

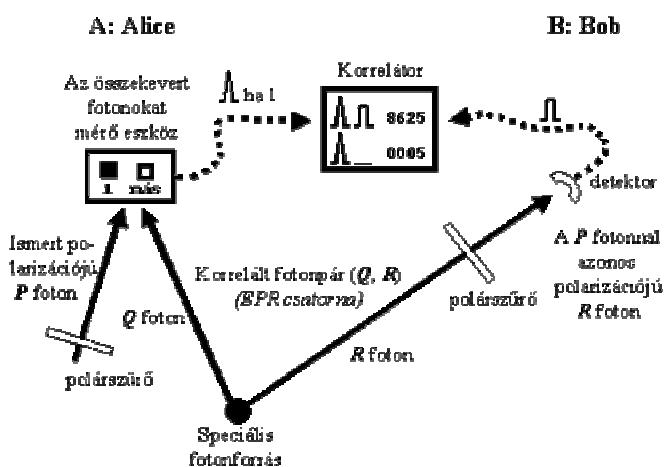
A kvantumteleportációtól a valós teleportációig

Ezen írás célja: tömören szemügyre venni, hogy a ma már általánosnak mondható kvantumteleportációs eljárást hogyan próbálják meg a fizikusok kiterjeszteni összetett atomi struktúrák kvantuminformációjának teleportáció révén történő továbbítására. Majd kicsit szabadjára engedve fantáziánkat megpróbáljuk felvázolni, miként lehetne megvalósítani makroszkopikus objektumok valós teleportációját. Először azonban nézzük meg a kvantumteleportáció általános mechanizmusát.

A kvantumteleportáció eljárása lehetőséget biztosít egy mező (például a lézerfény formájában megjelenő elektromágneses mező) tetszőleges kvantumállapotának klasszikus információcsatorna bevonásával történő átvitelére. Az első kísérleteknél az eljárást diszkrét értékekre alkalmazták, később azonban folytonosan változó értékekre is kiterjesztették. Az első verzió megvalósítását a jobboldali ábrán vehetjük szemügyre.

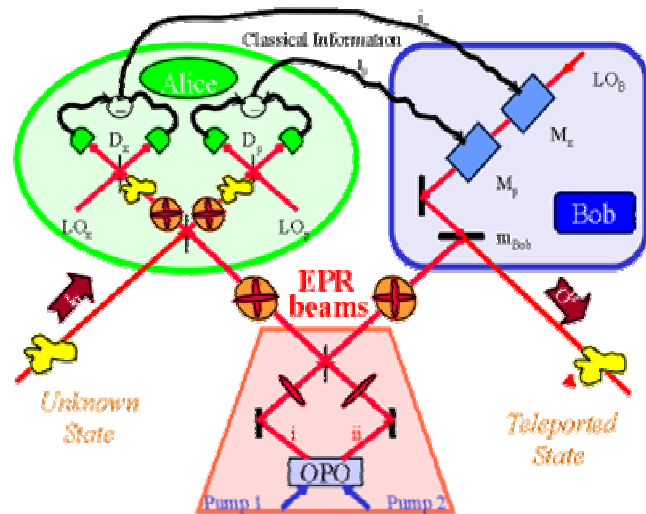
A küldő állomásán, akit a szakirodalomban csak Alice-nak becéznek, a P jelű fotonnyalábot 45 fokos polarizációs szöggel látják el. A nyaláb ezután a nyalábosztóba kerül. Ezzel egyidőben létrehozunk két EPR (Einstein-Podolsky-Rosen) párba összekapcsolt foton – Q és R. A két foton polarizációja teljességgel határozatlan, ám ennek ellenére az összefonódás miatt szoros

