

Bose-Einsteinova kondenzace

- Předpovězena 1924.
- 1995 dosažena v atomovém plynu při $0.5 \mu\text{K}$.
- Přímý důsledek kvantové mechaniky.
- Objeví se jen při nízkých teplotách v systémech obsahujících velké množství neinteragujících nebo slaběinteragujících identických bosonů.
- Základní stav je makroskopicky obsazen.

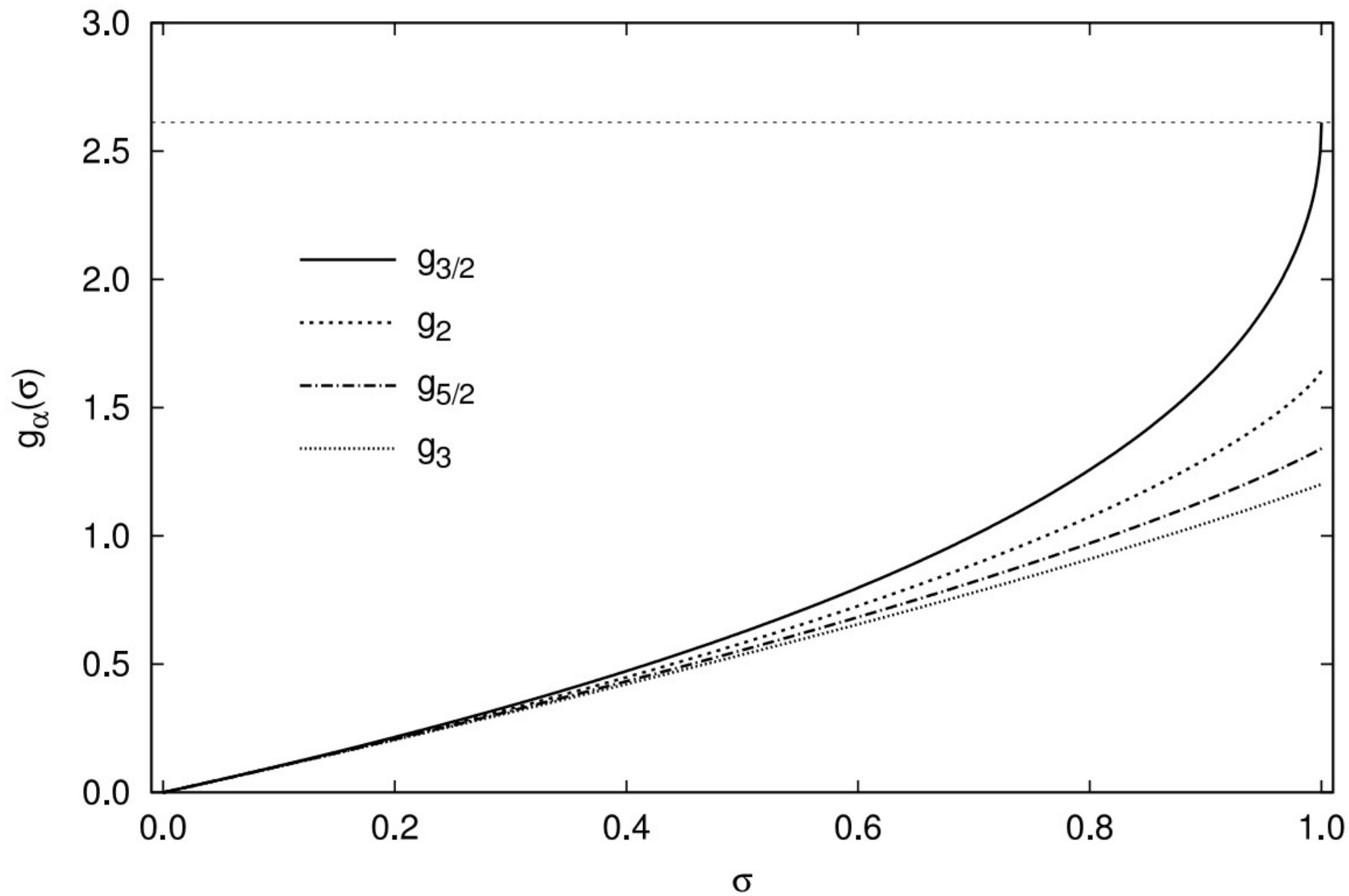
Bose-Einsteinova rozdělovací funkce

- Rozdělovací funkce: $f_{BE}(\varepsilon) = \frac{1}{e^{\beta(\varepsilon-\mu)} - 1}$
- Počet částic: $N = \sum_k \frac{1}{e^{\beta(\varepsilon_k - \mu)} - 1}$
