

## Tudományos kitekintő

*Cikksorozatunk bepillantást nyújt a Műegyetem különböző karain zajló kutatásokba.*

### Kvantummechanika – hogy is van ez?<sup>1</sup>

Felkapott, hangzatos téma mostanában a kvantumfizika. Azonban kevesen tudják, pontosan mit is takar, takarhat ez. Arról pedig még kevesebb fogalma van az embernek, miként kezd ezzel valaki foglalkozni. Többek között erről is beszélgettünk dr. Szalay Szilárddal, az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont munkatársával, a BME Elméleti Fizika Tanszékének óraadó-jával.

*Akárhányadik félévünket is tapossuk az Egyetemen, mindannyiunkban él még az emlék, mikor pályaválasztás, felvételi jelentkezés előtt álltunk. 18 évesen számtalan lehetősége van egy fiatalnak, azonban sokszor rejtély, hogy egy-egy döntés milyen kihatással lesz a jövőre. Téged mi motivált a pályaválasztásban?*

Hiába volt jó fizikatanárom gimnáziumban, ez még kevés lett volna ahhoz, hogy ezt a pályát válasszam: az egész dolog „lefutottnak” tűnt. Aztán a kezembe akadt egy tudományos ismeretterjesztő könyv a XX. század fizikájáról (relativitáselméletről és kvantummechanikáról), amiből rögtön kiderült, hogy nem ez a helyzet. Mivel ismeretterjesztő munka lévén nyilván nem mehetett bele a részletekbe, még mindig nem láttam, mi lesz ebből, de abban biztos voltam, hogy nem fogok unatkozni.

*És miért a kvantummechanikát választottad a kettő közül?*

A speciális relativitás elmélete a mechanika és az elektrodinamika egyesítése, az általános relativitás elmélete pedig ezek egyesítése a gravitációval. Ezt tekintjük a klasszikus (kvantum előtti) fizika betetőzésének. Lenyűgöző szépségű csúcsteljesítményei ezek a tudományos gondolkodásnak, és egy rövid ideig azt hihettük, hogy a legemlibb szinten sikerült leírni a természet működését.

*Itt jön egy „de”, ha jól sejtem.*

Pontosan. Volt néhány jelenség (fotoeffektus, színeképvonalak), melyek makacsul ellenálltak a klasszikus leírásnak. Olyan elveket kellett bevezetni a játékba, melyek nem voltak összeegyeztethetők a klasszikus fizika működésével, ez vezetett a kvantummechanikához.

*Sokszor szokták mondani, hogy senki sem érti a kvantummechanikát.*

Igen, Feynman nyomán. Biztosan kevésbé érdekelne, ha érteném. De az is kérdés, hogy mit várunk ilyenkor a megértéstől. A jelenségek visszavezetését valami korábban már ismert dologra? Ez nyilván nem fog sikerülni maradéktalanul. A kvantummechanikát éppen az teszi nehezzé, hogy semmi olyat nem tapasztaltunk „kézzelfogható”, hétköznapi fizikai értelemben, amihez ne lenne elég a klasszikus fizikai leírás.

---

<sup>1</sup>Az interjút készítette *Gosztola Ágnes*, megjelent a *Műhely* folyóirat (BME) XVII. évfolyamának 1. számában (2019.02.04).

Ezért aztán minden „kézzelfogható” példa erőteljesen sántítani fog. Kevésbé „kézzelfogható” esetekben, mint például részecske ütközésekkor (a CERN-ről talán hallottak sokan), atommagreakciókban (maghasadás, mely a jelen, és magfúzió, mely remélhetőleg a jövő energiatermelésének alapja), anyagok tulajdonságainak megértésekor (mágnesség, vezetési és termodinamikai tulajdonságok, valamint félvezetők részletes elméleti leírásánál) a kvantumjelenségek meghatározóak, a kvantumfizikai leírás megkerülhetetlen. Ráadásul a technológiai alkalmazásokon keresztül ezek közül jó néhánynak nem kis hatása van életünkre.

*Mégis mitől más a kvantumfizika, mint a klasszikus?*

Az első pont, hogy a kvantummechanika egy valószínűségi elmélet. Vagyis nem mondja meg, mi lesz egy bizonyos mérés kimenetele, csupán azt, hogy a lehetséges kimenetek mekkora valószínűséggel következnek be.

