

Informația cuantică

transformand paradoxurile in tehnologiile viitorului

Suntem la inceputul celei de-a doua revolutii cuantice care va dezlanțui intregul potential al fizicii cuantice. Noi tehnologii bazate pe fenomene cuantice (superpozitie, entanglement, teleportare etc) vor aduce computere mai rapide, comunicatii securizate, senzori si dispozitive de imagistica mai performante.

In aceasta teza prezint rezultatele cercetarilor mele (Partea I) si directiile de dezvoltare viitoare (Partea II). Structura tezei reflecta evolutia intereselor mele de cercetare in decursul timpului, de la implementari si aplicatii ale informatiei cuantice pana la *Gedankenexperiments* si subiecte filosofice legate de fundatiile mecanicii cuantice.

Dupa o scurta prezentare a celei de-a doua revolutii cuantice (Prolegomenon), in Capitolul 1 discut unul din subiectele importante din informatia cuantica, si anume implementarile. Problema este de a gasi sisteme fizice adecvate pentru a implementa ideile teoretice, precum protocoale cuantice si algoritmi cuantici. Prima mea cercetare in acest domeniu a inceput in 1999 cu o propunere de a implementa calculul cuantic cu electroni in regim balistic. Bazat pe acest model am dezvoltat una din primele propuneri de a testa inegalitatea Bell intr-un sistem in stare solida. Intr-o sectiune urmatoare descriu mai multe arhitecturi pentru a efectua porti cuantice cu ajutorul efectelor topologice, acestea fiind mai robuste la erori. In final discut un alt model computational, cluster state quantum computation, si arat cum putem construi stari cluster fotonice 2- si 3-dimensionale.

Cateva aplicatii ale informatiei cuantice sunt prezentate in Capitolul 2. Folosind metode specifice informatiei cuantice putem privi problemele intr-o lumina noua. Prima aplicatie este un sorter cuantic universal, adica un dispozitiv care sorteaza sisteme cuantice in diverse moduri spatiale depinzand de valoarea unui grad de libertate intern oarecare (polarizare, moment unghiular orbital, lungime de unda etc). Pentru cea de-a doua aplicatie prezint un cadru axiomatic pentru a asocia grafuri cu stari cuantice. Acesta ne permite sa descriem o familie larga de stari entangled multi-particula, stari bazate pe grafuri.

In Capitolul 3 discut entanglementul in sisteme de mai multe corpuri. Puterea unui concept este data nu numai de importanta sa in domeniul initial in care a originat, ci si de impactul pe care acest concept il are in alte domenii. Entanglementul este un concept cheie in informatia cuantica

si a aparut initial in *Gedankenexperiments* din fundatiile mecanicii cuantice (Einstein-Podolsky-Rosen, pisica lui Schrödinger). Recent inasa, entanglementul s-a dovedit a fi crucial pentru a intelege sisteme de mai multe corpuri (stare solida, topologice etc) si in studiul tranzitiilor de faza cuantice. Voi discuta unul din rezultatele noastre in acest domeniu, si anume regasirea principiului holografic (entropic area law): *entropia unei regiuni este proportionala cu aria granitei sale*. Un al doilea rezultat a fost descoperirea *entanglementului topologic* in modelul lui Kitaev.

Capitolul 4 este dedicat fundatiilor mecanicii cuantice. *Gedankenexperiments* continua sa joace un rol important in intelegerea unor concepte cuantice fundamentale, precum superpozitia (pisica lui Schrödinger), entanglementul (Einstein-Podolsky-Rosen) si dualitatea unda-corpusul (experimentul cu doua fante). In prezent exista un interes renascut pentru fundatiile mecanicii cuantice, ceea ce sugereaza ca *Gedankenexperiments* vor continua sa joace un rol important. In prima parte a capitolului descriu un nou experiment mental propus de noi, si anume *quantum delayed-choice*. Aceasta propunere a generat o serie de implementari in diverse sisteme fizice: RMN, fotonica, qubiti superconductori. Experimentele au confirmat predictia noastra a fenomenului de *wave-particle morphing* si reinterpretarea Principiului Complementaritatii al lui Bohr. In ultima sectiune prezint o discutie filosofica legata de starea actuala a fundamentelor mecanicii cuantice.

In Capitolul 5 descriu planurile mele de dezvoltare viitoare. Din punctul de vedere al cercetarii, doua domenii pe care ma voi axa sunt informatia cuantica in sisteme fotonice (de exemplu Boson-Sampling) si fundatiile mecanicii cuantice. In final prezint un plan de dezvoltare in Romania a comunitatii de informatie cuantica si tehnologii cuantice.