

NEM TRIVIÁLIS KVANTUMJELENSÉGEK A PERCEPCIÓS ÉS KATEGORIZÁCIÓS FOLYAMATOKBAN

A szignifikációs kölcsönhatás

Szabó Levente

szabo.levente@communicatio.hu

DOI: 10.20520/JEL-KEP.2019.1.81

Absztrakt

A tanulmány egy nemrégiben elkezdett interdiszciplináris kutatás kommunikációelméleti szempontokra vetített háttérét és egyes hipotéziseit fejti ki. A kutatás fókusza a vizuális érzékszerv, a szem biofizikai és neurológiai működésének vizsgálata, és ezen túlmenően feltételezett kvantumos jelenségek feltárására irányul. Az alábbi tanulmányban megfogalmazódik egy olyan modell, mely a percepciós és kategorizációs folyamatok mögött álló retinális biológiai-neurológiai struktúrák és működéseik valamint a kvantumos jelenségek egy lehetséges elvi keretét vázolja.

Kulcsszavak

retina, neuron, szinapszis, információ, receptív mező, biológiai struktúra, recepció, érzékelés, percepció, észlelés, kvantummechanika, kétrés-kísérlet, szuperpozíció, dekoherencia, kvantumbiológia, szignifikáció, jel, jelentés, szignifikációs kölcsönhatás

NON-TRIVIAL QUANTUM PHENOMENA IN PERCEPTUAL AND CATEGORIZATIONAL PROCESSES

Significant interaction

Levente Szabó

Abstract

The study deals with the background and some hypotheses of a recently started interdisciplinary research on communicative theoretical aspects. The focus of the research is the examination of the visual sensory organs, the biophysical and neurological functioning of the eye, and the furtherance of supposed quantum phenomena. The following study describes a model that outlines a possible conceptual framework for the retinal biological-neurological structures behind the perception and categorization processes and the quantum phenomena.

Keywords

retina, neuron, synapse, information, receptive field, biological structure, reception, perception, quantum mechanics, double slit experiment, quantum superposition, decoherence, quantum biology, significance, signal, meaning, significant interaction

NEM TRIVIÁLIS KVANTUMJELENSÉGEK A PERCEPCIÓS ÉS KATEGORIZÁCIÓS FOLYAMATOKBAN

A szignifikációs kölcsönhatás

Szabó Levente

„A kvantummechanika lehetővé teszi a lehetőségek terének sokkal hatékonyabb feltárását...”¹

(Davies 2008: 11)

1. BEVEZETŐ

1.1 Az interdiszciplináris kutatásról

Az alábbi tanulmány egy 2017 őszén elkezdett kutatás egyik kiindulási elképzelését fogja vázolni. A bemutatás arra törekszik, hogy képet adjon arról a háttérrel, amely a kutatási kérdésfelvetés miatt több tudományterület kapcsolódását kívánja meg, egyfajta bevezetést kínál egy különleges problémakörbe, illetőleg hipotézisét egy olyan elvi keretbe helyezi, amely egy kommunikációs modell alapját képezheti. A tanulmány, tehát, egy kutatási hipotézis megfogalmazása, amely megelőzi az empirikus kutatás lehetséges eredményeit, és amelyek akár cáfolatát is hordozhatják az itteni feltételezéseknek.

E tanulmány nem tekinti céljának, hogy a fizikai, kémiai, biológiai, pszichológiai, kognitív tudományi, filozófiai és kommunikációtudományi legújabb eredményeit ismertesse ebben a tekintetben – utalás történik ezekre. Ehelyett olyan alapkérdéseket vázol fel, amelyek jellemzőek az ezeken a területeken folyó kutatásokra és leírásokra, illetőleg olyan kérdéseket fogalmaz meg, amelyek e területek kapcsolódásaiból származnak, származhatnak. Nem részletezzük továbbá a technikai vagy technikaiként kezelt elméleti valamint a formalizálási, a matematikai leírással kapcsolatos kérdéseket sem.²

¹ A teljes idézet eredetiben: „Quantum mechanics enables the space of possibilities to be much more efficiently explored than a stochastic classical system.” A mondatot tartalmazó szövegrészben Davies olyan kvantumjelenségekre utal mint a szuperpozíció és az összefonódás. Röviden kifejtve: ezek a jelenségek képesek egy adott térrészt kitölteni, „saját lehetőségeiket” „feltérképezni”, ebből ered ezeknek a folyamatoknak a hatékonysága. Kutatásunk hipotézise, hogy a retinában is pontosan ilyen folyamatok mehetnek végbe, ha feltételezzük, hogy adott esetben a retina is nagyobb hatékonysággal működhet, mint a klasszikus fizikán alapuló leírásokból adódó. Ennek bebizonyosodása esetén messzemenő következmények adódhatnak az érzékelésről és észlelésről alkotott elképzeléseket illetően is. A szuperpozíció jelenségét a *A beavatkozó megfigyelés* c. fejezetben és a B. mellékletben ismertetjük kvantumfizikai előismereteket nem igénylő kifejtésben.

² Így például nem térünk ki a mérési eljárásokra vagy arra a kérdésre, hogy a kutatásban vizsgált retina tenyészetek működése mennyiben felel meg az élő szervezet részeként működő retinának vagy

A kutatáshoz több tudományág és intézmény képviselői kapcsolódnak.³ Bár a kutatási témára vonatkozó kérdésfelvetés különböző az egyes tudományterületek szempontjainak megfelelően, és a kutatás kimenetelével kapcsolatosan is területspecifikusak a várakozások, ezek és a lehetséges eredmények megengedik a különböző interpretációkat. Ezek reményeim szerint a kommunikációkutatást is olyan kérdésekkel és kutatási elképzelésekkel bővíthetik, amelyek más tudományterületeken a kvantumfizikai jelenségekre vonatkozó eredményekre és felfedezésekre való tekintettel jelentek meg az utóbbi évtizedben.

1.2 Kérdésfelvetés, hipotézis, kommunikációelméleti megközelítés

(1.2.1) A cím a kutatás egyik alapkérdésére utal: lehetséges-e az, hogy a látás, a szemben lejátszódó érzékelési és észlelési folyamatok kvantumozott természetű jelenségeket is magában foglaljanak? A kérdés elsősorban olyan effektusokra vonatkozik, amelyek fiziológiai, biológiai léptékben fejtenék ki hatásukat, azaz kvantumbiológiai természetűek lennének.

A kvantumozott jelenségek ugyanis általában ennél sokkal kisebb mérettartományokban, mikroléptéken meghatározóak, ezzel szemben azokat a specifikus eseteket, amelyek makroléptékűeknek tekinthetők, *nem triviális kvantumjelenségeknek* nevezzük.⁴ Ha a kutatási eredményeink erre utaló jeleket nyújtanának, úgy adott esetekben a percepció „klasszikus” leírásai és magyarázatai is merőben új összefüggésekkel egészülhetnének ki.

(1.2.2) Jelen írás elsősorban fogalmi áttekintésnek és elemzésnek tekinthető, amely egy fogalmi hipotézis kifejtését helyezi a középpontba – így a tanulmány egyfajta háttere, egyik lehetséges értelmezési kerete kíván lenni a kutatás empirikus részének (is) (természetesen a kutatás többi, nem kommunikációs megközelítései mellett – amelyekről ebben a tanulmányban nem esik szó).

Az itt megfogalmazott hipotézis szerint mind a *látás (észlelés)*, mind a *kvantumfizikai megfigyelés (mérés)* problematikája hasonló fogalmi keretbe helyezhető.

Ennek a gondolatnak messzemenő elméleti következményei lehetnek, ezeket azonban a tanulmány nem fogja kibontani, és elsősorban empirikus kutatási hipotézisnek tekinti. Valójában az elméleti következményeket a kutatási eredmények függvényében fogjuk megvizsgálni egy későbbi tanulmányban.

arra, hogy a biológiai környezet által elkerülhetetlenül keltett „zaj” feltételei mellett miként maradhatnak fent kvantumjelenségek (utóbbi egyébként a kvantumbiológia egyik alapvető problémája).

³ A cikk írásának idején a kutatás előkészítésében résztvevő kutatók: Maák Pál Andor (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Atomfizika Tanszék), Kusnyerik Ákos (Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai és Bionikai Kar), Lenk Sándor (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Atomfizika Tanszék), Sarkadi Tamás (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Atomfizika Tanszék), Sepső Örs (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Atomfizika Tanszék), Szabó Levente (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Szociológia és Kommunikáció Tanszék), Tompa Tamás (Miskolci Egyetem Egészségügyi Kar), Vass Gábor (Eötvös Loránd Tudományegyetem Kémiai Intézet).

⁴ A kvantumbiológiában általánosságban triviálisnak tekintik azokat a kvantumfizikai jelenségeket, amelyek atomok vagy az egyszerűbb molekulák elektronszerkezetében játszanak szerepet, de a fiziológiai és biológiai leírásokban ezek nem meghatározóak. A nem triviális kvantumjelenségek ezzel szemben a biológiai funkció részét képeznek. Ld. a 2004-es Nemzetközi Szimpózium a Fluktuációkról és Zajról (The International Symposium on Fluctuations and Noise (FaN'04)) plenáris vitájának egyik központi kérdését adó definíciós kísérleteket a nem triviális kvantumeffektus fogalmára vonatkozóan: Plenary Debate: Quantum Effects in Biology: Trivial or Not? In: Abbott–Davies–Pati 2008: 349–380.

