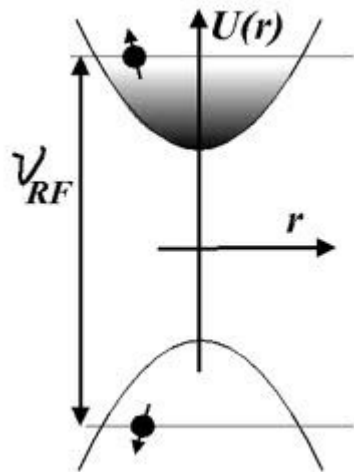
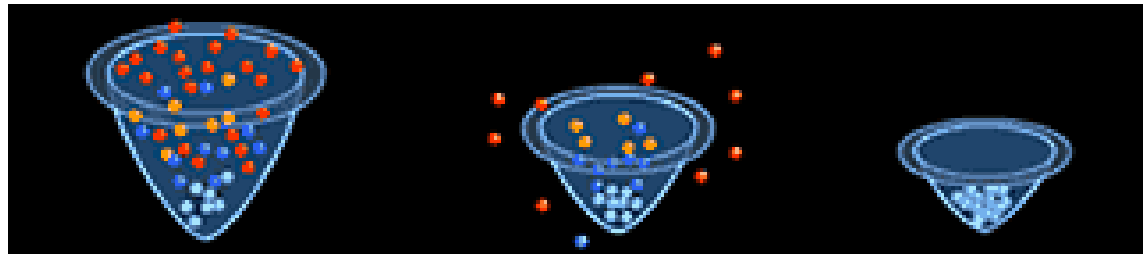
Sisyfovské chlazení:

$$T \sim 2 \mu\text{K}$$

