

# Kvantum összefonódás 2018

## vizsga tematika

Szalay Szilárd

2018. május 28.

A tételek az anyag felosztását követik, ezért túl hosszúak, vizsgán egy tételnek csak egy részéről kell majd beszélni. A tételek részei általában mind a klasszikus, mind a kvantum esetre értendőek (ahol ez értelmes). Az idő hiányában kimaradt témák szürkével vannak írva, ezek nem részei a vizsgának. A címszavak után szögletes zárójelben található a javasolt irodalom, ahol nincs ilyen, ott saját anyagot mondtam. Általában érdemes forgatni a [BŽ06] és [NC00] műveket, de az előadáson sokszor letisztultabb, és az adott témára fókuszáltabb tárgyalás hangzott el.

(A kávésbögre fölt egy LaTeX feature. <http://hanno-rein.de/archives/349>)

1. **Klasszikus és kvantum rendszerek.** (diszkrét véges rendszerek) Események, megfigyelhető mennyiségek, állapotok (valószínűségi eloszlás sűrűségek, sűrűség operátorok, tiszta és kevert állapotok), állapot terek (keverés, konvexitás, szimplex, konvex test, Hilbert tér, szuperpozíció), mérés (csak projektív mérés, Born szabály). Példák (konvex geometria [[BŽ06]: 1.1 fejezet], klasszikus bit, trit, kvantum bit, ilyenek projektív mérése).

[Nagyon alapszintű, könnyen olvasható bevezető: [NC00] 2.1 és 2.2 fejezetek]

[kvantum állapottér: [BŽ06] 8. fejezet]

2. **Összetett klasszikus és kvantum rendszerek.** Együttes események, megfigyelhető mennyiségek, tenzorszorzat struktúra, együttes és marginális állapotok [[NC00] 2.4.3 fejezet] (Schmidt dekompozíció [[BŽ06] 9.2 fejezet]), állapot terek, mérés. Példák (két klasszikus bit, két kvantum bit, Pauli- és Bell-diagonális állapotok).
3. **Klasszikus és kvantum állapot transzformációk.** Sztochasztikus leképezések (és reprezentációjuk [[BŽ06]: 2.1 fejezet kis része], zárt rendszer időfeljődése, rendszer hozzátevése, eldobása), teljesen pozitív nyomórzó leképezések (Kraus reprezentáció, zárt rendszer időfeljődése, rendszer hozzátevése, eldobása [[BŽ06]: 10. fejezet egy része]), mérés (összeomlás, szelektív/nemszelektív, projektív/általánosított, POVM és Naimark tétel) beágyazás. Példák (projektív mérés klasszikus és kvantum biten, kvantum keverés/szuperpozíció).

4. **Általánosított kvantummérések viszonyai.** Kommutálás, nem-zavarás, együttmérhetőség, koegzisztencia [az anyagot a [HW10, RRW13] cikkek alapján mondtam].
5. **Klasszikus és kvantum állapotok kevertsége, megkülönböztethetősége.** Kevertség részben rendezéssel (majorálás, klasszikus és kvantum Hardy-Littlewood-Pólya lemma, Uhlmann majorálási tétel a kvantum esetre, Schur tétel [[BŽ06]: 2.1, 12.5 fejezet]) kevertség entrópiával (Shannon/Neumann, Rényi, Tsallis [[BŽ06]: 2.2, 12.5 fejezet]), megkülönböztethetőség relatív entrópiával (monotonitás, kapcsolat az entrópiával [[BŽ06]: 2.3, 2.7, 12.2, 12.3, 12.4 fejezet]), Schrödinger keverék tétel (Schmidt dekompozícióval [[BŽ06]: 8.4 fejezet]). Példák (majorálás klasszikus biten, triten, kvantum biten).
6. **Határozatlansági relációk.** Heisenberg-féle (...), entropikus (...), Példák (kvantum biten).
7. **Klasszikus és kvantum feltételes állapotok.** Mérés egyik részrendszeren, összeomlás a másikon (szelektív/nemszelektív, projektív/általánosított). Példák (projektív mérés két klasszikus biten, tiszta állapotú két kvantum biten). Einstein-Podolsky-Rosen paradoxon, Clauser-Horne-Shimony-Holt egyenlőtlenség [[BCP+14] 1.A fejezet, illetve [NC00] 2.6 fejezet hozzáolvasható].
8. **Műveletek összetett klasszikus és kvantum rendszereken.** Műveletek összetett klasszikus rendszereken (globális/lokális, kommunikáció), műveletek összetett kvantum rendszereken (globális/lokális, klasszikus/kvantum, klasszikus/kvantum kommunikáció), távoli laboratórium paradigma (lokális kvantum műveletek klasszikus kommunikációval, determinisztikus és sztochasztikus konvertálhatóság és ekvivalencia, tiszta állapotokra Nielsen tétel, Vidal tétel). Példák (teleportálás, desztillálás [benne vannak pl [NC00]-ban, de nem olyan elegánsan]).
9. **Klasszikus és kvantum korrelációk.** Klasszikus rendszerek (korrelálatlan/korrelált, korreláció mértékei), kvantum rendszerek (korrelálatlan/korrelált, korreláció mértékei, nemdiszkordáns/diszkordáns, diszkord mértékei, szeparálható/összefonó, összefonódás mértékei), összefonódás mértékei a távoli labor paradigma alapján (Vidal-Horodecki tételek). Példák (két klasszikus bit, két kvantum bit).
10. **Összefonódás eldöntése.** Majorálási és entropikus kritériumok, CHSH-egyenlőtlenségek, tanú operátorok, pozitív de nem teljesen pozitív leképezések.

## Hivatkozások

[BCP+14] Nicolas Brunner, Daniel Cavalcanti, Stefano Pironio, Valerio Scarani, and Stephanie Wehner. Bell nonlocality. *Rev. Mod. Phys.*, 86:419–478, Apr 2014.

- [BŻ06] Ingemar Bengtsson and Karol Życzkowski. *Geometry of Quantum States: An Introduction to Quantum Entanglement*. Cambridge University Press, 2006.
- [HW10] Teiko Heinosaari and Michael M. Wolf. Nondisturbing quantum measurements. *Journal of Mathematical Physics*, 51(9):092201, 2010. [arXiv:1005.5659 \[quant-ph\]](#).
- [NC00] Michael A. Nielsen and Isaac L. Chuang. *Quantum Computation and Quantum Information*. Cambridge University Press, 1 edition, October 2000.
- [RRW13] David Reeb, Daniel Reitzner, and Michael M Wolf. Coexistence does not imply joint measurability. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 46(46):462002, 2013. [arXiv:1307.6986 \[quant-ph\]](#).