A látszatát is el szeretnénk kerülni annak az esetleges olvasatnak, hogy a látást (észlelést) nem triviális kvantumfizikai jelenségként határoznánk meg. A kutatás szempontjából csak azt a feltételezést engedjük meg, hogy a látás (észlelés) *egyes eseményei* kvantumfizikai megfigyelésként (mérésként) is értelmezhetők és empirikusan tanulmányozhatók.

Az empirikus kutatásunk egyik része, tehát, olyan folyamatokat keres a szemben, amelyeket a *kvantummechanikai mérés* kifejezéssel illeti a vonatkozó szakirodalom (a tanulmány ki fogja fejteni a fogalmat).

(1.2.3) Ezeknek a gondolatoknak megfelelően a tanulmány három részből áll, és egy olyan struktúrát alkot, amely egy lehetséges elméleti építkezést mutat. *A proaktív látás* és *A beavatkozó megfigyelés* c. részek két egymástól független problémakört járnak körül, az ezek után következő *A retina mint kvantummechanikai mérőeszköz* c. rész arra tesz kísérletet, hogy e különálló területeket összekapcsolja, és egy közös elvi keretben értelmezza.

(1.2.3.1) *A proaktív látás* c. rész kommunikációelméleti, filozófiai, pszichológiai és biológiai szempontból vizsgálja meg a látás hosszú előzményekre visszatekintő problematikáját. Nem tartalmaz kvantumfizikai kérdéseket, a problematika „klasszikus” alapjait vázolja.

A különböző tudományterületeken megfogalmazódva a közös alapkérdés az, hogy vajon a látás során csupán a vizuális információk passzív befogadása, leképezése történne-e az ezt követő elkülönült magasabbrendű agyi, értelmező tevékenységek számára (ezt nevezik recepciónak) vagy pedig a látás inkább olyan aktivitás, amely előzetesen meghatározott – olyan korábban kialakult kategóriák vagy kategóriális struktúrák, állapotok által, amelyek a szemben és a magasabbrendű feldolgozásokban vagy akár a kultúrában azonosíthatók (ezt nevezik percepciónak). Így a passzív befogadás helyett valamiféle aktív „irányítást”, de legalábbis hatást kell feltételeznünk.

A tanulmány érveket és kísérleti eredményeket sorakoztat fel utóbbi értékelés mellett. Ez kommunikációs szempontból azt jelenti, hogy a percepció olyan szemantikai rendszerben történik, amely a fényvel érkező információkkal kölcsönhatásban teremt jelentéseket. Mint-hogy kutatásunk elsősorban a retina működésére irányul (retinatenyészetekkel kísérletezünk), a percepció – mint jelentés-konstrukció – itt létrejövő elemi folyamatait vizsgáljuk. A percepció elemi eseményének modellezéséhez kommunikációelméleti szempontból a *szignifikációs kölcsönhatás* fogalmát definiáljuk.

(1.2.3.2) Az ezután következő, *Beavatkozó megfigyelés* c. alfejezetben a kvantummechanika egyik alapproblematikája kerül bemutatásra. Eszerint a mikroobjektumok megfigyelése, amihez olyan közvetítőkre van szükség mint amilyen például a fény, amellyel szükséges megvilágítani ezeket, drasztikusan megváltoztatják a megfigyelni kívánt jelenségeket. Ez azt az értékelést engedi meg, hogy közvetlenül nem lehetséges ezeknek az objektumoknak a megfigyelése. Ami valójában a megfigyelés tárgya lehet, az a kölcsönhatás, ami a megfigyelés eszköze (pl. az ezt lehetővé tevő fény) és a megfigyelt objektum között jön létre. Ilyen értelemben a beavatkozó megfigyelés meghatározza a megfigyelés eredményét. Ezt az eseményt itt is *szignifikációs kölcsönhatásként* definiáljuk.

Itt szükséges előzetesen tisztázni egy terminológiai kétértelműséget, amely a vonatkozó szakirodalomban is fellelhető. A beavatkozó megfigyelés fogalma egyes kvantummechanikai értelmezésekben tágabb mint a mérés fizikai fogalma, magában foglalja a tudatra való hivatkozást.⁵ A tanulmány azonban a beavatkozó megfigyelés fogalmát a fizikai eseményként leír-

⁵ A tudatra való hivatkozás szükségessége azon az érven alapul, hogy a mérés eseménye akkor zárul le, amikor az eredmények a tudatba jutnak. Így végső soron a mérés mint beavatkozás során olyan kölcsönhatás valósul meg, amely a tudat hatásának tekinthető. Eszerint például a *Beavatkozó megfigyelés* c. fejezetben ismertetett hullám tulajdonságok megszűnnek a mérés hatására, és az így meg-

ható mérés szinonimájaként használja – a leírás szűkebb értelemben, a tudatra való hivatkozás nélkül vizsgálja ezt a sajátos kölcsönhatást.⁶

És tennünk kell egy általános megjegyzést is a szöveg kvantummechanikai leírásait tartalmazó részekre. Itt célunk csupán az, hogy kvantummechanikai vagy természettudományi előképzettséggel nem vagy kevéssé rendelkező olvasók számára is értelmezhető képet adjunk a kvantummechanika néhány olyan jelenségéről, amelyek izgalmas kérdéseket vethetnek fel a kutatásunk szempontjából is. Eljárásunk az lesz, hogy egy olyan konkrét példát mutatunk be – a két-rés kísérletet –, amellyel vizuálisan is megjeleníthetjük azokat a jelenségeket, amelyek olyannyira sajátosak kvantummechanikában, hogy a tapasztalati világunk – és az ezt tükröző klasszikus fizika – számára paradoxonként mutatkozhatnak meg. Szándékunk az, hogy a szemléletes bemutatás során a következmények beláthatóak legyenek, amelyeket aztán ismeretelméleti problémaként tárgyalunk (és ezt a problémát vetjük össze a *Proaktív látás* c. alatt megfogalmazott problémával). A tanulmány azonban nem tartotta céljának, hogy eljusson a kvantummechanikai megoldásokhoz és tárgyalásokhoz. A tanulmány tárgyalásmódja nélkülözi a matematikai reprezentációkra és összefüggésekre való hivatkozást is, amelyek azonban nem lennének kikerülhetők a kvantummechanika egzakt leírásának ismertetésénél. Ennek a hiánynak következményei vannak: a mélyebb összefüggések nélkül a leírás bizonyos értelemben csak szóképeket, többé-kevésbé pontos hasonlatokat fog jelenteni.

Valójában a nem matematikai vagy köznapi nyelvvel való kifejezhetőség problémája kezdetektől fogva kíséri a kvantummechanikát. Nyelvünk ugyanis egy olyan tapasztalati világra vonatkozóan jött létre, amelytől nagyon különböznek a kvantumfizikai jelenségek, így ennek a nyelvnek az alkalmazása gyakran csak metaforikus lehet (ld. pl. Bohr 1979). Leírásunkban hasonlóképpen szóképnek kell tekinteni a beavatkozó megfigyelés (mérés) kifejezést is, ami megfelel a kvantummechanikában használatos mérés fogalmának. Utóbbi nem specifikusan egy megfigyelő berendezés hatását jelzi a megfigyelés tárgyára, hanem általánosan bármely fizikai entitás hatását jellemezheti. A kifejezés használatának oka az, hogy beláthatóvá tegye az itt felvetettek összekapcsolását a *Proaktív látás* c. részben tárgyaltakhoz.

(1.2.3.3) Az utolsó, *A retina mint kvantummechanikai mérőeszköz* c. részben a két előző részben, a látás kommunikációelméleti, filozófiai, biológiai és pszichológiai valamint a kvantummechanikai beavatkozó megfigyelés problematikája esetében definiált szignifikációs kölcsönhatás fogalmakat kíséreljük meg egy közös, általános elv keretébe helyezni.

Így ez a tanulmány így megfogalmazódott általános hipotézise: szemantikai szempontból mind a látás, mind a mérés egy *egység* (a retina egyes struktúrái illetőleg a mérőeszköz) és a *fény* (amelynek mindkét esetben specifikus mintázata van) szignifikációs kölcsönhatásában jön létre.

jelenő korpuszkuális tulajdonságokat a megfigyelést végző tudat hatásának kell tulajdonítani. Ez az értelmezést a kvantummechanika első kidolgozása idején Wigner (1979, 2005: 334–358) tárgyalta átfogóbban, és manapság is tere van mint filozófiai problémának, de mint kutatási programnak is, így például a kvantumbiológiában is (ld. pl. Penrose 2003: 101–156 vagy Abbott–Davies–Pati 2008-ban Meršin–Nanopoulos (109–126), Piotrowski–Śladkowski (291–310), Wiseman–Eisert (381–402), Hameroff (403–429)).

⁶ A beavatkozó megfigyelés kifejezés használatának oka az, hogy a kvantumfizikai mérési esemény alapvető ismeretelméleti problémákat vet fel, mint ahogyan az előző bekezdésben jeleztük, és a tanulmány is ezeket fogja előtérbe helyezni. Amikor ezt a kifejezést használjuk lényegében csak ezekre szeretnénk utalni, a mérés kifejezés kevésbé hordozná ezt az értelmet. A beavatkozó mérés kifejezést leginkább akkor használjuk, amikor technikai vagy strukturális vonatkozásokra utalunk. Noha a két kifejezés felcserélhető, gyakorta együtt is fogjuk használni.