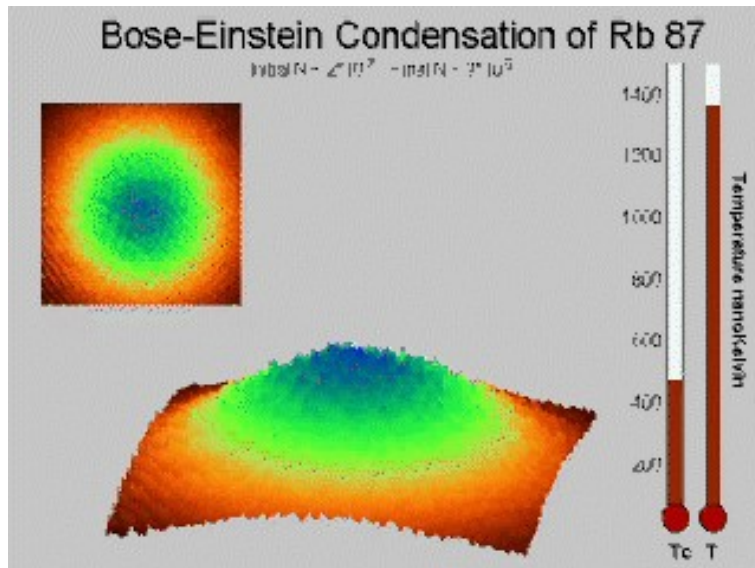
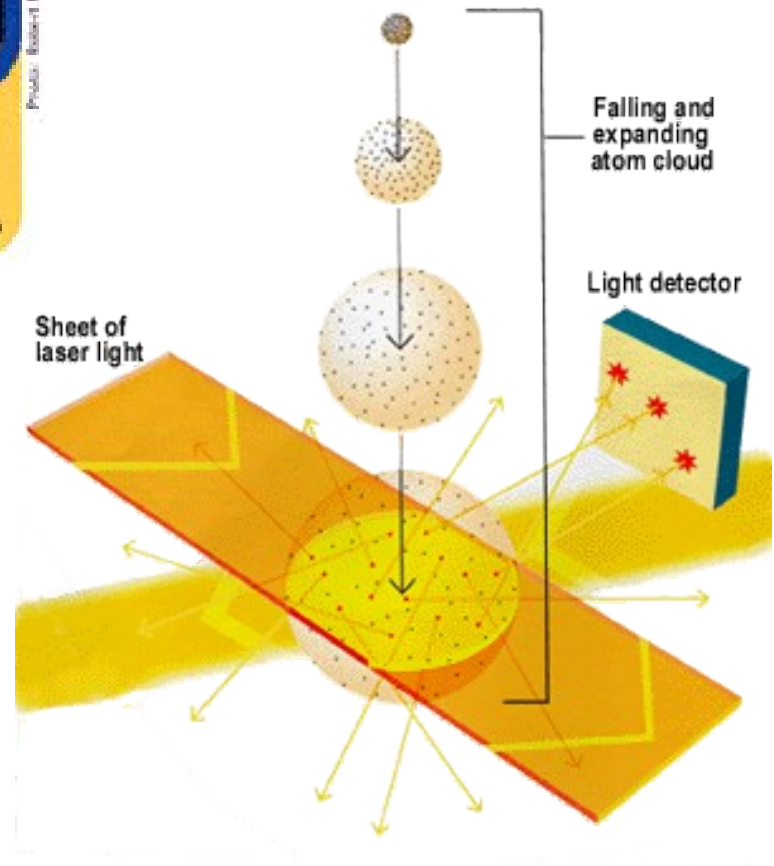
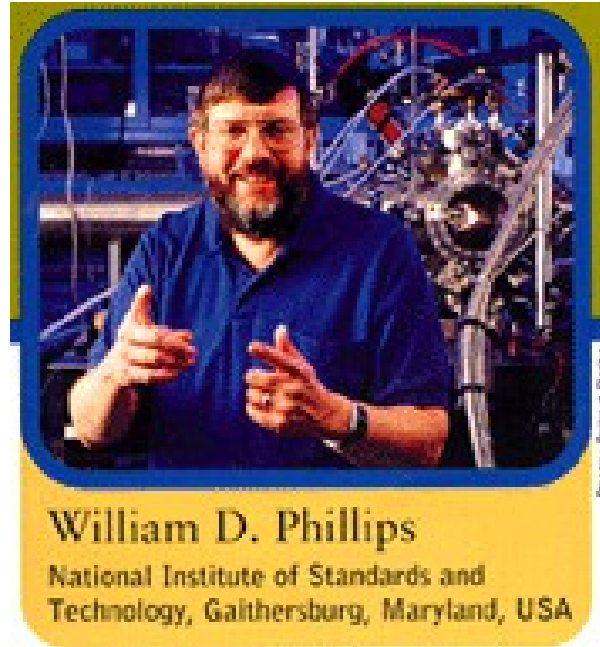
$$k_B T_R \approx \frac{\hbar^2 k^2}{2m_A}$$

