

PODSTAWY OBLICZEŃ KWANTOWYCH

Janusz Adamowski

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

e-mail: adamowski@fis.agh.edu.pl

e-mail: adamowski@fis.agh.edu.pl

<http://www.fis.agh.edu.pl/~adamowski/dydaktyka>

Część organizacyjna

Część organizacyjna

- ocena końcowa = ocena z seminarium (z uwzględnieniem obecności na wykładach)

Przedmiot wykładu

"Information is physical"

Rolf Landauer

- ▶ Kwantowa natura świata (od skali mikro do makro)

- ▶ Kwantowa natura świata (od skali mikro do makro)
- ▶ \implies Idea **bezpośredniego** zastosowania zjawisk kwantowych do wykonywania obliczeń

- ▶ Kwantowa natura świata (od skali mikro do makro)
- ▶ \implies Idea **bezpośredniego** zastosowania zjawisk kwantowych do wykonywania obliczeń
- ▶ **Uwaga:** działanie obwodów scalonych w komputerze klasycznym jest możliwe dzięki kwantowym własnościom materiałów półprzewodnikowych (jednak są to zjawiska opisywane prawami fizyki klasycznej)

- ▶ Kwantowa natura świata (od skali mikro do makro)
- ▶ \implies Idea **bezpośredniego** zastosowania zjawisk kwantowych do wykonywania obliczeń
- ▶ **Uwaga:** działanie obwodów scalonych w komputerze klasycznym jest możliwe dzięki kwantowym własnościom materiałów półprzewodnikowych (jednak są to zjawiska opisywane prawami fizyki klasycznej)
- ▶ Teoria obliczeń kwantowych (rozwijana od lat 80. XX wieku)

- ▶ Kwantowa natura świata (od skali mikro do makro)
- ▶ \implies Idea **bezpośredniego** zastosowania zjawisk kwantowych do wykonywania obliczeń
- ▶ **Uwaga:** działanie obwodów scalonych w komputerze klasycznym jest możliwe dzięki kwantowym własnościom materiałów półprzewodnikowych (jednak są to zjawiska opisywane prawami fizyki klasycznej)
- ▶ Teoria obliczeń kwantowych (rozwijana od lat 80. XX wieku)
- ▶ Realizacja eksperymentalna elementów obliczeń kwantowych (niewielkie liczby kubitów, pojedyncze operacje logiczne)

▶ **Główny cel badań:**

- ▶ **Główny cel badań:**
- ▶ **Komputer kwantowy**

- ▶ **Główny cel badań:**
- ▶ **Komputer kwantowy**
- ▶ **Cele poboczne:**

- ▶ **Główny cel badań:**
- ▶ **Komputer kwantowy**
- ▶ **Cele poboczne:**
- ▶ **Technologie kwantowe**

- ▶ **Główny cel badań:**
- ▶ **Komputer kwantowy**
- ▶ **Cele poboczne:**
- ▶ **Technologie kwantowe
Już są realizowane!!!**

Program wykładu

(1) Postulaty mechaniki kwantowej w języku wektorów stanu

- (1) Postulaty mechaniki kwantowej w języku wektorów stanu
- (2) Wprowadzenie do obliczeń kwantowych

- (1) Postulaty mechaniki kwantowej w języku wektorów stanu
- (2) Wprowadzenie do obliczeń kwantowych
- (3) Postulaty mechaniki kwantowej w języku operatora gęstości

- (1) Postulaty mechaniki kwantowej w języku wektorów stanu
- (2) Wprowadzenie do obliczeń kwantowych
- (3) Postulaty mechaniki kwantowej w języku operatora gęstości
- (4) Kubity

- (1) Postulaty mechaniki kwantowej w języku wektorów stanu
- (2) Wprowadzenie do obliczeń kwantowych
- (3) Postulaty mechaniki kwantowej w języku operatora gęstości
- (4) Kubity
- (5) Kwantowe bramki logiczne

- (1) Postulaty mechaniki kwantowej w języku wektorów stanu
- (2) Wprowadzenie do obliczeń kwantowych
- (3) Postulaty mechaniki kwantowej w języku operatora gęstości
- (4) Kubity
- (5) Kwantowe bramki logiczne
- (6) Korelacje kwantowe

- (1) Postulaty mechaniki kwantowej w języku wektorów stanu
- (2) Wprowadzenie do obliczeń kwantowych
- (3) Postulaty mechaniki kwantowej w języku operatora gęstości
- (4) Kubity
- (5) Kwantowe bramki logiczne
- (6) Korelacje kwantowe
- (7) Algorytmy kwantowe

- (1) Postulaty mechaniki kwantowej w języku wektorów stanu
- (2) Wprowadzenie do obliczeń kwantowych
- (3) Postulaty mechaniki kwantowej w języku operatora gęstości
- (4) Kubity
- (5) Kwantowe bramki logiczne
- (6) Korelacje kwantowe
- (7) Algorytmy kwantowe
- (8) Teleportacja kwantowa