(1.2.4) És most röviden, bevezető jelleggel a *szignifikációs kölcsönhatás* így definiált fogalmáról. A fogalom megmutatja, hogy mind a látás (észlelés), mind a kvantumfizikai mérés olyan esemény, amely során úgy kap értelmet, jelentést az észlelés és a mérés tárgya, hogy ez éppen az észlelés, a mérés során alapvető változáson mehet keresztül. Vagyis az észlelés és a mérés egyik esetben sem valamiféle passzív „befogadás”, másolat-készítés, leképezés, megfeleltetés, „leolvasás”, hanem aktív beavatkozás.

Így az észlelés és a mérés eredménye alapvetően függ attól a rendszertől, amelyik az észlelés, mérés eseményét előállítja – és természetesen függ attól a környezettől, amelyre az észlelés, mérés irányul. Mindez egy kölcsönhatásban mutatkozik meg, amely szignifikációs-ként határozható meg, mivel jelek, jelentések feldolgozására képes észlelési, mérési rendszerek hatására alakulnak ki ugyanezen rendszerek számára. Ennek a hatásnak a mibenléte, tehát, a tanulmány központi kérdése. Ez határozza meg a szignifikációs kölcsönhatás fogalmát.

(1.2.4.1) A szignifikációs kölcsönhatás így értelmezett gondolatának jelentőségét talán úgy tudnánk leginkább megvilágítani, ha a humán tudományok területén felfedezett *beszéd-aktus* fogalmához hasonlítanánk. A beszédaktusok értelmét, jelentését itt az adja, hogy bizonyos mondatok kimondásával változás jön létre a társadalmi világban, e mondatok értelme, jelentése éppen az a változás, amelyet előidéznek. Például az olyan deklarációké, mint az „Ezennel hadat üzenek!” vagy az „Ezennel lemondok!”. Kimondásuk nem csupán egy tényállás reprezentációja, hanem a tényállás megteremtése is egyben.⁷

Bár a szignifikációs kölcsönhatás nem a társadalmi színtereken jön létre, mint a beszédaktusok (vajon?), az észlelés és mérés „aktusa” elvi (vagy filozófiai) szempontból összehasonlítható módon megy végbe. Ezt talán csak metaforikusan lehetne megfogalmazni: mind a látás, mind a kvantummechanikai mérés egyfajta kommunikáció a megfigyelés tárgyával. „Kérdésként” lép kölcsönhatásba ezzel, és ez pedig e „kérdésnek” megfelelően mutatkozik meg – a kölcsönhatásban.

(1.2.4.2) És noha a „megfigyelési”, „mérési aktus” létező kifejezések a kvantummechanikában, azért döntöttünk a *szignifikációs kölcsönhatás* kifejezés mellett mivel az aktus kifejezés a humán tudományi filozófiában elkerülhetetlenül bevezetné az intencionalitás problémáját. A szignifikációs kölcsönhatás kifejezést pedig olyan esetekre is alkalmazni kívánjuk, ahol az intencionalitás tárgyalhatósága kétséges lenne (például ha a retina valamely egységében valósul meg). Másrészt pedig a kifejezés arra az eseményre koncentrál, ahol az észlelés és mérés rendszerei „beavatkoznak” a fizikai világba, ami által jelek, jelentések keletkeznek – esetűnben egy biológiai egységben.

A szignifikációs kölcsönhatásban résztvevő egységek kijelölése elméleti kérdés. Egységnek vehető a szignifikációs kölcsönhatásban a retina és agy egysége, a percipiáló elme vagy akár a látás és a kulturális háttér is.

(1.2.5) Bár a vázolt gondolatmenet elsősorban fogalmi interpretáció és induktív következtetés eredménye, azt a nem titkolt célt is magában foglalja, hogy konkrét kísérleti szituációk megfogalmazását vagy modellezést is lehetővé tegyen. A hipotézis így az, hogy az elvi általánosítás szempontjából a látás folyamata akár kvantummechanikai folyamatokat is használhat. Ennek jelei olyan mezők megjelenése lehet, amelyek egyszerre funkcionálnak receptív mezőkként és kvantumfizikai jelenségek mezőiként.

(1.2.6) A tanulmány A. melléklete *A kutatás perspektívái, újdonságai* címmel a kutatás néhány feltételezését és háttereiket mutatja be, válaszolja, hogy a kutatás kérdésfelvetéséhez hogyan kapcsolódnak össze a különböző tudományterületi megközelítések, és milyen kiindulópontokat nyújthatnak. Az áttekintésben kiemelten kerül fókuszba a kommunikációs kérdés-

⁷ Ld. pl. Searle 2000, 137–161, *A nyelv működése: beszéd mint emberi cselekvés* c. részt.

ként való értékelhetőség és modellálás lehetősége. Ez elsősorban egy szemantikai rendszer megnyilvánulásaként tekint a látásra, a percepcióra, azaz olyan biológiai egységek azonosítását tételezi, amelyek a későbbi agykéregi feldolgozások számára jelentéssel bíró eseményeket hoznak létre. E szemantikai modellből – amely részben a kommunikáció participációs elméletének (PTC) (Horányi 2009) terminológiáját használja – egy információelméleti modellezés lehetőségét is származtatja.

Azon olvasóknak, akik a fentebbi elméleti gondolatmenetet a kutatás előfeltevéseinek szempontjából kívánják értékelni, kontextualizálni, javasolhatjuk, hogy először az A. mellékletet tekintsék át.

2. A PROAKTÍV LÁTÁS

2.1 Az általános kommunikációelméleti és filozófiai perspektíva

A vizuális érzékszervek szerepe a világ megismerésében és a kommunikációban alighanem olyan kérdés, ami egyidős az emberiséggel. Alapvető kérdés az, hogy a közösségben élő egyedek ugyanúgy érzékelik-e, észlelik-e a környezetük eseményeit? És kommunikálni tudnak-e ezekről egymásnak, a nyelvi kifejezések ugyanazokra az érzékletekre és észleletekre vonatkoznak a közösség egyes tagjai számára? Így lehetséges-e közös terveket kovácsolni, közös akciókat végrehajtani? Még alapvetőbb kérdés az, hogy a különböző időpontokban, különböző helyeken létrejött észleletek ugyanarra a dologra vonatkoznak-e, ugyanazok maradnak-e a tárgyak, tárgytipusok ezekben a különböző megfigyelési esetekben?

Előfordulhat ugyanis, hogy a látásunk megtéveszt, vagy nem képes teljes mértékben megbizonyosodni valamiről, vagy egész egyszerűen a megfigyelési körülmények olyanok, hogy csak részleges vizuális információkat szerezhethünk be (pl. egy tárgyat eleve csak egy bizonyos szemszögből, egy adott, partikuláris időben láthatunk). Ha az érzékeleteink és észleleteink ilyen esetlegességeket tartalmaznak, képezhetnek-e ezek bármiféle alapot annak, hogy azonosként azonosítsuk a különböző érzékleteket és észleleteket?

A probléma voltaképpen ezt takarja: lehetséges-e egyáltalán megismerés (vagyis az, hogy dolgokat azonosítsunk, miközben az érzékeleteink és észleleteink különböző információkat szolgáltatnak különböző helyeken, időkből, és különböző egyedek esetében) és lehet-e a megismerés közös tudás (vagyis az egyéni és partikuláris érzékeletek, észleletek tartalma azonosítható-e ugyanazon dologra vonatkozóként), és lehetséges-e nyelv, amely mindezt rögzíti vagy kifejezi?⁸

Ezek a kérdések a filozófia egyik mindenkorai alapproblémájára is vonatkoznak. Tárgyalása manapság már nem nélkülözheti a modern eszközökkel kivitelezett mérések eredményeit sem. A kérdés feltévéseinek a módját azonban meghatározza egy sokkal korábbra visszamenő eszmetörténeti előzmény, ami meghatározza azt is, hogy a mérőberendezések egyáltalán milyen várt válasznak megfelelően épülhetnek meg. Ez az előzmény az *érzékelés és észlelés dualitásának* (szembenállásának) a tételezése. Az alábbiakban először ezt a kérdést tekintjük át.

A kérdés tétje az, hogy vajon a látás hűen közvetíti-e a külvilágból érkező információkat a jelentéseket előállító feldolgozások számára vagy pedig a látás a jelentés-előállító

⁸ Az észleletek mint jelentéssel ellátottak, egy olyan értelmezése a problémának, amely a kommunikációtudományhoz köthetően a szemiotika sajátos megközelítése; a különböző szemiotikai elgondolások és elméletek, modellek áttekintéséhez ld. pl. Horányi–Szépe 2004. A filozófiai és ismeretelméleti vonatkozásokról ld. pl. Anderson 2005, Forrai 2014.

folyamatok meghatározottságában áll, és ez esetben a „valóságosság” (bármit is jelentsen) elveszíti magától értetődő értelmét, „alárendelttévé” válik e folyamatoknak? Az emberi tudás és kommunikáció alapja más lenne az egyik esetben és más a másikban. A következő részekben a második eshetőség mellett fogunk érvelni, és ennek az álláspontnak a kibontása fog elvezetni tanulmány által javasolt hipotetikus modellhez. A kérdést megvizsgáljuk filozófiai, pszichológiai, neurobiológiai szempontokból, majd egy lehetséges választ a *kategorizálás* fogalma által adunk. Végül ez alapozza meg a *szignifikációs kölcsönhatás* kommunikációs fogalmát.