kapcsolatban vannak. Ez annyit tesz, hogy az összefonódás miatt polarizációik egymás komplementerei vagy kiegészítői. Azaz, ha később a Q jelű fotonról kiderül, hogy vízszintes polarizációval rendelkezett, akkor az összefonódás miatt biztosra vehető, hogy az R jelű fotonnak függőleges lesz a polarizációs szöge. Az Q jelű összefonódott foton éppen akkor ér a nyalábosztóhoz, amikor a P jelű. A nyalábosztó ezt követően arra kényszeríti az egyes beérkező fotonokat, hogy azok a detektor 1-es, vagy irányt változtatva a 2-es jelű érzékelőjébe csapódjanak. Az esetek 25%-ában azonban, amikor az egyik foton az 1-es, a másik pedig a 2-es pontba érkezik, Alice képtelen lesz pontosan megállapítani, hogy melyik foton hová érkezett. Ez pedig kvantumhatározatlanságot okoz, melynek révén a P jelű foton elveszti egyediségét és szuperpozícióba kerül a Q jelű fotonnal. A két foton polarizációs szöge most már teljességgel határozatlan, ám mivel más-más (1-es és 2-es) érzékelőbe csapodnak be, ezért Alice abban biztos lehet, hogy a két foton polarizációs szöge egymás komplementerei. Mivel a P jelű teleportálandó foton polarizációja a Q jelű komplementere kell, hogy legyen, ezért a Q-val összefonódásban álló R foton polarizációjának P-vel kell azonosnak lennie. Vagyis a teleportáció sikeres volt, Bob 45 fokosnak fogja mérni az R foton polarizációját. Az Innsbrucki Egyetemen végzett kísérletek alkalmával Bob 45 fokos polarizációt érzékelő detektora csak akkor jelzett, ha Alice nyalábosztójának két detektora egyszerre jelzett. Ez a fajta módszer csak kvantum objektumok, pl. foton vagy atom kvantum információját képes teleportálni, hisz a teleportálandó objektum összefonódását csak ebben az esetben lehet biztosítani, ugyanis makroszkopikus tárgyaknál – jelenlegi ismereteink szerint – az összefonódás vagy szuperpozíció nagyon gyorsan megszűnik. Fontos itt azt is megjegyeznünk, hogy valójában nem a foton került átvitelre a teleportáció eredményeként, hanem csak a polarizációs információja, melynek megtörténtéről egy klasszikus – pl.



telefonvonalon – tudatni kell Bobot. Vagyis, annak ellenére, hogy maga az információ azonnal átkerül a B jelű fotonra, ennek megtörténtét csak klasszikus módon – a fénysebesség korlátját megőrizve – észlelhetjük. Informatikai nyelven azt is mondhatjuk, hogy a teleportáció fent bemutatott elvével valójában kezdjük megfelelően és kedvünkre használni a kvantumtörvényeket és a kvantum valószerűség maszkolását.

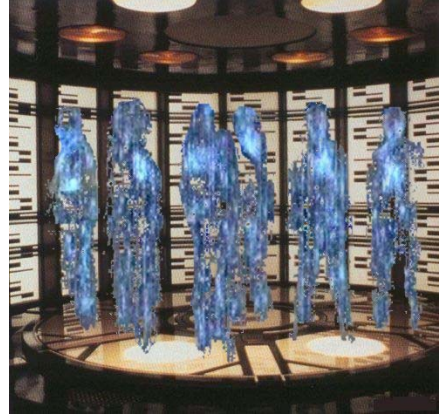
A fenti kísérlet bemutatásával most nézzük meg miként terjeszthető ki ez a séma a folytonosan változó, több összetevős, pl. atomi struktúrák kvantum információjának átvitelére. Az ábrán látható kísérleti elrendezésben baloldalon érkezik be a térben és időben modulált lézervény. Ezzel egyidőben a kép közepén lévő parametrikus optikai erősítő segítségével két szélessávú, több hullámhosszú korrelált lézervényt állítanak elő, melyek az osztón áthaladva Alice és Bob felé indulnak. Az Alice-hoz érkező nyalábot és a beérkező nyalábot egy 50/50 százalékos osztóval kevert állapotba hozzák, mely állapotokat a képen látható két kiegyenlített, D_x és D_p jelzésű homodin vevőkészülékekkel – több képpontos fénydetektorral (CCD) – érzékelik. Az így keletkező 90 fokos fáziseltolású összetevőket többcsatornás klasszikus hírközlési vonalon juttatják át a Bob oldalán található M_x és M_p jelzésű modulátorokba, mellyel az ott beérkező lézervényt modulálják, hogy segítségével és a másik korrelált fénynyaláb m_{Bob} jelű osztón keresztüli keverésével előállítsák a teleportálandó ismeretlen, térben és időben változó eredeti jelet. Ezen a módon a fényüregbe helyezett atomok spin állapot információját is átvihetik. A fenti elrendezést kvantum holografikus teleportációnak is nevezik, a koherens és a változó jel keverése és újbóli rekonstruálása miatt. Természetesen, akárcsak korábban, itt is csak az információ került átvitelre, melyből egy részt klasszikus vonalon közvetítettünk. Tehát itt sem beszélhetünk valódi teleportációról, ahogy azt általában, laikus fejjel gondolnánk. Felvetődik ezek után a kérdés: az ilyen típusú kísérletek vajon utat mutathatnak-e nekünk a valódi teleportáció megvalósításához?



