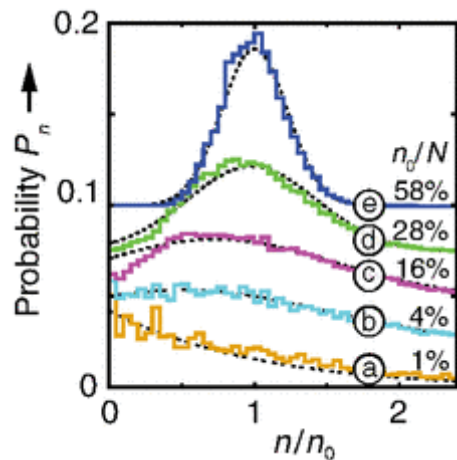


**PRECYZJA EKSPERYMENTÓW Z ZIMNYMI ATOMAMI
A KONTROLOWANE FLUKTUACJE LICZBY ATOMÓW
W UKŁADACH MEZOSKOPOWYCH**



Joanna Pietraszewicz
Piotr Deuar

Emilia Witkowska
Nick Proukakis
Mariusz Gajda
Tomasz Sowiński



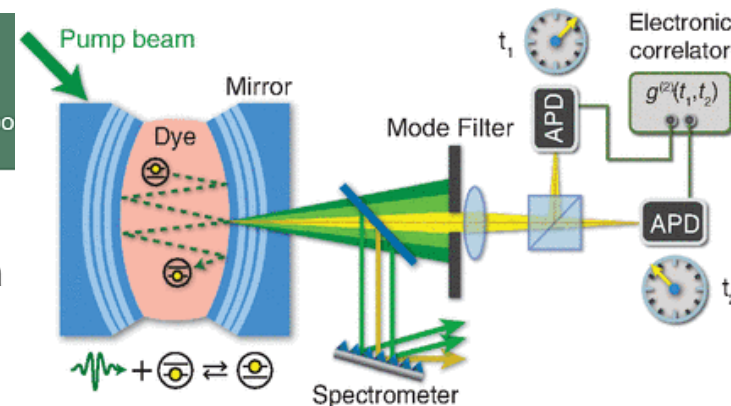
PHYSICAL REVIEW LETTERS

Highlights Recent Accepted Collections Authors Referees Search Press About

Featured in Physics Editors' Suggestion

Observation of Grand-Canonical Number Statistics in a Photon Bose-Einstein Condensate

Julian Schmitt, Tobias Damm, David Dung, Frank Vewinger, Jan Klaers, and Martin Weitz
 Phys. Rev. Lett. **112**, 030401 – Published 21 January 2014; Erratum Phys. Rev. Lett. **112**, 069901 (2014)

