

## Előszó

*Szüleinknek,*

*kik mindezt lehetővé tették:*

*Irene és Benjamin Suskindnek,*

*George és Trudy Friedmannak*

Albert Einsteinről, aki több szempontból is a kvantummechanika egyik szülőatyja volt, köztudott, hogy élete végéig ingadozott, szeresse vagy inkább utálja ezt a diszciplínát. A vitája Niels Bohrral – aki maradéktalanul elfogadta a kvantumelméletet, míg Einstein végig szkeptikus maradt vele szemben – a tudománytörténet egyik leghíresebb pengeváltása. A legtöbb fizikus azon a véleményen volt, hogy a vitában Bohr győzött, Einstein pedig veszített. Az én megítélésem szerint azonban ez a verdikt igazságtalan Einsteinnel szemben, és a fizikusok közül egyre többen jutnak az enyémhez hasonló következtetésre.

Bohr is, Einstein is kifinomult gondolkodású tudós volt. Einstein komoly erőfeszítéseket tett annak érdekében, hogy kimutassa a kvantummechanika belső ellentmondásosságát; Bohrnak azonban sikerült minden ellenvetését megcáfolni. De végső érvenként Einstein egy annyira mélyenszántó, hihetetlen, nyugtalanító

körülményre mutatott rá, amely a 21. század elején is újra meg újra lenyűgözi az elméleti fizikusokat. Einsteinnek erre az utolsó nagy felfedezésére – a kvantum-összefonódásra – Bohrnak csak egy válasza maradt: Nem venni tudomást róla.

A kvantum-összefonódás jelensége a kvantummechanika kvintesszenciája, ez különbözteti meg olyan gyökeresen ezt az elméletet a klasszikus fizikától. Kétségessé teszi, hogy vajon helyesen értjük-e, mi az, ami a fizikai világképünkben *reális*. A fizikai rendszerekre vonatkozó mindennapos tapasztalataink alapján úgy hisszük, hogy ha egy rendszerről mindent tudunk, ami elvben tudható róla, akkor mindent tudunk a rendszer egyes részéről is. Ha egy autó állapotát tökéletesen ismerjük, akkor pontos ismereteink vannak a kerekektől kezdve a motoron és a sebességváltón át egészen a kárpitot rögzítő csavarokig. Értelmetlenség lenne, ha a szerelő valami ilyesmit mondana: Mindent tudok az autójáról, de sajnos semmit se tudok mondani a részéről.

Pontosan ez az, amit Einstein próbált megmagyarázni Bohrnak: A kvantumelmélet megengedi, hogy egy rendszer egészéről mindent tudjunk anélkül, hogy bármit ismernénk a részéről. De Bohr ezt nem értette. Hozzátehetem, hogy a kvantummechanikáról szóló tankönyvek se vettek róla tudomást több nemzedéken keresztül.

Ma már közhelyszámba megy, hogy a kvantumelmélet furcsa dolgokat állít a világról, de valószínűleg kevesen tudnák pontosan meghatározni, miben is áll a különössége. Ez a könyv technikai jellegű előadásokat tartalmaz a kvantumelmületről, de más, mint a szokásos tankönyvek. A logikai elvekre fókuszál és ahe-

lyett, hogy tompítaná a kvantumelméleti logika különös vonásait, éles megvilágításba helyezi őket.

Az Olvasó bizonyára tudja, hogy ez a könyv annak a sorozatnak a darabja, amely lényegében az Elméleti Minimum címmel megtartott internetes előadásaimat tartalmazza. A társszerzőm, Art Friedman ennek a kurzusnak a hallgatója volt. A könyvnek bizonyára hasznára vált, hogy Art maga is ezekből az előadásokból tanulta a kvantumelméletet, és ezért érzékenyebben reagál a kezdő számára nehezen felfogható momentumokra. A közös könyvírás igazi szórakozás volt számunkra, és munkánk humoros oldaláról is próbáltunk ízelítőt nyújtani az olvasónak. Aki nem vevő rá, nyugodtan átugorhatja ezeket a részleteket.

Leonard Susskind

Amikor számítógép-tudományból megszereztem a mesterfokozatot, még nem sejtettem, hogy néhány év elmúltával újra Leonard fizikaóráinak leszek a látogatója. Az én rövid fizikusi „karrierem” a hároméves alapképzésben szerzett diplomával fejeződött be. A fizika iránti érdeklődésem azonban ezzel nem szűnt meg.

Azt hiszem, sokan vagyunk ilyen helyzetben. Mindenütt lehet találni hozzám hasonlókat, akik komolyan érdeklődnek a fizika iránt, de az élet valamilyen másik irányba sodorta el őket. Hozzánk szól ez a könyv.

A kvantummechanika egy bizonyos szintig tisztán kvalitatív alapokon is felfogható. Az igazi szépsége azonban csak a matematika segítségével válik láthatóvá. Az volt a célunk, hogy ezt a tudományágot hozzáférhetővé tegyük a matematikában járatos

nem fizikus olvasó számára is. Igyekeztünk tisztességes munkát végezni, és remélem, hogy az olvasók is így látják majd.

Egy ilyen vállalkozás nem nélkülözheti a segítőkét. Üzleti vonatkozásban a Brockman, Inc. munkatársai segítettek. A Perseus Books gárdája is elsőrangú munkát végzett. Köszönetünket fejezzük ki T. J. Kellehernek, Rachel Kingnek és Tisse Takaginak. Szerencsénk, hogy John Searcy személyében tehetséges olvasó-szerkesztő gondozta a könyvünket.

Én magam külön is hálás vagyok Leonard több más hallgatójának, akik rendszeresen vetettek föl gondolatébresztő, provokatív kérdéseket az órák utáni ösztönző beszélgetésekben. Rob Colwell, Todd Craig, Monty Frost és John Nash hasznos észrevételeket tettek a kéziratról. Jeremy Branscome és Russ Bryan alaposan átnézték a kéziratot, és több problémára is rámutattak.

Köszönet a családomnak és a barátaimnak a támogatásukért és a biztatásért. Különösen hálás vagyok Hannah lányomnak a különféle ügyekben nyújtott segítségéért.

Szeretett feleségem, Margaret Sloan azon kívül, hogy bátorított, ötleteket adott és a humorral se fukarkodott, az ábrák harmadával, valamint a két Hilbert bár-illusztrációval járult hozzá a könyvhöz. Köszönet, Maggie!

Munkánk kezdetén Leonard az én motivációimat látva megjegyezte, hogy a fizika tanulásának az egyik legjobb módszere az, ha az ember írni próbál róla. Igazából csak most értem, mennyire igaza volt, miután lehetővé tette számomra, hogy erről a gyakorlatban is meggyőződjek. Millió köszönet, Leonard!

Art Friedman