- (1) Postulaty mechaniki kwantowej w języku wektorów stanu
- (2) Wprowadzenie do obliczeń kwantowych
- (3) Postulaty mechaniki kwantowej w języku operatora gęstości
- (4) Kubity
- (5) Kwantowe bramki logiczne
- (6) Korelacje kwantowe
- (7) Algorytmy kwantowe
- (8) Teleportacja kwantowa
- (9) Wprowadzenie do kryptografii kwantowej

- (1) Postulaty mechaniki kwantowej w języku wektorów stanu
- (2) Wprowadzenie do obliczeń kwantowych
- (3) Postulaty mechaniki kwantowej w języku operatora gęstości
- (4) Kubity
- (5) Kwantowe bramki logiczne
- (6) Korelacje kwantowe
- (7) Algorytmy kwantowe
- (8) Teleportacja kwantowa
- (9) Wprowadzenie do kryptografii kwantowej
- (10) Rozpad i dekoherencja kubitów, kryteria realizowalności fizycznej obliczeń kwantowych

- (1) Postulaty mechaniki kwantowej w języku wektorów stanu
- (2) Wprowadzenie do obliczeń kwantowych
- (3) Postulaty mechaniki kwantowej w języku operatora gęstości
- (4) Kubity
- (5) Kwantowe bramki logiczne
- (6) Korelacje kwantowe
- (7) Algorytmy kwantowe
- (8) Teleportacja kwantowa
- (9) Wprowadzenie do kryptografii kwantowej
- (10) Rozpad i dekoherencja kubitów, kryteria realizowalności fizycznej obliczeń kwantowych
- (11) Realizacja fizyczna: przykłady

Literatura

- (1) M.A. Nielsen and I.L. Chuang, "Quantum Computation and Quantum Information" (Cambridge University Press, 2000).

- (1) M.A. Nielsen and I.L. Chuang, "Quantum Computation and Quantum Information" (Cambridge University Press, 2000).
- (2) Z. Meglicki, "Introduction to Quantum Computing" (Lecture Notes, Indiana University, 2002)

- (1) M.A. Nielsen and I.L. Chuang, "Quantum Computation and Quantum Information" (Cambridge University Press, 2000).
- (2) Z. Meglicki, "Introduction to Quantum Computing" (Lecture Notes, Indiana University, 2002)
- (3) M. Hirvensalo, "Algorytmy kwantowe" (Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne S.A., Warszawa, 2004) [oryginał: "Quantum Computing" (Springer-Verlag, Berlin, 2001)].

- (1) M.A. Nielsen and I.L. Chuang, "Quantum Computation and Quantum Information" (Cambridge University Press, 2000).
- (2) Z. Meglicki, "Introduction to Quantum Computing" (Lecture Notes, Indiana University, 2002)
- (3) M. Hirvensalo, "Algorytmy kwantowe" (Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne S.A., Warszawa, 2004) [oryginał: "Quantum Computing" (Springer-Verlag, Berlin, 2001)].
- (4) M. Le Bellac, "A Short Introduction to Quantum Information and Quantum Computation" (Cambridge University Press, 2006).

- (1) M.A. Nielsen and I.L. Chuang, "Quantum Computation and Quantum Information" (Cambridge University Press, 2000).
- (2) Z. Meglicki, "Introduction to Quantum Computing" (Lecture Notes, Indiana University, 2002)
- (3) M. Hirvensalo, "Algorytmy kwantowe" (Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne S.A., Warszawa, 2004) [oryginał: "Quantum Computing" (Springer-Verlag, Berlin, 2001)].
- (4) M. Le Bellac, "A Short Introduction to Quantum Information and Quantum Computation" (Cambridge University Press, 2006).
- (5) C.P. Williams and S.H. Clearwater, "Explorations in Quantum Computing" (Springer-Verlag, New York, 1998).

- (1) M.A. Nielsen and I.L. Chuang, "Quantum Computation and Quantum Information" (Cambridge University Press, 2000).
- (2) Z. Meglicki, "Introduction to Quantum Computing" (Lecture Notes, Indiana University, 2002)
- (3) M. Hirvensalo, "Algorytmy kwantowe" (Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne S.A., Warszawa, 2004) [oryginał: "Quantum Computing" (Springer-Verlag, Berlin, 2001)].
- (4) M. Le Bellac, "A Short Introduction to Quantum Information and Quantum Computation" (Cambridge University Press, 2006).
- (5) C.P. Williams and S.H. Clearwater, "Explorations in Quantum Computing" (Springer-Verlag, New York, 1998).
- (6) ed. H.O. Everitt, "Experimental Aspects of Quantum Computing" (Springer Science, New York, 2005).

- (7) J. Preskill, "Quantum Information and Computation" (Lecture Notes for Physics 229, California Institute of Technology, 1998).

- (7) J. Preskill, "Quantum Information and Computation" (Lecture Notes for Physics 229, California Institute of Technology, 1998).
- (8) ed. R.K. Brylinski and G. Chen, "Mathematics of Quantum Computation" (Chapman and Hall CRC Press Company, Boca Raton, 2002).