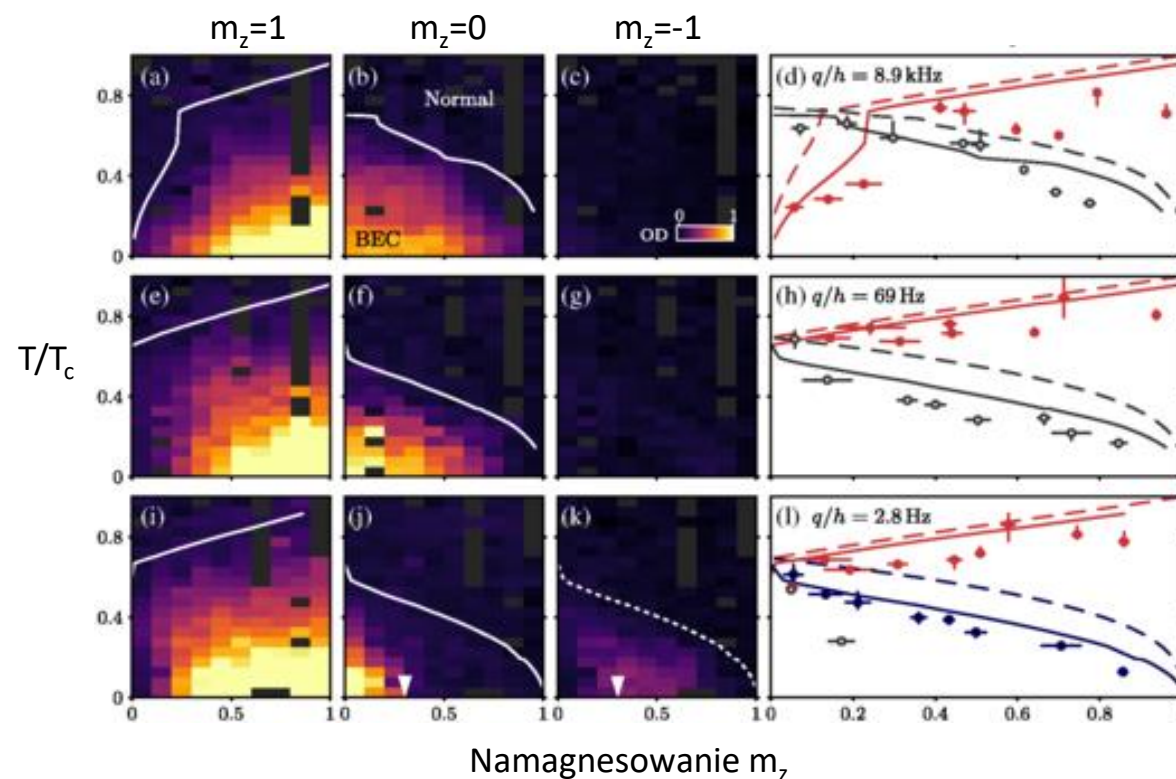


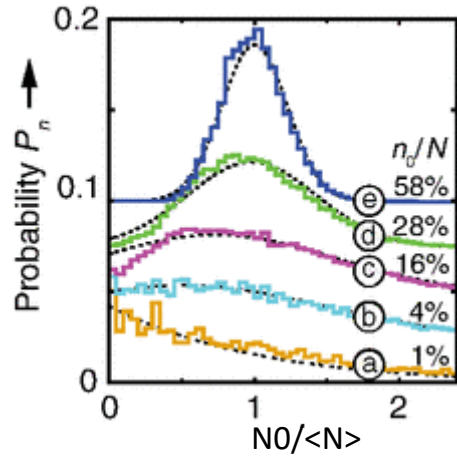
PHYSICAL REVIEW LETTERS

Highlights Recent Accepted Collections Authors Referees Search

Stepwise Bose-Einstein Condensation in a Spinor Gas

C. Frapolli, T. Zibold, A. Invernizzi, K. Jiménez-García, J. Dalibard, and F. Gerbier
 Phys. Rev. Lett. **119**, 050404 – Published 4 August 2017





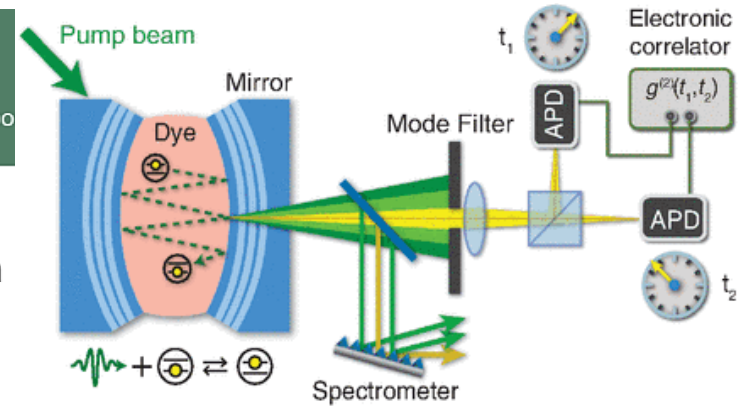
PHYSICAL REVIEW LETTERS

Highlights Recent Accepted Collections Authors Referees Search Press Abo

Featured in Physics Editors' Suggestion

Observation of Grand-Canonical Number Statistics in a Photon Bose-Einstein Condensate

Julian Schmitt, Tobias Damm, David Dung, Frank Vewinger, Jan Klaers, and Martin Weitz
 Phys. Rev. Lett. **112**, 030401 – Published 21 January 2014; Erratum Phys. Rev. Lett. **112**, 069901 (2014)