2.2 Az érzékelés és észlelés filozófiai problémája

(2.2.1) A látás és megismerés problémájának mai megfogalmazását is előrajzolja az a gondolkodási keret, amely a felvilágosodásbeli racionalitás-eszmében gyökerezik. A felvilágosodás alaptétele az volt, hogy a megismerés egyáltalán lehetséges: az emberi szellem képes azokat az összefüggéseket megtalálni, amelyek megfelelnek a világegyetemet irányító általános törvényeknek. Bár az érzékszerveink valóban esetleges képet nyújtanak a világról, a racionális gondolkodás ezekből kinyerheti azokat a következtetéseket, amelyek kifejezik a valóságot meghatározó rendet. Ám a gondolkodás, amely a tévedéseket kizárva eljuthat a végső igazságokhoz, nem alapulhat az érzékszervek csalóka működésén – önálló entitásként kell ezért léteznie.

Ezt az elképzelést nevezzük dualisztikus rendszernek, a legalapvetőbb megkülönböztetésként való értelmezését Descartes filozófiai rendszerében találjuk (Descartes 1994). Ebben a test (az anyag) és a szellem (a gondolkodás) két különálló létezőként adott. Eszerint a testhez – és így a szem mint érzékszerv működéséhez is – kötődő események valóban esetlegesek, még akkor is ha az anyag az isteni teremtésben meghatározott általános törvényeknek engedelmeskedik. Utóbbiak általánosak, az ember azonban csak partikularitásként van jelen ebben a világban. Ám a szellem önmagában is, esetlegességeket hordozó érzékletekre való alapozás nélkül is képes racionális összefüggésekre jutni, amelyek minden kétséget kizáróan igazolhatók az ész törvényei által.⁹

Ez a descartes-i ismeretelmélet programként fejti hatását a filozófia későbbi történetére, különböző elgondolások és filozófiai rendszerek alapját vagy kiindulópontját jelenti (olyan jelentősebb irányzatok esetében is világosan felismerhető mind a metafizika, idealizmus, fenomenológia, pozitivizmus), de a XX. századi filozófiára nézve is meghatározó abban a tekintetben, ahogyan az problematizálja e dualitást, vagy az ilyen típusú dualitásokat.

(2.2.2) A dualitás kérdése két szempontból is felvetül a kortárs kutatások esetében is. Egyrészt a kutatások mai állapotából olvasható ki a duális különbség ténylegessége: a pszichológiai illetőleg a fiziológiai, neurobiológiai leírások összeegyeztethetősége látszik olyannyira problematikusnak, ami a tartalmaik dualitásként mutatkozik. (Egyszerűen: például a kísérleti alanyok érzéki benyomásokra, felismerésekre, gondolatokra vonatkozó beszámolóit kellene összeegyeztetni az idegi kapcsolatokra és folyamatokra vonatkozó mérési eredményekkel). Másrészt fogalmi szinten: több, az érzékszervek kutatásával foglalkozó tudományterületen is megkülönböztetésre kerülnek az érzékelés és észlelés fogalmai (például az érzékelés mint ingerek feldolgozási folyamata és az észlelés mint tudatos megnyilvánulás).

⁹ Ennek a filozófiai rendszernek az adja a jelentőségét, hogy ebben a tételezésben rejlik a modern tudományos megismerés módszertana is. Az objektív megismerés ideája végső soron azon alapul, hogy a természeti törvények megfogalmazásai olyan általánosítások legyenek, amelyek elvonatkoztatnak a konkrét megfigyelésektől és következtetéseket tesznek lehetővé. Egy elméletet nemcsak a megfigyelések igazolnak, de logikai implikációi, összefüggései, struktúrája is.

Bár az érzékelés és észlelés megkülönböztetése a különböző elméleti keretekben különböző értelmezést adnak ezeknek a fogalmaknak, a descartes-i gyökerek felismerhetők. Az érzékelés általában a recepció anyagi vonatkozását, az észlelés a mentális feldolgozás vonatkozását helyezi a középpontba.

(2.2.3) *Érzékelés* alatt a látásnak mint folyamatnak azt részét értik, ahol a külvilágból érkező fénysugarak által létrehozott hatások befogadásra kerülnek. A tárgyról visszaverődött fény mintázatai átalakulnak a szemben olyan mintázatokká, amelyekről feltételezhető, hogy amennyire csak lehetséges megfelelnek az előbbieknél. Ennek eredménye egy olyan nyersanyag, amely magasabb szintű feldolgozásra vár. Az érzet-adatok valamiféle minőségek, fényerőségek, színtónusok, diffúz formák, textúrák stb. érzékelései, amelyek fogalomalkotás előttiak. A fogalomalkotás csak a második lépésben történik meg, ekkor jön létre az *észlelés*. Az észlelésben az észlelés tárgyai ekkor már értelemmel, jelentéssel felruháztak: asztalt, ellipszist, pénzt, öngólt látunk. Kommunikációs szempontból: az érzet-adatok olyan ingerek, amelyek privátok, ezért nem lehet tudásnak nevezni, az észlelés során azonban olyan fogalmakat alkotunk, amelyek értelme közös – azaz interszubjektív –, és a kommunikációban elérhetővé tehető.¹⁰

(2.2.4) A filozófia történetében legerősebben a XX. század eleji pozitivizmus vállalta fel újra a dualitás gondolatát, és egyáltalán a tudományos megismerés lehetőségének feltételül állította fel a megkülönböztetés szükségességét. Eszerint bármiféle elméletalkotás – az „egyszerű” fogalomalkotás is egyfajta elméletalkotás – csak úgy lehetséges, ha elkülönített és evidens, hogy mik az elméletet megelőző „nyers” adatok.¹¹ Azonban számos kritika érte ennek az ismeretelméleti kritériumnak a tételezést. A mai modern filozófia lényegében ebből a tételezésből nőtt ki, abban az értelemben, hogy olyan értelmezési keretek és elméleti irányzatok jöttek létre, amelyek ennek cáfolatára épülnek. Legerősebbek azok az érvek, amelyek azt mutatják meg, hogy a legegyszerűbb érzékek, megfigyelések is „elméletterheltek”, azaz már ezekben is megtörtént valamiféle fogalomalkotás. Nincsenek tehát olyan recepciók, amelyek eredményei nem-fogalmak, és amelyek „elméletmentessége” evidencia minden ezekre építkező fogalomalkotás és elméleti rendszer számára.¹²

2.3 Az érzékelés és észlelés dualitásának kritikája a pszichológiai kutatásokban

(2.3.1) A dualisztikus fogalmi rendszer tételezését a pszichológiai kutatások területéről számos kísérleti bizonyíték kérdőjelezi meg. Ma már számottevő azoknak az ötletes kísérleteknek a száma, amelyek a filozófiában megfogalmazódott kritikákat támasztják alá. A kísérletekből az derül ki például, hogy a legegyszerűbb „nyers” érzékek sem önmagukban adóttak, nem felfogás előttiak, hanem úgy keletkeznek, hogy számos ezt megelőző és kontextuális tényező befolyásolhatja. Széles a skálája ezeknek a tényezőknek: hatással vannak a korábbi „nyers” érzékek – így például a korábbi kontraszt-érzékelések befolyásolják a későbbi kontraszt-érzékelést (pl. Sekuler–Blake 2000: 190–193) –, és a skála másik végén a „nyers” érzékeket befolyásolhatják a korábbi tudati feldolgozások – így például az érzékelés közzébe lecsökkenhet, ha meghatározott látványra vagyunk felkészültek (pl. Sekuler–

¹⁰ Az érzékelés és észlelés fogalmainak filozófiai tárgyalását, kapcsolatát a tudás és interszubjektivitás fogalmaival, valamint a referencia és igazság problematikájával ld. Wartofsky 1977: 103–125-ben.

¹¹ Ld. például a logikai pozitivizmus egyik kiemelkedő képviselőjénél, Carnap 1999-nél. Az érzet-adatok elméletalkotást megelőző és ettől elkülönülő státuszának tétele meghatározó az egész carnap-i életműben és filozófiai-logikai rendszereiben, végigkövethető a Forrai 1984-ben.

¹² A pozitivizmust követő ismeretelméleti fordulatról átfogó kép jelenik meg a Forrai–Szegedi 1999. szöveggyűjteményben.

Blake 2000: 500–505) –, és befolyással lehet a „nyers” érzékletekre a kulturális háttér is – így például színárnyalatok megkülönböztetésének képessége nem teljesen független a tanult nyelvben található színnevektől (pl. Hjelmslev 2004: 144) vagy hogy a részletek észlelése nem független a nyelvi kompetenciától (pl. Sekuler–Blake 2000: 522).

(2.3.1.1) Stratton 1897-ben készített egy olyan szemüveget, amely 180 fokos szögben elfordította a képet (azaz a feje tetejére állította a látványt), és azt tanulmányozta, hogy az így megzavart érzékeléshez hogyan képesek alkalmazkodni a kísérleti alanyai. Néhány nap elteltével nemcsak hogy a mozgáskoordináció kapcsolódott össze a megváltozott látással, és minden tudatos erőfeszítés nélkül összehangolódott ezzel, de a kísérleti alanyok arról számoltak be, hogy a kép észlelése is a megfelelő szögbe állt (azaz a kép visszaállt a feje tetejéről a helyes állásba). (Csépe–Győri–Ragó 2007: 5)

A kísérlet azért is beszédes, mert a modern pszichológia kialakulásának idejéből való: azt mutatja meg, hogy a modern pszichológia kiindulópontját alkotják azok a kérdések, amelyek a látást aktív tevékenységként feltételezték. Ez azt a feltételezést jelentette, hogy nem határolható el a percepcióban az érzékelés passzív, befogadó, leképező folyamata és az ezt követő észlelés aktív, feldolgozó, átalakító, tanulási folyamata – ahogyan a dualisztikus rendszer tételezte. A percepcióban ez a két művelet egy egységet alkot, a látás eseménye nem független a magasabb rendű feldolgozási rendszerek működésétől.¹³ Mindez azt is jelenti, hogy a percepció aktív vagy még inkább proaktív tevékenység abban az értelemben, hogy a recepció eseményére meghatározó hatással van egy a feldolgozást végrehajtó rendszer működése.