- Termodynamická limita $V \rightarrow \infty$: $\sum_k \rightarrow \int \frac{V}{(2\pi)^3} d^3 k$
- Počet částic: $N = \frac{V}{(2\pi)^3} \int \frac{1}{e^{\beta(\varepsilon - \mu)} - 1} d^3 k$
- Hustota částic poprvé: $n = \frac{1}{(2\pi)^3} \int \frac{1}{e^{\beta(\varepsilon - \mu)} - 1} d^3 k$
- Hustota částic podruhé: $n = \int \frac{1}{e^{\beta(\varepsilon - \mu)} - 1} g(\varepsilon) d\varepsilon$
- Hustota stavů: $g(\varepsilon) = \frac{m^{3/2}}{\sqrt{2}\pi^2 \hbar^3} \varepsilon^{1/2}$

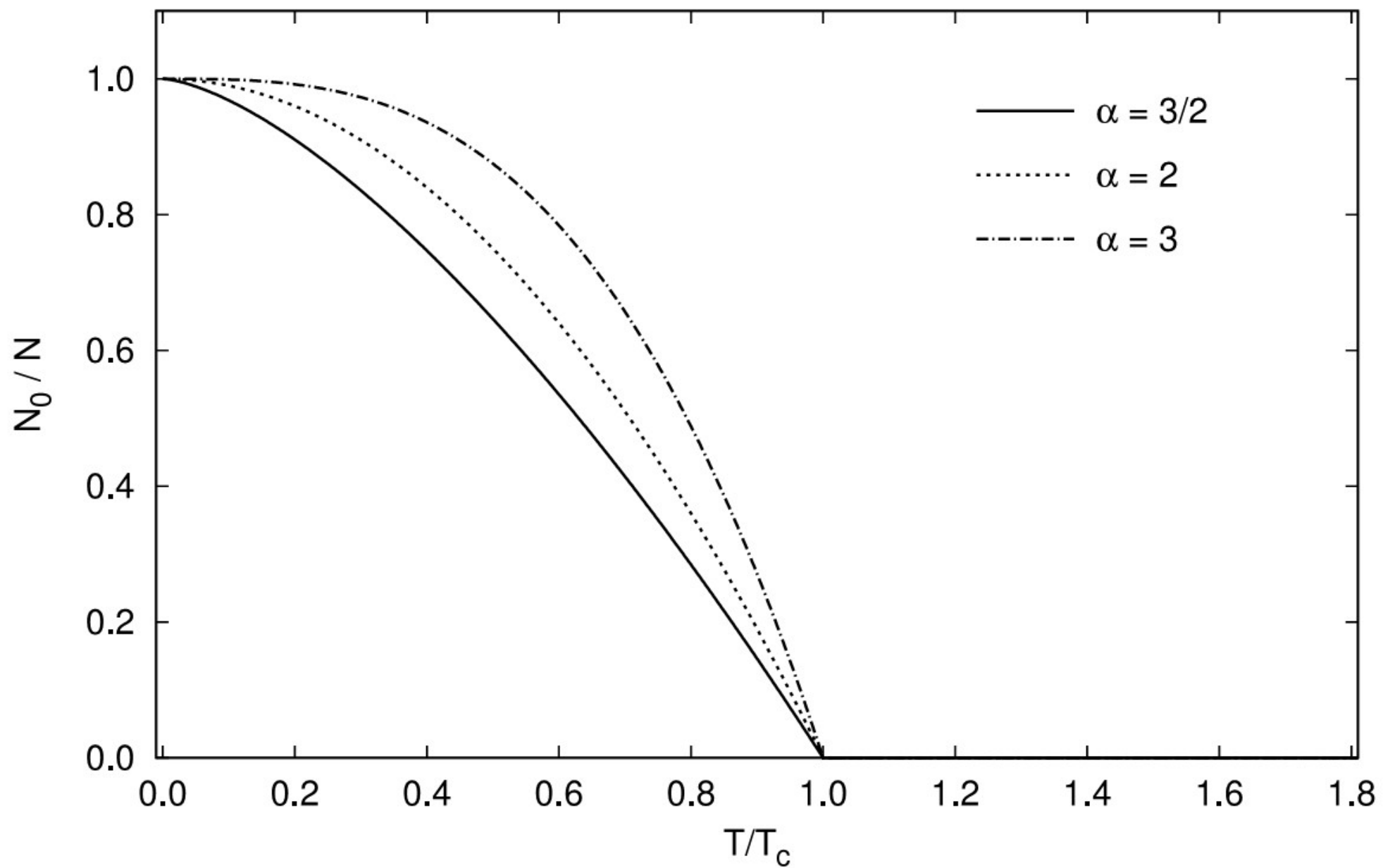
Důležité vztahy v BEC:

