

# Informatyka kwantowa II

dr hab. Łukasz Cywiński

## Dokładny plan wykładów:

### **I. Podstawy działania komputerów kwantowych w nieobecności dekoherencji (błędów w operacjach unitarnych)**

- 1) Elementy klasycznej informatyki i teorii złożoności algorytmicznej: algorytmy, maszyny Turinga, tezy Turinga, przykłady klas złożoności obliczeniowej (P, NP, itd.).
- 2) Przetwarzanie informacji a fizyka: związek pomiędzy prawami fizyki a możliwościami obliczeniowymi maszyn (komputerów) opisywanych przez te prawa. Klasyczne bity vs kwantowe kubity. Jak miałyby działać komputer kwantowy?
- 3) Uniwersalność komputera kwantowego wykorzystującego bramki jedno- i dwukubitowe. Podstawowe kwantowe bramki logiczne. Twierdzenie Solovaya-Kitaeva.
- 4) Praktyczne interludium: przykłady fizycznych realizacji kubitów i bramek jedno- i dwukubitowych.
- 5) Obliczenia kwantowe: algorytm Deutscha-Jozsy, algorytm Grovera, kwantowa transformata Fouriera, algorytm Shora (zarys).

### **II. Podstawy teorii układów otwartych**

- 1) Stany mieszane – wprowadzenie zredukowanej macierzy gęstości oraz dodanie „klasycznej” losowości do ogólnego opisu stanów. Opis stanów mieszanych układów dwupoziomowych. Entropia Von Neumanna zredukowanego stanu podukładu i jej związek ze splątaniem.
- 2) Dekoherencja jako źródło błędów w obliczeniach kwantowych. Kwantowe układy otwarte. Przykłady: czyste defazowanie kubitów w przypadku czystego i mieszanego stanu otoczenia, spontaniczna rekombinacja (teoria Breita-Wignera), oddziaływanie kubitów ze źródłem klasycznego szumu.
- 3) Formalne podejścia do dynamiki otwartych układów: operatory Krausa, kanały kwantowe. Czym jest całkowita dodatniość i czemu (prawie) wszyscy się o nią tak martwią.

4) Formalna teoria dekoherencji w przypadku markowskiej dynamiki otwartego układu kwantowego. Fizyczne warunki jej stosowalności. Przykłady kiedy teoria ta działa, oraz kiedy nie działa.

### **III. Ochrona obliczeń komputera kwantowego oraz pamięci kwantowej przed dekoherencją**

- 1) Podstawy kwantowej korekcji błędów.
- 2) Dynamiczne odsprężanie kubitów od otoczenia – ochrona koherencji. Echo spinowe i sekwencje wielopulsowe.
- 3) Kubit jako sensor spektrometr szumu otoczeniowego – jak praktycznie wykorzystać dekoherencję.