2.4 Az érzékelés és észlelés dualitásának kritikája neurobiológiai kutatások alapján

(2.4.1) Ugyanakkor a modern biológiai és fiziológiai kutatásokban sem bizonyosodott be a dualisztikus elképzelésnek megfelelő struktúrák és folyamatok elkülönültsége. E kutatásokat megelőzően az volt a magától értetődőnek tűnő feltételezés, hogy a szem, mint érzékelésre specializálódott szerv és az agy, mint az elektromos jelek formájában kódolt információk komplex feldolgozását kivitelező rendszer térben és funkcionálisan elkülönülnek, az érzékelés és észlelés fogalmainak megfelelően. A szem szerkezetének feltárása során azonban a recepciót végrehajtó retina olyan felépítést mutatott, amely nagyon hasonlított az agyban találtakra (ld. 1. ábra). Világossá vált, hogy a retina funkciója nem csupán a fényben található jelek elektromos jelekké alakításában merül ki, amelyeket aztán átvesznek az idegi elvezető pályák, és az agyba közvetítik, hanem a retina maga is feldolgozó rendszer. A receptorsejtek mielőtt a ganglionsejtekhez kapcsolódnának, amelyek nyúlványai vezetnek az agyba, két szinaptikus szinthez is csatlakoznak. Ezek a szinapszis-struktúrák, hasonlóak az agyban található struktúrákhoz, feldolgozási műveleteket végeznek. A retinában található rendszert alkotó sejtek pedig maguk is ugyanazok mint az agyat felépítő idegsejtek. A receptorsejtek valójában idegsejtek, de rendelkeznek a fényérzékenység speciális tulajdonságával.¹⁴

(2.4.2) A szinaptikus szinteknek van egy különleges tulajdonságuk: visszacsatolásként is funkcionálnak. Ez azt jelenti, hogy az ilyen szinaptikus szinteken végbemenő jel-feldolgozások visszahathatnak a megelőző szintek működésére, szabályozhatják azokat, befolyásolhatják az ottani folyamatokat. A retina működése ebben sem különbözik az agyi struktúrák

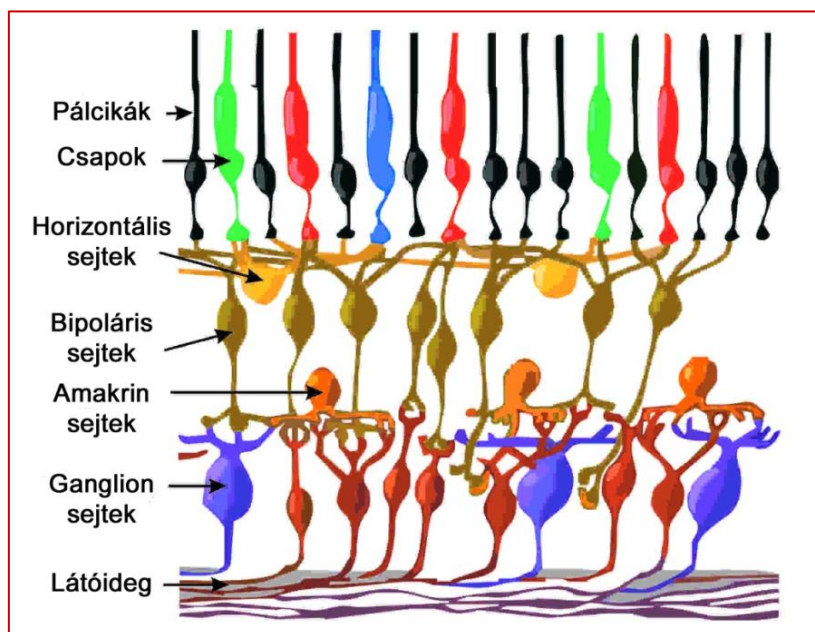
¹³ A magasabb rendű feldolgozási folyamatoknak különböző szintjei vannak. Bruner 2004 ezek hatását általánosan a *perceptuális készenlét* fogalmában foglalja össze.

¹⁴ A retina működésére irányuló biológiai, biofizikai, fiziológiai és neurológiai modern kutatásokba nyújt betekintést Kolb–Fernandez–Nelson 2007. Látványos ismeretterjesztő áttekintés, animációkkal Tóth Katalin tankönyve:
https://www.mozaweb.hu/Lecke-Mozaweb-A_feny-A_retina_mukodese-99647

visszahatásaitól: a retinában a második szinaptikus szint megváltoztatja az első működését, amely viszont a receptorsejtek működésére hathat.¹⁵ Ezeknek az eredményeknek a fényében a biológiai leírások a retinát nem tekintik az aggyal szemben sem strukturális, sem funkcionális szempontból különálló rendszernek – ebben az értelmezésben a retina az agy része, azzal egységet alkot.¹⁶

1. ábra

A retina struktúráját alkotó idegsejtek. Az első szinaptikus szintet a horizontális és bipoláris sejtek, a másodikat a bipoláris, amakrin és ganglion sejtek kapcsolódásai hozzák létre.



Forrás: http://www.mogi.bme.hu/TAMOP/jamu_optika/ch02.html

(2.4.3) A visszacsatolásokat létrehozó neurobiológiai folyamatok felfedezése azonban azt a korábban megfogalmazott gondolatot támasztja alá, hogy a látás nem lehet csupán egy passzív befogadást jelentő művelet, amely csak leképezné a szembe érkező fényben található jeleket. A visszacsatolások proaktív mozzanatok abban az értelemben, hogy hatással lehetnek akár a recepciós eseményekre is. Az első szinaptikus szint közvetlenül, a második szint az elsőn keresztül közvetetten stb. idézhetnek elő változásokat a receptorsejtek működésében. Végül soron tehát a látás nem független a feldolgozási folyamatoktól – már a retina szintjén sem. Olybá tűnik, hogy „nyers” érzetadatok valóban nem jöhetnek létre a retinában.

¹⁵ Egy lehetséges neurális modellt mutat be Hebb 1994: 260–263, ahol a visszacsatolásoknak kódoló szerepük van. Animáción tekinthető meg a https://www.mozaweb.hu/Lecke---A_mozgaserzekeles-99648 oldalon egy lehetséges visszacsatolás, amelynek eredményeképpen a nem kitüntetett mozgásirány érzékelése gátlás alá esik. Kállai–Bende–Karádi–Racsmány 2008: 66–68 ismertett neuropszichológiai modellje a szinaptikus szinteknek vagy ezek szerveződéseinek olyan információfeldolgozó funkciókat tulajdonít, amelyek képesek megvalósítani az egyszerűsítést, az absztrakciót, az összehasonlítást, a kiegészítést, és a szintézis elemi műveleteit.

¹⁶ Hebb 1994: 255 olyan efferens pályákat ír le, amelyek által „a magasabb központok[nak] közvetlen visszajelentő hatása [van] a retina sejtjeire”.

2.5 Összegzés

(2.5.1) Az eddigi részekben rövid betekintést adtunk az érzékelés- és észlelésfogalmak különbségének problémakörébe. A megkülönböztetés jelen lehet a kortárs kutatások háttérében, megfontolásaikban vagy értelmezéseikben, akár úgy, hogy feltételezik a különbségtétel lehetőségét, akár úgy, hogy ennek problematikusságából, cáfolatából származtatnak kutatási hipotéziseket, eredményeket. Nem kívántuk a vitát áttekintetni, és azt, hogy a különböző nézetekből milyen következményeknek kell adódniuk, vagy hogy a lehetséges érvek milyen általánosabb keretekbe helyezettek. A vita manapság is élő kérdése a test és elme problematikájában gyökerezik (melyet Descartes-hoz vezettünk vissza), különböző tudományterületeken különböző diszciplináris sajátosságoknak megfelelően értelmezett, illetőleg diszciplinákon átnyúló interdiszciplináris koncepcionálási kísérletekben van jelen.

(2.5.2) Ehelyütt tentatívan inkább olyan érveket emeltünk ki, amelyek a kutatási előfeltételezéseinket tükrözték. Problematikusnak találtuk az érzékelés és észlelés hagyományos megkülönböztetésének a lehetőségét, ha ez alatt azt kellett érteni, hogy az érzékelés az ami meghatározható módon „nyers” adatokat szolgáltat, és az észlelés az ami ezek alapján építi fel az észleletet, mint a tudatban megjelenő jelentéstulajdonítás lezárt értelemegységét. Problematikusnak találtuk a nyers érzetadatok tételezését filozófiai, pszichológiai és neurobiológiai kutatások alapján. Úgy tűnt, hogy az érzékelés már a legeleső aktusában, műveletében „elméletet” tartalmaz, előzetes minták által meghatározott, bonyolult ideghálózatokban történik. A végeredmény tehát az volt, hogy az érzékelés nem lehet „nyers”, minden feldolgozást megelőző és nélkülöző, a percepció pedig nem lehet kizárólagosan tudatos folyamatban kiteljesedő. Ez fogalmi problémát is jelent az érzékelés és észlelés fogalmait tekintve, amivel azonban ehelyütt nem foglalkozunk, ám megmutattuk, hogy a felvethető.

