

INTRODUZIONE ALL' INFORMAZIONE QUANTISTICA 826SM – 6 CFU

Obiettivi formativi: fornire agli studenti gli strumenti fisici e matematici alla base della recente rivoluzione concettuale basata sulla possibilità di codificare, trasmettere e manipolare informazione usando sistemi quantistici. Mettere in grado gli studenti di comparare le analogie e le differenze tra gli aspetti classici e quantistici della teoria dell'informazione e introdurli alle problematiche inerenti all'applicazione della meccanica quantistica nell'ambito del cosiddetto machine learning.

Prerequisiti: conoscenze di meccanica quantistica elementare

Programma

Entangolamento quantistico e completa positività: nella prima parte del corso vengono riesaminati i concetti fondamentali della meccanica quantistica relativamente alla statistica degli stati puri e misti e ai vari tipi di dinamiche quantistiche reversibili e irreversibili. Particolare enfasi viene data al fenomeno dell'entangolamento quantistico e alla sua individuazione per mezzo delle mappe completamente positive e al significato fisico della completa positività. La prima parte si conclude con un esame dell'entropia di von Neumann e delle sue applicazioni negli ambiti discussi precedentemente.

Teoremi classici di codifica dell'informazione: nella seconda parte del corso vengono prima introdotte le tecniche di base della teoria dell'informazione classica: entropia di Shannon, entropia mutua e informazione mutua, le loro connessioni e le loro proprietà. In seguito, si discutono le principali applicazioni di tali concetti nell'ambito dei teoremi di Shannon relativi alla codifica dei canali senza rumore e alla loro capacità di trasmissione nel caso di presenza di rumore e di conseguenti errori.

Canali quantistici e codifica dell'informazione: nella terza parte del corso vengono presentate le nozioni di entropia quantistica mutua e relativa e discusse le differenze e analogie in relazione alle loro controparti classiche. In seguito, vengono introdotte alcune tipologie di canali quantistici, con memoria e senza memoria e discussi gli analoghi quantistici dei teoremi di Shannon relativamente ai canali senza memoria con particolare riferimento al ruolo dell'entropia di von Neumann nella teoria dell'informazione quantistica.

Perceptroni classici e quantistici: l'ultima parte del corso, dapprima introduce gli aspetti elementari del machine learning classico, in particolare il concetto di perceptrone e la sua funzionalità nella teoria; il corso si conclude poi con una discussione dei recenti tentativi di formulare una teoria quantistica del machine learning che sfrutti gli aspetti quantistici di sovrapposizione lineare ed entangolamento degli stati come nella teoria quantistica dell'informazione discussa in precedenza.

Metodi didattici: le lezioni sono frontali con coinvolgimento degli studenti nella risoluzione di esercizi proposti ad illustrazione della teoria presentata.

Modalità di verifica dell'apprendimento: la verifica dell'apprendimento avviene tramite esame orale in cui lo studente o studentessa presenta un argomento scelto a piacere tra quelli discussi durante il corso rispondendo alle domande e osservazioni suscitate durante la presentazione.

Testi di riferimento

1. *Quantum Information, Computation and Cryptography*, F. Benatti, M. Fannes, R. Floreanini, D. Petritis eds., Lecture Notes in Physics vol. **808**, Springer 2012
2. T. M. Cover, J. A. Thomas, *Elements of Information Theory*, John Wiley and Sons
3. M.A. Nielsen and I.L. Chuang, *Quantum Computation and Quantum Information*, Cambridge University Press, 2004
4. M. Schuld, F. Petruccione, *Supervised Learning with Quantum Computer*, Quantum Science and Technology, Springer 2019