*A klasszikus fizikában is használnak statisztikus elméleteket.*

Ezért fontos a második pont, hogy a kvantummechanika egy olyan valószínűségi elmélet, ami hullámszerű. Klasszikusan találkoztunk hullámegyenlettel leírt elméletekkel (mechanikai, hidrodinamikai, elektromágneses hullámok), ezekben a hullámok lineáris szuperpozícióra képesek. Klasszikusan találkozunk valószínűségi elméletekkel is, amikor bizonyos változókat, melyek determinálják a mérési kimeneteket, nem veszünk részletesen figyelembe, általában azért, mert nem ismerjük az értéküket. A kvantummechanikában a valószínűségek az abszolútérték-négyzetek az úgynevezett valószínűségi amplitúdóknak. Ezek az amplitúdók lehetnek negatívak (sőt, lehet komplex fázisuk is), és egy hullámegyenletnek, a Schrödinger egyenletnek engedelmeskednek. Így például kioltó interferenciára is képesek. Nehéz lenne képletek nélkül továbbmenni itt, de a lényeg az, hogy a kvantumfizika minden furcsasága végső soron ennek az alul megbúvó lineáris struktúrának köszönhető. Az alapkérdés ezzel kapcsolatban az, hogy léteznek-e olyan, klasszikusan viselkedő rejtett változók, melyekhez ugyan nem férünk hozzá, de velük végső soron determinisztikusan írhatnánk le a mérések kimeneteleit. Nyomós indokaink vannak azt gondolni, hogy nem léteznek ilyenek, de a kérdést lassan száz éve nem sikerül kielégítően lezárni.

*És mi a te kutatási témád?*

Kvantum összefonódás elmélettel foglalkozok. A valószínűségi elméletek központi fogalma a korreláció. A kvantumrendszerek leírása nem klasszikus, így a korrelációik sem lesznek azok, és sokféle nem-klasszikus korreláció-fogalom jelenik meg. Ezek közül a legfontosabb az összefonódás, mely a koncepcionális érdekességeken túl a kvantumalgoritmusokban felhasznált legfontosabb „erőforrás”, mely által a kvantumszámítógépek valami lényegi többletet tudnak nyújtani klasszikus társaikhoz képest, legalábbis sebesség terén. Megint csak nyomós érvek szólnak amellett, hogy az összefont kvantumrendszerek korrelációi nem írhatók le klasszikusan viselkedő változókkal. Nem is tudok „kézzelfogható”, hangzatos állításokat megfogalmazni a kvantum összefonódás szemléltetésére. Valószínűleg azért, mert nem tudom elképzelni. Viszont le tudjuk írni matematikailag (tartok is erről egy specit), és ezáltal azért közelebb kerül a téma.

*Hogy lehet kutatómunkát végezni egy ennyire konstraintív területen?*

Az évek során az intuíciónk hozzáidomul a szükséges gondolkodásmódhoz, megtanuljuk, hogy milyen kérdéseket érdemes feltenni, és melyeket nem. Sokat segít, ha először jól megértjük a klasszikust, aztán pedig azt, hogy ettől mely pontokban tér el a kvantum. Másrészt, már Galileinek feltűnt, hogy „a természet könyvét a matematika nyelvén írták”. Az elvont területeken való kutatásban a matematika jelenti a kapaszkodót, még hangsúlyosabb ez a kvantumfizikában. Ez egy rejtvényfejtés. És talán az alapkutatásban a legtisztábbak a rejtvények, itt van rá a legnagyobb esély, hogy találunk szép kérdéseket, amikre lehetséges találni szép válaszokat. Sokunknak jelent motivációt ez az alapkutatással járó intellektuális kaland. Bár jóval nehezebb hozzájuk férni, mint a műalkotásokhoz, de vannak olyan eredmények, melyek az előbbiekhöz hasonló mértékben értékes darabjai az emberiség kultúrkincsének.

(Készült a 2017-1.2.1-NKP-2017-00001 számú projekt keretében a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a Kvantumtechnológia Nemzeti Kiválósági Program (HunQuTech) pályázati program finanszírozásában, valamint az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-4 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának és az MTA Bolyai János Kutatói Ösztöndíjának támogatásával.)