

Látjuk, hogy a kvantumfizikai laboratóriumokban, például Zeilinger bécsi laboratóriumában első pillantásra teljesen normális dolgok zajlanak, akárcsak az iskolai fizikaórákon. Fényt küldenek útjára, a szemnek láthatatlant, de a műszerek számára érzékelhető. A sugárosztóban útjaik elválnak, vízszintesen irányítják az egyiket, függőlegesen a másikat – de csak amikor megmérjük őket, akkor jön a klikk-klikk. Mert egymással továbbra is kapcsolatban maradnak, vagy ahogy itt mondják, összefonódnak. Bármilyen messzire távolodjanak is egymástól – amikor mérést végzünk, az egyik fénysugár ismeri a másik orientációját. Itt a jobb kéz tudja, hogy mit csinál a bal, akkor is, ha többé már nincsenek kapcsolatban. Ez az effektus teszi lehetővé a kvantum-teleportálást.

Az „összefonódás” fogalmát, amely az új kvantumvilág bázisává lett, az Einstein–Podolsky–Rosenparadoxonnal összefüggésben vezette be Schrödinger. Az összefonódás a kvantumállapotok egymásra rakódása révén jön létre. Az összefonódást Zeilinger laboratóriuma időközben már rutinszerűen képes létrehozni. A kvantálás és a határozatlanság mellett az összefonódás is a kvantummechanika sarokkövének számít.

De nem azt jelenti-e ez – érvelt Einstein, Podolsky és Rosen 1935-ben, hogy ez egymástól nagy távolságra lévő fotonok azonnali információcserére képesek? Legalábbis ezt kellene tenniük, ha a kvantummechanika teljes lenne. Ámde az efféle „kísérteties távolhatás” Einstein szerint lehetetlen dolog. A közvetlen információcsere ellentmond a speciális relativitáselméletnek. Így tehát a részecskék már előzetesen is rendelkeztek a kérdéses tulajdonsággal.

„Einstein állításából levezethető egy egyenlőtlenség, ami ellentmond a kísérleti eredményeknek” – magyarázza Christoph Lehner. Másként fogalmazva: a kísérletek pontosan azt bizonyítják, amit Einstein lehetetlennek tart – a bécsi kutatócsoport hétköznapi természetességgel hajt végre ilyen kísérleteket. Az Einstein–Podolsky–Rosen-kísérlet adja az alapot a Zeilinger-csapat munkájához. Einsteinnek nem kellett volna feltételes módot használnia akkor, amikor azt mondta, hogy ha a kvantummechanika teljes lenne, akkor a fotonok azonnali információcserére lennének képesek. Itt a kijelentő mód a helyes: a kvantummechanika teljes. Az információcsere megtörténik. A kvantummechanikai rendszerek valóban olyan különösek és kísértetiesek, ahogy érvelésében Einstein előadta. „Ezzel nem számolt – mondja Lehner. – A kísértetiesnek tartott távolhatás realitás – és ez igencsak figyelemreméltó tény.”

Itt Bécsben kísértetekkel űzik játékaikat. 2003 májusában Zeilinger egy tekintélyes tudományos folyóirat, a *Nature* címlapjára került. A lap az összefonódott fotonok előállítását ünnepelte. Ugyancsak 2003-ban a bécsi kutatócsoport 600 méteres távolságban – szabad térben, a Duna felett – valósította meg az összefonódást – ez világrekord. A rákövetkező évben látványos kísérlettel demonstrálták az összefonódás kvantum-kriptográfiai alkalmazásának lehetőségét. A nyilvánosság bevonása mellett a bécsi városházáról átutalási megbízást küldtek el egy bankfióknak kvantummechanikailag kódolt formában. A kódolás a fotonok összefonódása révén történt. Nem a kísérlet helye – Bécs csatornarendszere –, hanem az összefonódás elve védte meg az adatokat a nemkívánatos felhasználóktól: harmadik személy titokban nem férhetett hoz-

zájuk. Mérése azonnal megzavarta volna a rendszert, s így nem maradhatott volna észrevétlen.

A koppenhágai értelmezés mind a mai napig vita tárgya a kvantumfizikusok körében. Meglehetősen bizarr értelmezésekről folyik az eszmezsere, például a sokvilágmodellről. Eszerint a kvantummechanikai leírás valóban teljes – ez az, amit Einstein kétségbe vont. Ez úgy lehetséges, hogy az univerzum minden megfigyeléssel több univerzumra hasad fel. Vagy egy helyett több állapotra. Az egyikben él Schrödinger macskája, a másikban halott.

Egyesek hiábavalóságnak tartják az efféle értelmezéseket: ők jól megvannak a „kísérteties távolhatás” nélkül is. Anton Zeilinger fizikai szempontból értéktelennek tartja ezeket a verziókat, amelyek csupán a tudományos fantasztikus irodalom rajongóit tartják lázban. Ő továbbra is érvényesnek tekinti a koppenhágai értelmezést. Bölcs előrelátással mégis Niels Bohr egy mondatát idézi, mely egy briliáns kibúvóra mutat rá a fizika területén: „Minden igazság ellentéte hamis, ámde a mély igazságok ellentéte újra csak egy mély igazság.”