A valós teleportáció kérdése

Valós teleportáció esetén a teleportálandó objektum teljes szerkezeti információját kellene a szerveződés lebontásával egyidőben, egy tetszőleges térpontba átjuttatni és ott újra felépíteni. Ennek megvalósításához fel kell tárjuk az *információ-energia-anyag* kölcsönös egymást szervező és kifejező törvényszerűségeit. Azaz, hogy miként alakul az információ szervezett energiává, azaz anyaggá, illetve, hogy ez a folyamat miként zajlik visszafelé, vagyis az anyag miként alakítható tiszta önszervezett információvá. A fenti kísérletek jelen pillanatban az információ, illetve az információterjedés kvantum szintű törvényszerűségeit világítják meg előttünk és teszik felhasználhatóvá a kvantumszámítás terén. A legutóbbi cikkünkben bemutatott mátrixlogika azonban megvilágította előttünk az *információ-energia-anyag* kölcsönös viszonyának újszerű törvényeit – lásd topológiai kompaktifikáció –, melyek a fenti jelenségekre alkalmazva megmutathatják, hogyan lehet szervezet energiahalmazokat készíteni – duális, holografikus szimmetria révén –, s hogy miként lehet azokat stabilan – önmegfigyelési vagy értelmezési folyamat révén – fenntartani. Ezen leírás szerint az információt a logikai tér megfigyelő, vagy öntudati értéke teremti és szervezi, mely topologikus energiaként és a duális szimmetria révén, mint dinamikus hologram, stabil anyagi

formákban is kivetíti magát. Ebben a folyamatban központi szerepet játszik a mátrixlogikai kölcsönhatások és a vákuumrezgések szoros kapcsolata. Ez azért fontos tény, mert mai ismereteink szerint a kvantumvákuum szintjén a makroszkopikus tárgyak – holografikus értelemben – szoros EPR kapcsolatban állnak, így a teleportáláshoz elengedhetetlen összefonódás jelen van, csak ki kell tudni aknázni. Az *információ-energia-anyag* kölcsönös egymásba alakulásának törvényei a féregjáratok és feketelyukak legújabb holografikus elvet követő törvényeivel is szoros kapcsolatban állnak, ami a valós teleportáció lehetséges megvalósításának szükséges előfeltétele, hisz csak ilyen folyamatban végezhetjük el a küldő oldalon az objektum tiszta információvá alakítását, illetve annak vevőoldali szervezett energiává, vagy anyaggá változtatását. A mátrixlogika holomátrixként – holografikus úton, mesterségesen gerjesztett információmátrixként – történő vizsgálata és elméleti kiterjesztése megmutathatja számunkra azokat a szükséges törvényszerűségeket, melyekkel a fent említett átalakulási folyamatok megérthetőek és kísérletileg vizsgálhatók. Noha ennek kivitelezése még nem most várható, ennek ellenére az ilyen irányú kutatások elvezethetnek bennünket oda, hogy a ma még tudományos-fantasztikus filmekben – pl. a Star Trek – látható teleportálási módszert valóban megvalósítsuk.



Dienes István
mérnök-kutató
Stratégia kutató Intézet

Felhasznált irodalmak:

Dik Bouwmeester, Jiai-Wei Pan, Klaus Mattle, Manfred Eibl, Harald Weinfurter és Anton Zeilinger cikke, *Nature*, December, 1997.

August Stern, *Quantum Theoretic Machines*, Elsevier Science, Amsterdam, New York, Tokyo, 2000)

Rövidesen megjelenik az *ÁT - Áram és Technológia* c. újságban (most anyagi okok miatt szünetel)