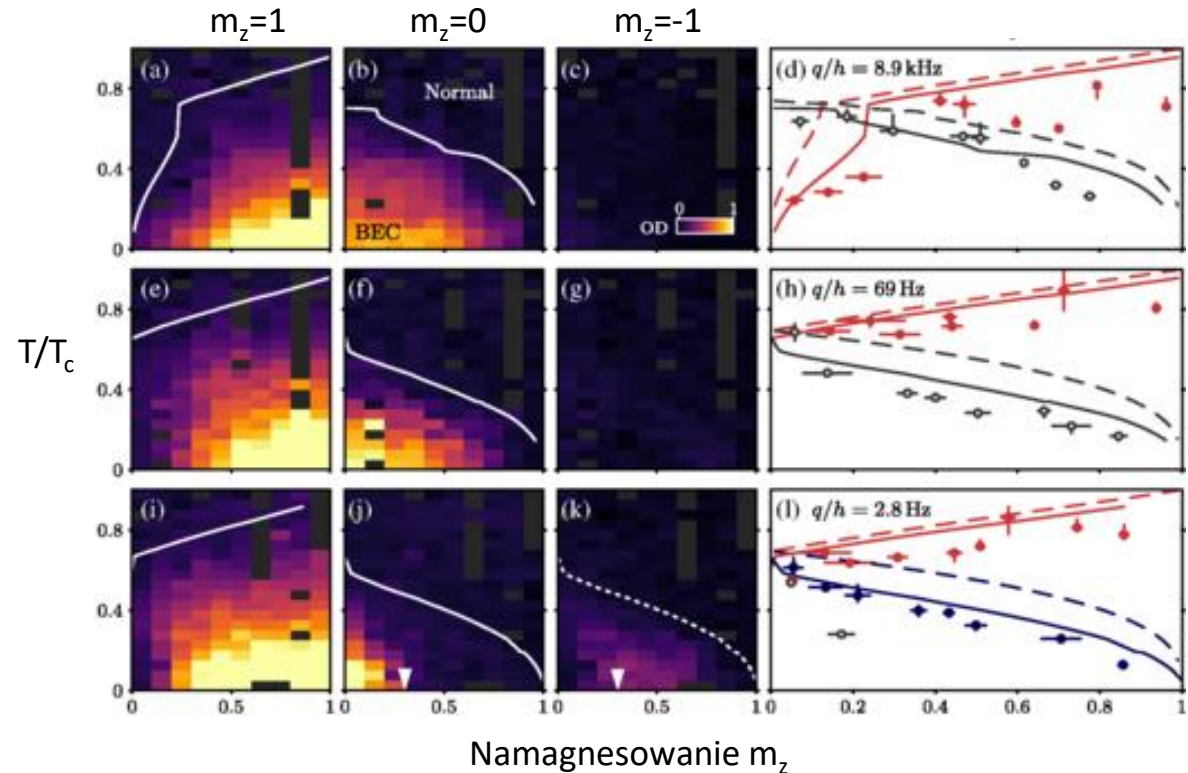
Kontrolowany sposób generowania zespołów statystycznych o własnościach pomiędzy CE a GCE

PHYSICAL REVIEW LETTERS

Highlights Recent Accepted Collections Authors Referees Search

Stepwise Bose-Einstein Condensation in a Spinor Gas

C. Frapolli, T. Zibold, A. Invernizzi, K. Jiménez-García, J. Dalibard, and F. Gerbier
 Phys. Rev. Lett. **119**, 050404 – Published 4 August 2017



METODYKA:

$$\hat{\Psi}(x) = \sum_j \phi(x) \hat{a}_j$$

Przybliżenie pól klasycznych

$$\hat{\Psi}(x) \rightarrow \left\{ \psi(x) = \sum_{j \in C} \phi(x) \alpha_j \right\}$$

S
G
P
E

$$\begin{aligned} \hbar \frac{\partial \psi(x, t)}{\partial t} &= \\ &= -i(1 - i\gamma) \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + V(x) - \mu + g_0 |\psi(x, t)|^2 \right) \psi(x, t) \\ &\quad + \sqrt{2k_B T} \gamma \eta(x, t) \end{aligned}$$

ROZKŁAD PRAWDOPODOBIEŃSTWA:

$$P(\psi) \propto \exp\left(-\frac{E(\psi) - \mu N(\psi)}{k_B T}\right)$$

METODYKA:

Przybliżenie pól klasycznych

$$\hat{\Psi}(x) = \sum_j \phi(x) \hat{a}_j$$

$$\hat{\Psi}(x) \rightarrow \left\{ \psi(x) = \sum_{j \in C} \phi(x) \alpha_j \right\}$$