2.6 Kategorizálás és észlelés

(2.6.1) Az érzékelés és észlelés elhatárolásának problematikussága azonban nyitottá tesz egy másik kérdést, amelynek pragmatikai-kutatási következményei vannak. Ez pedig a *kategorizálás* és *kategóriák* kérdése. A kategóriák olyan egységek, amelyek az információ-feldolgozás során jönnek létre, és valamilyen értelemben jelentéssel bírnak (akár csak a későbbi feldolgozások számára). A jelentés a kategóriát létrehozó kategorizáció műveletében jön létre. A kategóriák mint egységek építik fel a percepciót, a percepció ilyen módon a kategorizáláson keresztül kutatható. Ezért van jelentősége annak, hogy az érzékelés és észlelés kérdésében milyen tételezést tekintünk kiindulópontnak.

A duális rendszerben az éles felosztás miatt világos volt: a nyers érzetadatokat olyan minőségek, mint a színek, foltok stb., amelyek az észlelés tudati kiteljesedésében olyan kategóriákká formálódnak, mint amikor valamit széknek, pénzérmének stb. látunk. Azonban ha a kategóriák létrejöttét a tudat aktusának tartjuk, sokféle olyan információ-feldolgozási eredményről kellene számot adni, amelyek kategorizálásokként lennének értékelhetők, ám nem jelentek meg még vagy nem is jelennek meg a tudatban. Láttuk, hogy a „legelemibb” recepciók is feldolgozási műveleteket tartalmaznak, idegi struktúrákba ágyazottak.

(2.6.2) Bruner értelmezését alapul véve, mi is tételezzük: a tudatos kategóriák kialakulásáig vezető folyamat olyan lépésekben megy végbe, amelyek kategorizálásokként – és nem kategorizálást megelőző műveletekként – értelmezhetők. Ez azt jelenti, hogy a tudatos percepció magában foglalhat tudatos kategorizációkat és nem tudatos kategorizációkat is. Ám

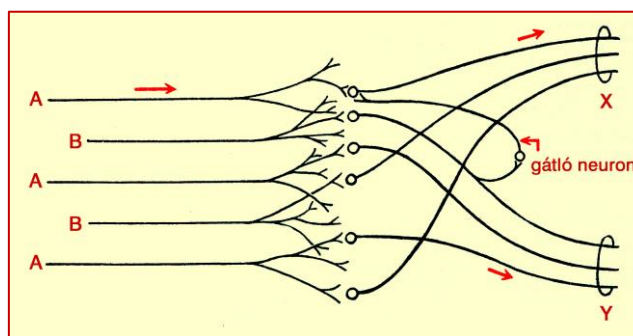
lényeges: a nem tudatos kategorizációk nem szükségszerűen „teljesednek ki” tudatos kategorizációban.¹⁷

(2.6.3) Kutatásunk szempontjából megfogalmazhatjuk: a retinában kategorizálásnak tekinthetők azok a műveletek, amelyek során a fényből létrejövő idegi elektromos jelek előzetesen adott struktúrákban, előzetesen szabályozott folyamatokba tagozódóan állnak elő. Szükséges most, hogy ezt a helyzetet egy kicsit részleteiben, egy példán vizsgáljuk meg, mert így fogunk eljutni egy explicit és a kutatás szempontjából használható kategória-meghatározáshoz.

Fenti tételezésünk például azt jelenti: ha a retinában jön létre a fényintenzitások különbségéből adódó idegi elektromos jelek különbségének valamilyen szabálynak megfelelő jele, akkor ez a jel kategóriát jelent – ez egy kontraszt-kategória. A szabályba foglalásra példa lehet egy olyan művelet, amelyet a 2. ábra szemléltet.

2. ábra

Egy szinaptikus szint kategorizálási folyamatának modellje



Forrás: Hebb 1994: 261

Az ábra egy lehetséges mechanizmust mutat be arra, hogy egyetlen szinaptikus szint hogyan hoz létre „jelentéssel” bíró jeleket, azaz kategorizációt a magasabb szintű feldolgozások számára. Tegyük fel, hogy A és B afferens (a felső szintek fele továbbító) neuronok „érzékenységük” szerint különböznek: A neuron érzékenységi küszöbe alacsonyabb, így egy gyenge inger már kisülést okoz, míg B neuron érzékenységi küszöbe magasabb, és csak egy erősebb inger okoz kisülést. Egy gyenge inger tehát aktiválja A-t, egy erősebb inger aktiválja A-t és B-t egyaránt. Tegyük fel, hogy a következő szinten X neuronok érzékenységi küszöbe alacsony, Y neuronoké magasabb. Így egy gyenge inger aktiválja A-t és X-et, egy erősebb aktiválja A-t és B-t, illetőleg X-et és Y-t. Ha közbe van iktatva az Y neuronokra gátló neuron, amely X-k aktivitására hat, akkor erős inger esetén csak Y neuronok aktívak. Míg a gyenge ingerek csak X neuronokon haladnak. A végeredmény, tehát, egy szétválogatás, egyfajta kódolás, egy szabály érvényesülése.

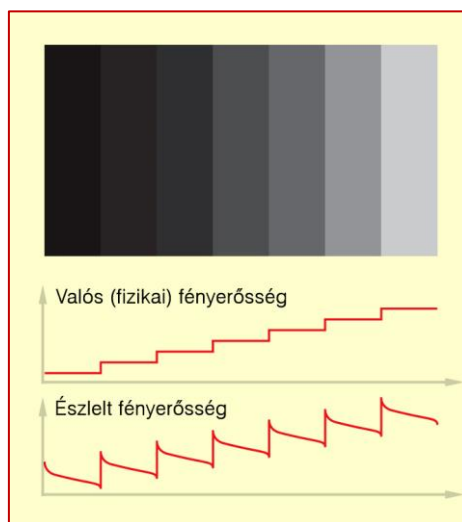
¹⁷ Bár Bruner (2004: 237) a tudatos percepciók folyamatok részeként írja le az olyan kevésbé „véglegesített” minőség-érzékletek felbukkanását, mint „egy hang”, „egy érzés”, „valami fájdalom”, ezeknek nem feltétlenül jelennek meg a tudati kategórialkötésekben. Ugyanakkor ezek mégis nem is „finoman árnyaltak”, kategóriáknak tekinthetők – és nem nyers érzet-adatoknak –, és adott esetben, de nem szükségszerűen, további kategorizációs folyamatokat indíthatnak el. „Vajon az elmondottak tagadását jelentik-e az érzékelési adatokhoz kapcsolódó klasszikus tanításoknak? Érvelhet valaki úgy (ahogy Hebb 1949 ezt igen hatásosan meg is tette), hogy a perceptuális mezőn belül léteznie kell bizonyos primitív szervezetszerű egységnek, mely az azonossági kategorizálás folyamán lehetővé teszi a jelzőingerek használatát. E feltétel mind logikailag, mind pszichológiailag evidens. Számomra mégis feleslegesnek tűnik feltételezni, hogy az a szenzoros „alapanyag”, melyen a magasabb rendű kategorizálás alapszik, egy más érzékleti (szenzoros) rend lenne, mint a továbbiak során kialakított azonosság, amellyel normális körülmények között észlelési világunk benépesül. Ha úgy volna, érvelésünk az elsődleges és másodlagos minőség locke-i ellentmondásába torkollna. A [...] feltételezés tehát annyi, hogy minden perceptuális élmény szükségszerűen kategorizálási folyamatok végterméke.” (Bruner 2004: 238)

(2.6.4) A 2. ábrán egyrészt azt látjuk, hogy az adott szinaptikus szinten található keresztkapcsolatok meghatározott módon, egy adott szabálynak megfelelően rendezik át a beérkező jeleket és továbbítanak tovább jeleket (egy következő szinaptikus szintre) – egészen pontosan jel-kategóriákat továbbítanak. Másrészt azonban azt is látnunk kell, hogy a keresztkapcsolatok működése adott esetben visszacsatolásként is hathat a szinaptikus szintre beérkező jeleket hordozó idegi pályákra (az ábrán egy A neuronra). Amennyiben ezek a pályák tulajdonképpen a receptorsejtek nyúlványai, és ezek működésére van hatással a szinaptikus szint működése, úgy maga a recepció fog ennek megfelelően módosulni. A 6. ábrán látjuk ennek egy modelljét, ahol a második szinaptikus szintről az első szinaptikus szintre aktivitást biztosító és gátlást létrehozó visszacsatolások jönnek létre, ennek eredményeképpen pedig sajátos receptív mezők alakulnak ki. Mindez példázta és megmutatja, hogy a recepciót lehetséges a beérkező fény és egy biológiai struktúra sajátos kölcsönhatásaként felfogni.

Ez a visszacsatolás magyarázza például azt az illúziót, amelyet a Mach-sávok kontraszt-érzékelésénél tapasztalunk (3. ábra). A szembe érkező eltérő fény mennyiségek nyomán keletkező idegi impulzusok elsődleges feldolgozása oda vezet, hogy a kontrasztok érzékelése „eltorzítja” az eredeti fény mennyiségeket, amelyek a retinát érték. Másként fogalmazva: amint létrejött a retinában a kontraszt-kategória, a fizikai fény mennyiségek recepciója e kategóriába illeszkedően fog megtörténni.