Jak chladit atomy?

3. Fáze ... odpařování



Jak měřit nízké teploty?



Zasloužená odměna ...

The Nobel prize in Physics 1997

"for development of methods to cool and trap atoms with laser light"



Photo: Linda A. Cooney/
Stanford News Service

Steven Chu

Stanford University, Stanford,
California, USA



Photo: Frédéric Beggs

Claude Cohen-Tannoudji

Collège de France and École Normale
Supérieure, Paris, France

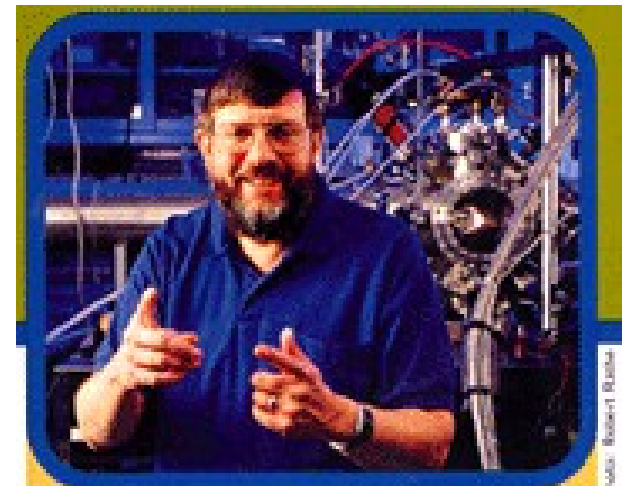


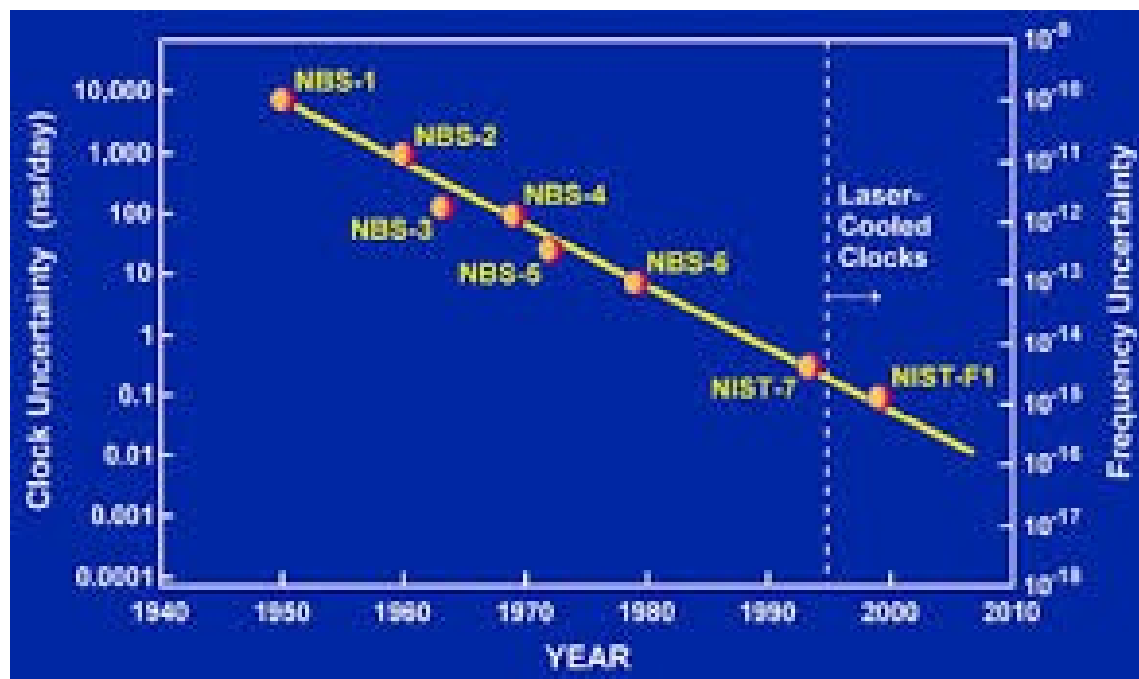
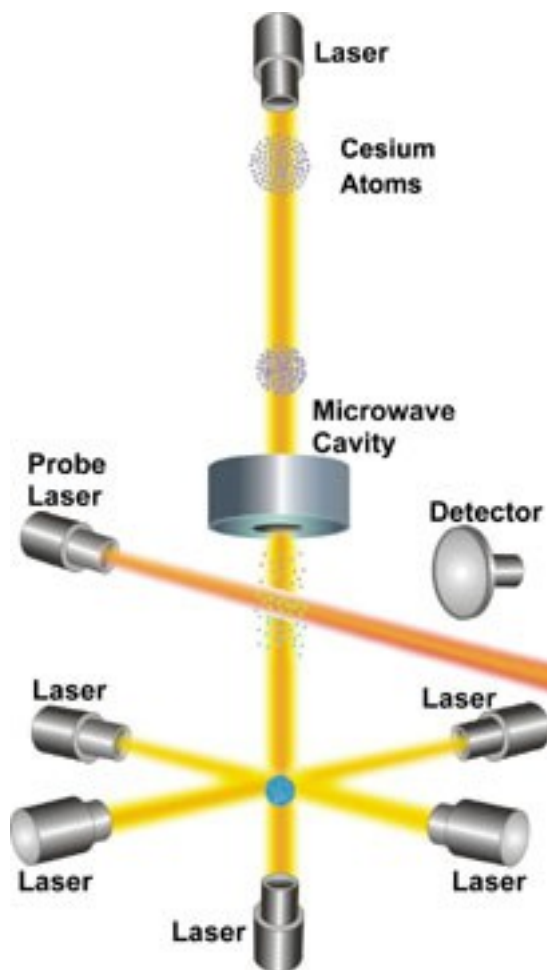
Photo: Robert Butler

William D. Phillips

National Institute of Standards and
Technology, Gaithersburg, Maryland, USA

K čemu jsou dobré mražené atomy?

Například k přesnému měření času



Atomová fontána

Odchýlí se za 1 sekundu za více než 60 milionů let ...

Děkuji za pozornost!