S
G
P
E

$$\begin{aligned} \hbar \frac{\partial \psi(x, t)}{\partial t} &= \\ &= -i(1 - i\gamma) \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + V(x) - \mu + g_0 |\psi(x, t)|^2 \right) \psi(x, t) \\ &\quad + \sqrt{2k_B T} \gamma \eta(x, t) \end{aligned}$$

ROZKŁAD PRAWDOPODOBIENSTWA:

$$P(\psi) \propto \exp\left(-\frac{E(\psi) - \mu N(\psi)}{k_B T}\right)$$

Z DODATKOWYM CZŁONEM:

$$\begin{aligned} \hbar \frac{\partial \psi(x, t)}{\partial t} &= \\ &= -i(1 - i\gamma) \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + V(x) - \mu + g_0 |\psi(x, t)|^2 \right) \psi(x, t) \\ &\quad + \sqrt{2k_B T} \gamma \eta(x, t) + K (N(\psi) - \bar{N}) \psi(x, t) \end{aligned}$$

$$P_\sigma(\psi) \propto \exp\left(-\frac{E(\psi) - \mu N(\psi)}{k_B T} - \frac{[N(\psi) - \bar{N}]^2}{2 \sigma^2}\right)$$

METODYKA:

$$\hat{\Psi}(x) = \sum_j \phi(x) \hat{a}_j$$

Przybliżenie pól klasycznych

$$\hat{\Psi}(x) \rightarrow \left\{ \psi(x) = \sum_{j \in C} \phi(x) \alpha_j \right\}$$

S
G
P
E

$$\begin{aligned} \hbar \frac{\partial \psi(x, t)}{\partial t} &= \\ &= -i(1 - i\gamma) \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + V(x) - \mu + g_0 |\psi(x, t)|^2 \right) \psi(x, t) \\ &\quad + \sqrt{2k_B T \gamma} \eta(x, t) \end{aligned}$$

ROZKŁAD PRAWDOPODOBIENSTWA:

$$P(\psi) \propto \exp\left(-\frac{E(\psi) - \mu N(\psi)}{k_B T}\right)$$

Z DODATKOWYM CZŁONEM:

Zespół pól klasycznych SGPE => zespół pól klasycznych w GCE
Zespół pól klasycznych SGPE+czyłon => zespół pól klasycznych pomiędzy CE a GCE

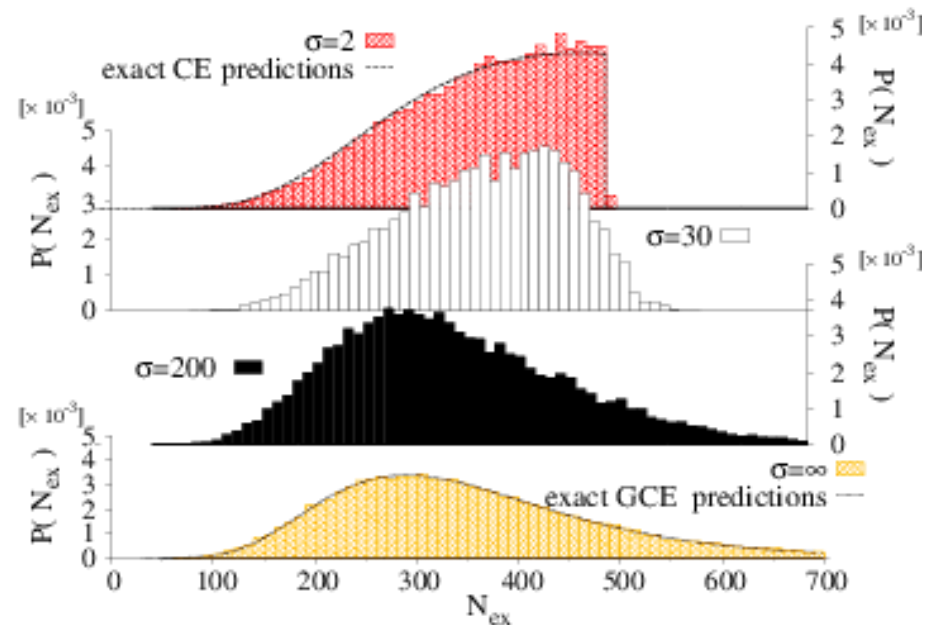
$$\begin{aligned} \hbar \frac{\partial \psi(x, t)}{\partial t} &= \\ &= -i(1 - i\gamma) \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + V(x) - \mu + g_0 |\psi(x, t)|^2 \right) \psi(x, t) \\ &\quad + \sqrt{2k_B T \gamma} \eta(x, t) + \left(-\frac{k_B T \gamma}{\sigma^2} \right) (N(\psi) - \bar{N}) \psi(x, t) \end{aligned} \quad P_\sigma(\psi) \propto \exp\left(-\frac{E(\psi) - \mu N(\psi)}{k_B T} - \frac{[N(\psi) - \bar{N}]^2}{2 \sigma^2}\right)$$