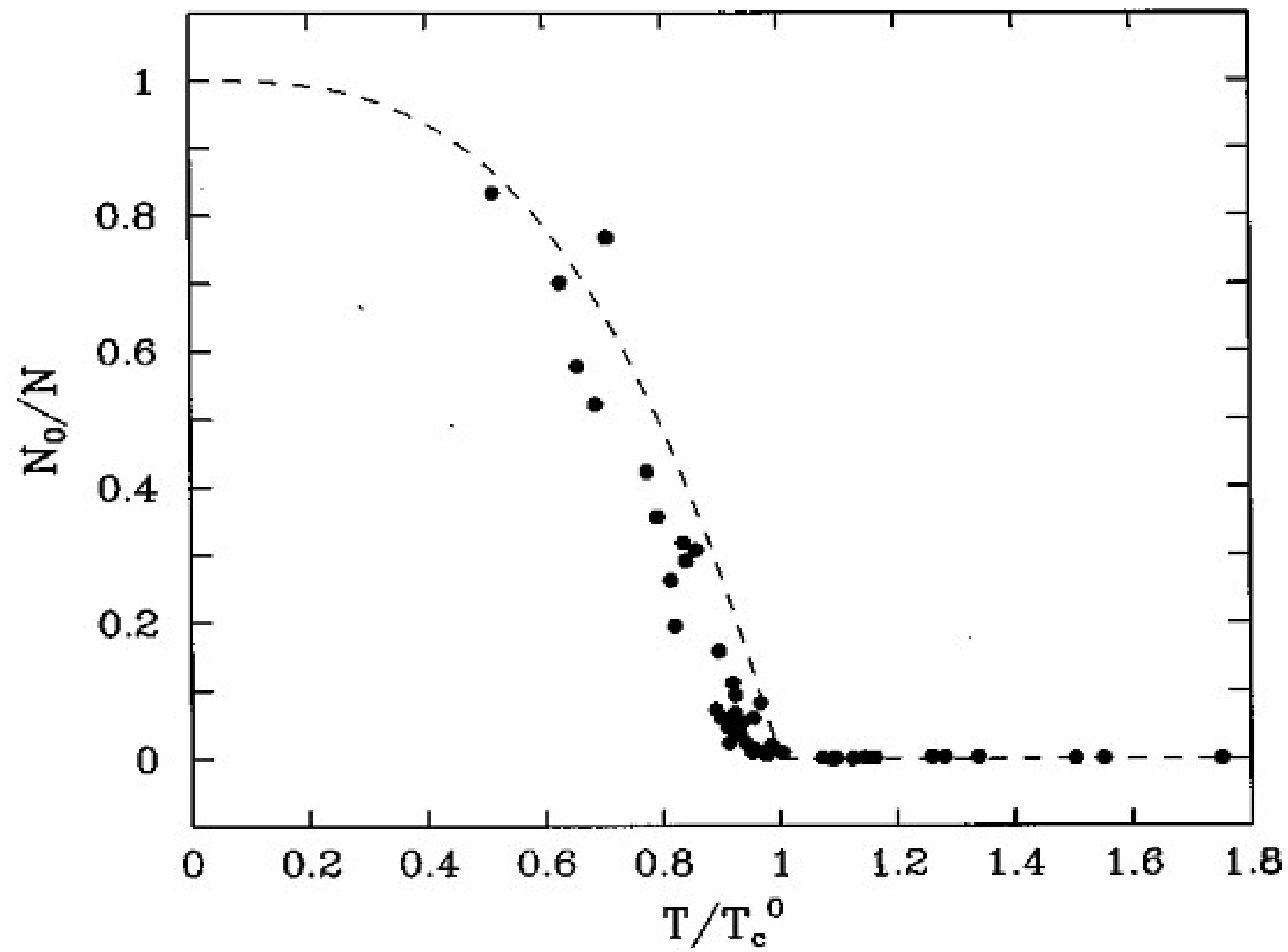
- Hustota částic: $n = \left(\frac{mk_B T}{2\pi\hbar^2} \right)^{3/2} g_{3/2}(z)$
- Teplota kondenzace: $T_c = \frac{2\pi\hbar^2}{k_B m} \left(\frac{n}{2.612} \right)^{2/3}$
- Rozdělení částic: $\frac{n_0}{n} = 1 - \left(\frac{T}{T_c} \right)^{3/2}$