3. ábra

A fizikai és az észlelt fényerősség eltérése a Mach-sávok esetében



Forrás: Sekuler–Blake 2000, 94–96. alapján

Az Ernst Mach által kitalált mintázatban az egyes sávok egyszínűek, homogének. Az egyes területekről visszaverődő fény mennyiségét az első diagram mutatja. Az észlelés azonban mégsem felel meg a szembe érkező fény fizikai tulajdonságainak, a sávok határán a kontraszt felerősödik. Ha megfigyeljük az egyik határt, ahol két különböző fényerősségű sáv találkozik, azt tapasztalhatjuk, hogy a sötétebb sáv a határ fele közeledve még sötétebb árnyalatú lesz, a világosabb sáv pedig világosabb árnyalatúvá válik. A második diagram ezt szemlélteti.

Amikor korábban a látást proaktív eseményként jellemeztük akkor éppen ilyen típusú hatásokra, visszacsatolásokra, „beavatkozásra” utaltunk. Jelentősége óriási: ezek a kategóriába foglalások és visszahatások „tüntetik el” a nyers érzetadatok lehetőségét, ennek eredményeképpen lesz a recepció eseménye percepció-jellegű, kategorizációs művelet.¹⁸

¹⁸ Sekuler–Blake 2000: 94–96 a 6. ábrán bemutatott receptív mezők alapján elemézi a Mach-sávok észlelésének mechanizmusát. További példákat találunk még itt, illetőleg a receptív mezők modellje

2.7 A szignifikációs kölcsönhatás

(2.7.1) Az eddigi megállapításokat egy olyan fogalomba sűrítethetjük, amely konkrét kísérletek és mérések koncepcionalizálásának alapjául szolgálhatnak.

*Szignifikációs kölcsönhatás*nak nevezzük azt a fizikai kölcsönhatás-fogalomnál tágabban értelmezett kölcsönhatás-típust, amely egy adott mintázatú fény és egy biológiai struktúra között jön létre, olyan módon, hogy

- ◆ a biológiai struktúra egységként viselkedik, annak alapján, hogy állapota összefüggő egészként változik meg,
- ◆ a biológiai struktúra állapotváltozása meghatározható tér- és időbeli kiterjedéssel jellemezhető,
- ◆ a biológiai struktúra állapotváltozása adott szabályt követ,
- ◆ a biológiai struktúra állapotváltozása függvénye az előzetesen adott struktúrának és állapotának,
- ◆ a biológiai struktúra állapotváltozása egy csatlakozó struktúra számára jelként funkcionál (másként fogalmazva jelentéssel tud bírni),
- ◆ a biológiai struktúra állapotváltozása meghatározott módon befolyásolja a későbbi kölcsönhatásokat, amelyeket későbbi fény-ingerek váltanak ki (ez egy elemi visszacsatolás),
- ◆ a biológiai struktúrához csatlakozó további struktúrákban végbemenő állapotváltozások hatással lehetnek az elsőre nézve (ezek a nem-elemi visszacsatolások).

(2.7.2) Talán érdemes felfigyelni arra, hogy a leírásban nem szerepelnek a kategorizáció és kategória kifejezések. Ennek csak részben magyarázata az, hogy egy a biológiai struktúra fogalmára alapozott leírást adtunk, de még inkább az, hogy a felsorolás egyik eleméhez sem rendelhetők. A kategorizáció és kategória megjelenése a felsorolás mindegyik elemét feltételezi. Ez könnyen belátható egy másik fajta megfogalmazás alapján, amely a kategorizáció „aktusára” úgy tekintene, mint ami előzetes „felkészültségek” alapján olyan jelentés-egységeket teremt, amelyek meghatározzák a recepciót. Mindez viszont azt jelenti, hogy a szignifikációs kölcsönhatás fogalma a kísérleti kutatások számára képes kibontani kategorizáció és kategória fogalmak értelmét – legalábbis a retina rendszere esetében.

(2.7.3) Ebben a részben megalkottuk a szignifikációs kölcsönhatás fogalmát, amely egyfajta általános szemantikai-kommunikációs válasz az érzékelés és észlelés dualitását problematizáló filozófiai valamint a pszichológiai és neurobiológiai kutatási eredmények hordozta kritikai álláspontokra. A fogalom modellként magában foglalja Brunernek a kategorizáció fogalmával értelmezett percepciós folyamatokra vonatkozó elképzelését, amely nem feltételezi a dualista értelmezésben tételezett „nyers” érzetadatok előzetes kialakulását, vagyis az érzékelést. A modell megfogalmazása ugyanakkor olyan terminusokra támaszkodik, amely a kutatásunk céljának tekintett mérési szituációkban értelmezhetők. Másrészt azonban ezek a terminusok olyan általános értelműek, hogy különböző léptékű és jellegű észlelési események leírására alkalmasak. Kutatásunk a legelemibb kategorizációs szinten, a retinában kívánja vizsgálni a jelentések képződését, azonban a megfigyelni kívánt biológiai egység meghatározása és elkülönítése bizonyos értelemben önkényes, elméleti kérdés: egységként határozható meg a retina, a retina és látókéreg összekapcsolt rendszere, a retina és agy egysége, mentális szempontból pedig a percepció és a tudat összefüggése vagy a percepció és a kultúra kölcsönös meghatározottsága, egysége.

alapján további következmények is tárgyalásra kerülnek. Akinek a Mach-sávok nem tűntek eléggé meggyőzőnek, tekintse meg az E. mellékletet, ahol egy a receptív mezők működéséből adódó optikai illúzió válik láthatóvá.

3. A BEAVATKOZÓ MEGFIGYELÉS

3.1 A beavatkozó megfigyelés mint kérdés és probléma

(3.1.1) A előző fejezet alapján az észlelést felfoghatjuk „beavatkozó megfigyelésnek” is abban az eddigiekben kihangsúlyozott értelemben, hogy a látás nem passzív befogadást vagy leképezést jelentene, hanem egy jelentéseket létrehozó rendszerbe ágyazódást jelent, amely proaktívan meghatározza a látás eseményeit és eredményeit.

A *beavatkozó megfigyelésnek* azonban most egy olyan értelmét fogjuk megnézni, amely nincsen átfedésben az eddigiekkel: a megfigyelés (vagy mérés) fogalmának kvantummechanikai értelmezését. Azonban éppen ezt a két különböző beavatkozás fogalmat szeretnénk majd közös keretben tárgyalni, ennek alapján végül megfogalmazni a tanulmány hipotézisét.

A mostani kérdés kommunikációs szempontú megfogalmazása hasonló lehet a látás esetében feltetthez: hogyan jönnek létre a jelentéssel bíró megfigyelési eredmények, mint mérések, ha a megfigyelés olyan esemény, amely alapvető hatással van a megfigyelés tárgyára, melyek ebben a tekintetben a megfigyelések feltételei?

(3.1.2) A beavatkozó megfigyelés (mérés) fogalma egyes kvantummechanikai elméletek meghatározó problémáját foglalja magában.¹⁹ A probléma abban a helyzetértékelésben

¹⁹ A kvantummechanikai beavatkozó megfigyelés fogalma először Heisenberg határozatlansági elvének egy azóta már meghaladott interpretációját képezte, mely szerint ha az egyik paraméter kerül mérésre, az bizonytalanná teszi más paraméterek mérését (rövid leírás: Simonyi 2011, 467). Ez azt az értelmezést sejteti, hogy a mérőeszközök hozzák létre azokat a határozatlanságokat, amelyeket a kvantummechanikai leírások fejtenek ki. Erről az interpretációról azonban később kísérletekkel alátámasztott módon bebizonyosodott, hogy téves: a határozatlanságok nem a megfigyelés során keletkeznek, hanem a kvantummechanikai állapotok alapevető meghatározói – a kvantummechanikai természeti törvények részét képezik (tájékozódásként ld. pl.: https://hu.wikipedia.org/wiki/Hat%C3%A1rozatlans%C3%A1gi_rel%C3%A1ci%C3%B3).

Az ebben a tanulmányban használt beavatkozó megfigyelés fogalma egy másik jelenségre vonatkozik. Arra, amelyet a későbbiekben a két-rés kísérlet bemutatásánál fogalmazzunk meg (áttekintően a 3.4 pont alatt, részletesebben a B. mellékletben): a megfigyelés (mérés) olyan változásokat hoz létre a megfigyelt rendszer állapotában, amely során a hullámtulajdonságok eltűnnek (a kvantummechanikai leírás ezt a *hullámfüggvény összeomlásának* nevezi), és helyettük korpuszkuláris tulajdonságok jelennek meg. A modern fizikai leírások szerint azonban ez is egy leegyszerűsített kép, ha tekintetbe vesszük az előálló korpuszkuláris tulajdonságok paramétereinek határozatlanságát, amelyek valójában hullámfüggvény formájában adhatók meg. Az itteni leírás ilyen messzire nem fog menni. Egy elfogadott konvenció szerint elfogadjuk a beavatkozó mérés során létrejövő eredmény korpuszkuláris entitásokra hivatkozó megfogalmazását.

A beavatkozó megfigyelés kifejezés ilyen értelmű használatához előzetesen leszögezhetjük: akár csak a határozatlansági reláció által kifejezettek, a hullámfüggvény összeomlásaként megnevezett jelenség sem *specifikusan* a mérőeszköz és megfigyelt tárgy kölcsönhatására vonatkozik: *általánosan* minden kölcsönhatás megzavarja a kvantumfizikai rendszer hullámtulajdonságokkal jellemezhető állapotát. Így valójában bármely részecske vagy rendszer kijelölhető mérőeszköznek, amennyiben kölcsönhatásba kerül egy megfigyeltként kijelölt kvantummechanikai rendszerrel.