Obserwable, których fluktuacje będą ograniczane za pomocą σ , muszą komutować z hamiltonianem!

Continuum of classical-field ensembles in Bose gases from canonical to grand canonical and the onset of their equivalence

J. Pietraszewicz, E. Witkowska, and P. Deuar
Phys. Rev. A **96**, 033612 – Published 8 September 2017

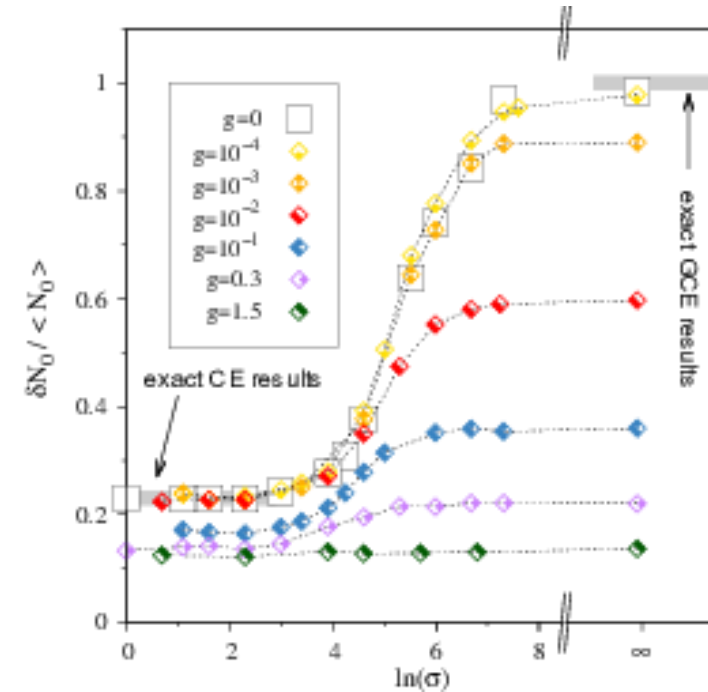
Rozkładu atomów wzbudzonych w $T=1.365T_c$ w zależności od wartości parametru σ .



Wyniki porównywano z *E. Witkowska, et al. Optic Communications 283, 671 (2010)*

Badanie statystyki gazu w 1D z wiązaniem σ

Względna wariancja atomów modzie kondensatowym w $T=0.34T_c$ jako funkcja parametru σ .



- Rozwinięto metodę generowania zespołów pól klasycznych o kontrolowanej statystyce;
- Zmodyfikowane równanie SGPE można zaadoptować w układach wielowymiarowych o różnych geometriach pętpek oraz układach z nielokalnymi oddziaływaniami;
- Testowe wyniki są zgodne z teoretycznymi wynikami, m.in. z pracy *Op. Comm. 283,671 (2010)*
- Zastosowanie równania SGPE z dodatkowymi członami w układach wielokomponentowych

- Rozwinięto metodę generowania zespołów pól klasycznych o kontrolowanej statystyce;
- Zmodyfikowane równanie SGPE można zaadoptować w układach wielowymiarowych o różnych geometriach pułapek oraz układach z nielokalnymi oddziaływaniami;
- Testowe wyniki są zgodne z teoretycznymi wynikami, m.in. z pracy *Op. Comm. 283,671 (2010)*
- Zastosowanie równania SGPE z dodatkowymi członami w układach wielokomponentowych