- (7) J. Preskill, "Quantum Information and Computation" (Lecture Notes for Physics 229, California Institute of Technology, 1998).
- (8) ed. R.K. Brylinski and G. Chen, "Mathematics of Quantum Computation" (Chapman and Hall CRC Press Company, Boca Raton, 2002).
- (9) A. Peres, "Quantum Theory: Concepts and Methods" (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1998).

- (7) J. Preskill, "Quantum Information and Computation" (Lecture Notes for Physics 229, California Institute of Technology, 1998).
- (8) ed. R.K. Brylinski and G. Chen, "Mathematics of Quantum Computation" (Chapman and Hall CRC Press Company, Boca Raton, 2002).
- (9) A. Peres, "Quantum Theory: Concepts and Methods" (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1998).
- (10) R.P. Feynman, "Wykłady o obliczeniach" (Prószyński SA, Warszawa, 2007).

- (7) J. Preskill, "Quantum Information and Computation" (Lecture Notes for Physics 229, California Institute of Technology, 1998).
- (8) ed. R.K. Brylinski and G. Chen, "Mathematics of Quantum Computation" (Chapman and Hall CRC Press Company, Boca Raton, 2002).
- (9) A. Peres, "Quantum Theory: Concepts and Methods" (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1998).
- (10) R.P. Feynman, "Wykłady o obliczeniach" (Prószyński SA, Warszawa, 2007).
- (11) D.C. Marinescu and G.M. Marinescu, "Classical and Quantum Information" (Elsevier, Burlington USA, 2012).

(1) Zarys historii obliczeń kwantowych

- ▶ Paul Benioff (1980): koncepcja odwracalnej kwantowej maszyny Turinga

- ▶ Paul Benioff (1980): koncepcja odwracalnej kwantowej maszyny Turinga
- ▶ Richard Feynman (1982): wykazanie możliwości **bezpośredniego** zastosowania praw kwantowych do obliczeń komputerowych

- ▶ Paul Benioff (1980): koncepcja odwracalnej kwantowej maszyny Turinga
- ▶ Richard Feynman (1982): wykazanie możliwości **bezpośredniego** zastosowania praw kwantowych do obliczeń komputerowych
- ▶ David Deutsch (1985): teoria kwantowej maszyny Turinga

- ▶ Paul Benioff (1980): koncepcja odwracalnej kwantowej maszyny Turinga
- ▶ Richard Feynman (1982): wykazanie możliwości **bezpośredniego** zastosowania praw kwantowych do obliczeń komputerowych
- ▶ David Deutsch (1985): teoria kwantowej maszyny Turinga
- ▶ **Peter Shor (1994): kwantowy algorytm faktoryzacji dużych liczb całkowitych (operacja wykonana w czasie wielomianowym)**

- ▶ Paul Benioff (1980): koncepcja odwracalnej kwantowej maszyny Turinga
- ▶ Richard Feynman (1982): wykazanie możliwości **bezpośredniego** zastosowania praw kwantowych do obliczeń komputerowych
- ▶ David Deutsch (1985): teoria kwantowej maszyny Turinga
- ▶ **Peter Shor (1994): kwantowy algorytm faktoryzacji dużych liczb całkowitych (operacja wykonana w czasie wielomianowym)**
- ▶ Lov Grover (1996): kwantowy algorytm przeszukiwania bazy danych (czas obliczeń = pierwiastkowi czasu najszybszego algorytmu klasycznego)

- ▶ Paul Benioff (1980): koncepcja odwracalnej kwantowej maszyny Turinga
- ▶ Richard Feynman (1982): wykazanie możliwości **bezpośredniego** zastosowania praw kwantowych do obliczeń komputerowych
- ▶ David Deutsch (1985): teoria kwantowej maszyny Turinga
- ▶ **Peter Shor (1994): kwantowy algorytm faktoryzacji dużych liczb całkowitych (operacja wykonana w czasie wielomianowym)**
- ▶ Lov Grover (1996): kwantowy algorytm przeszukiwania bazy danych (czas obliczeń = pierwiastkowi czasu najszybszego algorytmu klasycznego)
- ▶ Wojciech Żurek (absolwent fizyki technicznej AGH) + Wootters: twierdzenie o niemożności klonowania qubitów

- ▶ Paul Benioff (1980): koncepcja odwracalnej kwantowej maszyny Turinga
- ▶ Richard Feynman (1982): wykazanie możliwości **bezpośredniego** zastosowania praw kwantowych do obliczeń komputerowych
- ▶ David Deutsch (1985): teoria kwantowej maszyny Turinga
- ▶ **Peter Shor (1994): kwantowy algorytm faktoryzacji dużych liczb całkowitych (operacja wykonana w czasie wielomianowym)**
- ▶ Lov Grover (1996): kwantowy algorytm przeszukiwania bazy danych (czas obliczeń = pierwiastkowi czasu najszybszego algorytmu klasycznego)
- ▶ Wojciech Żurek (absolwent fizyki technicznej AGH) + Wootters: twierdzenie o niemożności klonowania qubitów
- ▶ Artur Ekert (absolwent fizyki UJ): kryptografia kwantowa