$$g_{\alpha}(\sigma) = \sum_{k=1}^{\infty} \sigma^k / k^{\alpha}$$



$$N_0 / N = 1 - (T/T_c)^\alpha$$





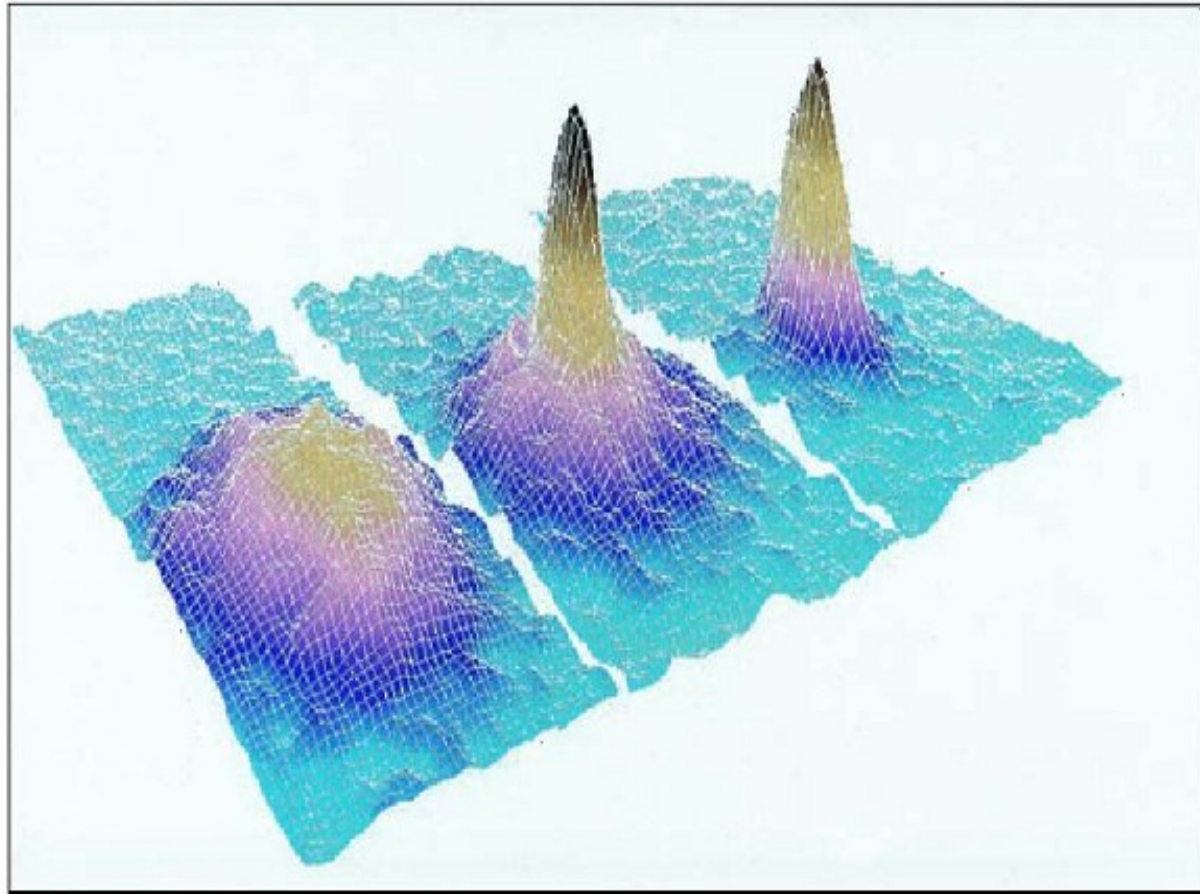


FIG. 1. (Color) Images of the velocity distribution of rubidium atoms in the experiment by Anderson *et al.* (1995), taken by means of the expansion method. The left frame corresponds to a gas at a temperature just above condensation; the center frame, just after the appearance of the condensate; the right frame, after further evaporation leaves a sample of nearly pure condensate. The field of view is $200\ \mu\text{m} \times 270\ \mu\text{m}$, and corresponds to the distance the atoms have moved in about $1/20\ \text{s}$. The color corresponds to the number of atoms at each velocity, with red being the fewest and white being the most. From Cornell (1996).