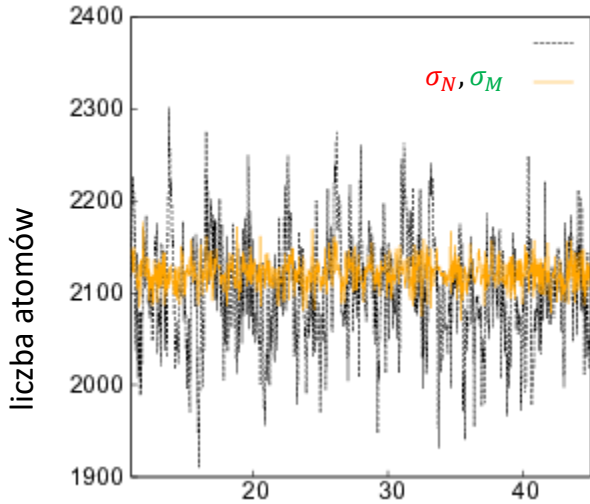
WSTĘPNE OBLICZENIA: 3D, SPINOROWY UKŁAD

$$P_{\sigma_N, \sigma_M}(\psi) \propto \exp\left(-\frac{E(\psi) - \mu N(\psi)}{k_B T} - \frac{[N(\psi) - \bar{N}]^2}{2 \sigma_N^2} - \frac{[M(\psi) - \bar{M}]^2}{2 \sigma_M^2}\right)$$

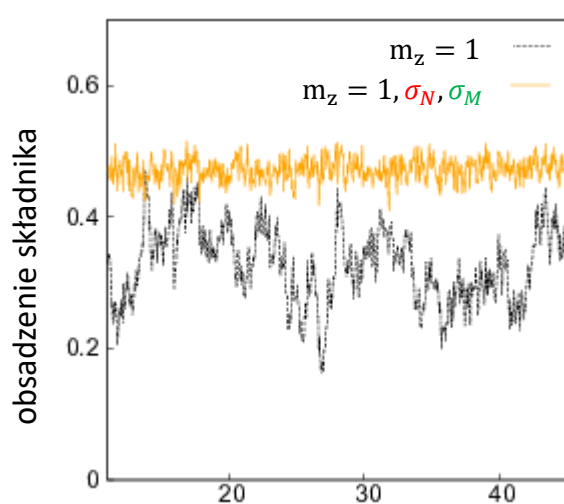
$$\bar{M} = \frac{\bar{N}}{2}, T = 200, \quad \sigma_N = 0.1, \sigma_M = 0.2$$

GCE

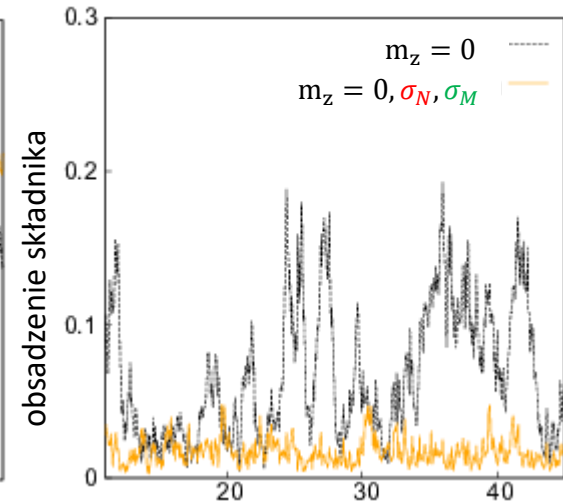
— zespół GCE zredukowany σ



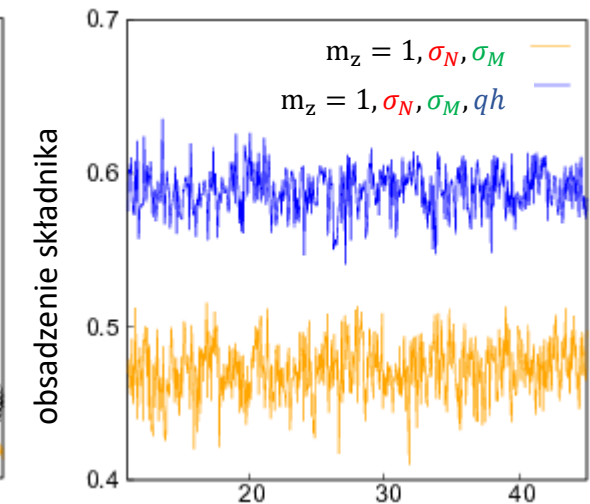
czas numeryczny



czas numeryczny



czas numeryczny



czas numeryczny