



INSTITUTIONEN FÖR FYSIK

NFFY100, Kvantfelskorrigering, 7,5 högskolepoäng

Quantum error correction, 7.5 credits

Forskarnivå / Third-cycle level

Fastställande

Kursplanen är fastställd av Institutionen för fysik 2025-09-03 och senast reviderad 2025-09-04. Den reviderade kursplanen gäller från och med höstterminen 2025.

Ansvarig institution

Institutionen för fysik, Fakulteten för naturvetenskap och teknik

Förkunskapskrav

“En introduktionskurs i kvantdatorer, t.ex. FCC155 (GU) / MCC155 (Chalmers), rekommenderas.
Grundläggande kunskaper i Python.”

Lärandemål

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

Kunskap och förståelse

- Vara medveten om algoritmer för kvantfelkorrigering och deras respektive tillämpningsområden.

Färdighet och förmåga

- Kunna utföra teoretisk analys av felkorrigeringskoder och använda avkodningsalgoritmer.
- Kunna implementera och analysera prestandan hos enkla koder i verklig kvanthårdvara.

Värderingsförmåga och förhållningssätt

- Förstå begränsningar i teoretiska studier av kvantfelkorrigering tillämpad på verklig kvanthårdvara.

Innehåll

Kvantfelkorrigering (QEC) är ett snabbt växande forskningsfält som står i centrum för dagens satsningar inom kvantdatorer, baserat på insikten att kvantdatorer i praktisk skala måste ha mycket låga felfrekvenser. Kursen ger en introduktion till QEC med fokus på nuvarande och föreslagna framtida implementationer i olika qubit-hårdvaruplattformar. Övningar kommer att inkludera både teoretiska problem och implementering av felkorrigering koder på kvant-hårdvara.

Kursen kommer att behandla följande ämnen:

- Stabilizer-koder, repetitionskod och ytkod. Tröskelteoremet. Logiska qubits, kodavstånd, kodförhållande, Knill-Laflamme-villkor.
- Felmodeller. Depolariserande och partiska Pauli-fel, sönderfall, läckage, korskoppling.
- Mätbaserad kvantfelkorrigering.
- Logiska grindar på ytkoden, inklusive “lattice surgery” och “magic state injection”.
- Avancerade koder, såsom ytkoder anpassade till partiskt brus (XZZX, Clifford-deformerade koder), kvant-LDPC (low-density parity check)-koder samt konkatenerade koder såsom dual-rail. Bosoniska koder.
- Experimentella implementationer i olika arkitekturer, inklusive supraledande diskreta variabel-qubits, kontinuerliga variabel-qubits, jonfällor, neutrala atomer och fotonikbaserade system.
- Avkodning. Maximum-likelihood kontra mest sannolika fel-avkodare. Minimum-weight perfect matching, belief propagation och maskininlärningsbaserade avkodare.
- Ising-modellrepresentation av stabilizer-koder. Feltröskel som en fasövergång.

Undervisningsformer

Föreläsningar, övningshandledningstillfällen, datorlaborationer.

Undervisningsspråk

Kursen ges på engelska

Betyg

På kursen ges något av betygen Godkänd (G) och Underkänd (U).

Former för bedömning

Studenternas prestationer kommer att bedömas utifrån genomförda övningar samt ett genomfört projekt.

Kursvärdering

Kursutvärderingen genomförs tillsammans med doktoranderna i slutet av kursen och följs av en individuell, anonym enkät. Resultaten och eventuella förändringar i kursen kommer att delas med de studenter som deltog i utvärderingen samt med dem som påbörjar kursen.