Ugyanakkor azt is meg kell jegyezni, hogy a kvantummechanika feltárt olyan mérési módszereket is, amelyek nem kölcsönhatás formájában nyilvánulnak meg (és nem vonnak maguk után olyan jelenségeket, mint a hullámfüggvény összeomlása). Ilyen az ún. *összefonódás* jelenségénél lehetséges megfigyelési, mérési esemény (ld. pl. Horodecki et al. 2009) vagy az ún. interakciómentes mérés (ld. Elitzur–Vaidman 1993). Előbbi első megfogalmazása (Einstein–Podolsky–Rosen 1935) egyébként éppen a fentebb említett határozatlansági reláció téves értelmezésének cáfolatául

fogalmazódik meg, miszerint a megfigyelés mindig valamilyen közvetítővel történik, amelyek kölcsönhatásba kerülnek a megfigyelés tárgyával. A megfigyelés végső soron a kölcsönhatást követően a mérőeszközbe visszatérő (vagy annak részét képező) közvetítők detektálásával fejeződik be.

A közvetítők lehetnek részecskék, hullámok, általánosan hatások, amelyek energiát hordoznak. Ez az energia *alapvetően megváltoztathatja* a megfigyelés tárgyának állapotát, amennyiben olyan mikroobjektumokra vagy mikrojelenségekre irányul a mérés, amelyek energetikai állapota azonos nagyságrendű a megfigyelésre használt közvetítőkével (például abban az esetben amikor egy elektron megfigyelése fénysugarakkal való „megvilágítás” révén, vagyis fotonokkal történik).

3.2 A beavatkozó megfigyelés – módszertani probléma a klasszikus fizikában

(3.2.1) Amit azonban hangsúlyozni szükséges: kölcsönhatás-mentes megfigyelés (mérés) nem lehetséges, hiszen éppen a kölcsönhatás révén nyernek információt a közvetítők a megfigyelés tárgyról, amelyeket a mérőeszköz rögzíteni fog. Vagyis elvként fogalmazható meg: nem lehetséges beavatkozás-mentes megfigyelés.

(3.2.2) A beavatkozó megfigyelés problémája általános filozófiai kérdést vet fel az ismeretek és tárgyak vonatkozásában. Erre azonban addig nem térünk ki, amíg egy fontos megkülönböztetést nem tettünk, ami a fizika számára meghatározó.

A fizika két jól elkülönülő tartományát képezi az a két elméleti rendszer, amit klasszikus fizika és kvantumfizika megnevezéssel határolnak el a fizikusok. Tudománytörténeti szempontból a kvantumfizika a klasszikus fizika lezárását (és bizonyos értelemben cáfolatát) jelentette a XX. század elején, elkülönülésük ismeretelméleti szempontból is fundamentális. A beavatkozó megfigyelés problémája e két területen különbözőképpen fogalmazódik meg, és a válaszok is ennek megfelelően lesznek szembenállók. Ezzel az összevetéssel fogjuk látni, hogy a kvantumfizikában a beavatkozó megfigyelés miért válik alapvető problémává, és milyen ismeretelméleti következményekhez vezet. Ezek foglalják magukban a megfigyelésekhez kapcsolódó szemantikai-kommunikációs értelmezési lehetőségeket is, vagyis annak a kérdésnek a megválaszolását, hogy mit jelentenek a beavatkozó megfigyelések eredményei.

(3.2.3) A klasszikus fizika mint természettudomány azoknak a természeti törvényeknek a tételezésén alapul, amelyek feltárása és leírása a megfigyelőre való hivatkozástól mentes. Ez a klasszikus fizika objektivitás-eszménye, amely alapjaiban határozza meg a klasszikus fizika identitását. Vagyis azt, hogy egyáltalán mi számít tudományos ismeretnek a természetben található összefüggések megértésében és magyarázatában. Ez az alap lényegében a kvantumfizika megjelenéséig érintetlen maradhatott, a klasszikus fizika megnevezéssel csak összefoglalóan illetett sokféle elméleti rendszer és szerteágazó kutatási program építkezhetett rá. Az objektivitás-fogalmat tulajdonképpen a klasszikus fizika sikeressége verifikálta. Így a beavatkozó megfigyelés problémája sosem válhatott alapvető, ismeretelméleti kérdéssé e fizika számára. A probléma természetesen létezett, ennek megoldása azonban csak technikai lehetett.

szolgált. Bár ezek a jelenségek érdekesek lehetnek a tanulmányban meghatározott szignifikációs kölcsönhatás szempontjából, ezekre nem fogunk kitérni.

A mérés ismeretelméleti státuszának általános problematikáját fogalmazza meg Heisenberg 1979, további következményeit Wigner 1979 tárgyalja. A beavatkozó megfigyelésnek van egy olyan általános, filozófiai következményeket felvető taglalása, vitája is, amely *Schrödinger macskája* néven híresült el (áttekintést ad: Gribbin 2012). A probléma szakirodalma nagy, itt csak néhány jellegzetesebb, áttekintést nyújtó irodalmat emeltünk ki.

(3.2.4) Talán érdemes megnézni egy megoldástípust, hogy ezzel szemben jelenjen meg a kvantumfizika értékelése és javaslata. Először is tétélezhető a megfigyelési berendezés állapotának ismerete, és másodjára ismertté válik a megfigyelés mint kölcsönhatás után a beavatkozó megfigyelés eredménye. Világosabban kifejtve: először is ismertként vehető a megfigyelő berendezés kölcsönhatás előtti állapota, másodjára ismertté válik a megfigyelő berendezés kölcsönhatás utáni állapota. Ebből pedig könnyen kiszámolható a megfigyelési berendezés állapotában bekövetkező változást kiváltó tárgy megfigyelés előtti állapota. Legyen egy szemléletes hétköznapi példa. Hőmérővel mérést végzünk egy kis pohár vizen, ahol a hőmérő és a víz tömege azonos nagyságrendbe esik. Ebben az esetben feltételezhetjük, hogy a mért eredmény nem a víz eredeti hőmérsékletét fogja tükrözni, mivel a hőmérőnek is volt egy mérés előtti hőmérséklete, ami megváltoztatta a mérni kívánt víz hőmérsékletét. Azonban ismerve a hőmérő eredeti hőmérsékletét (ami pontosan annyi amennyit mutatott a mérés előtt), ki tudjuk számolni, hogy a mért eredményt mennyivel kell korrigálni.²⁰

(3.2.5) Ez a fajta technikai megoldás visszavehető a mérés elméleti problémájára, és ennek megfelelően lehet a beavatkozó megfigyelés fogalmát újraértelmezni. A példa megmutatta azt, hogy a klasszikus fizikában a beavatkozó mérés problémája nem kell ismeretelméleti szintre emelkedjen, a megfigyelések és mérések objektivitásának alapja biztosítható, és technikai-módszertani kérdéskörben tartható.

3.3 A beavatkozó megfigyelés – ismeretelméleti probléma

(3.3.1) A kvantummechanikai megfigyelési és mérési helyzetekben azonban ennél sajátosabb változások történnek. A kvantum jelenségek tartományában ugyanis a megfigyelést lehetővé tevő kölcsönhatás nem csak a megfigyelés tárgyának állapotát változtatja meg – meghatározott törvények szerint (mint a hőmérő példájában) –, hanem olybá tűnik mintha maguk a természeti törvények „változnának meg” – ha a klasszikus fizika felől próbáljuk értelmezni a jelenséget.

Az alábbiakban ebből a szempontból fogjuk megközelíteni a kvantummechanikai mérés és megfigyelés problémáját – amely egyébként a kvantumfizikában is igencsak különböző interpretációkat tesz lehetővé. Ennek a megközelítésnek az indoka egyrészt történeti, hiszen a klasszikus fizikában detektált probléma megelőzte a kvantummechanikai értelmezést, és ebből a nézőpontból fogjuk megfogalmazni az így feltárható ismeretelméleti problémát. Másrészt viszont láthatóvá válik, hogy a klasszikus fizikának megfelelő hétköznapi tapasztalati világunk számára miért különösek, akár ezzel ellentmondóak a kvantumfizikai jelenségek – amelyek azonban a kvantummechanika egzakt, axiomákon alapuló elméleti keretében értelmezhetők és írhatóak le (lásd pl.: Veszprémi–Fehér 2011).

(3.3.2) A természeti törvények *egy elméleten* belül nem változhatnak, különben nem minősülhetnek természeti törvényeknek. Egy olyan elmélet amely változó összefüggéseket mutat be, anélkül, hogy ezek rögzített összefüggésekbe ágyazódnának, végső soron nem értékelhető elméletként sem, legfeljebb csak hipotézisként.

Am *két elmélet* ugyanazon jelenségre megfogalmazhat külön-külön különböző rögzített természeti törvényeket, amelyek azonban a két elmélet vonatkozásában „változóknak” látszanak. A tudománytörténet bővelkedik az ilyen és ehhez hasonló esetekben, és ez az adott tudományterület megoldandó problémájának minősül: bár az egyes elméletek mutatkozhatnak belülről konzisztensnek és teljesnek, a két elmélet egymáshoz való viszonya megkérdőjelezi a bennük foglalt természeti törvények státuszát. A probléma különböző megoldásokat kívánhat:

²⁰ Néhány más adatot azért még tekintetbe kell venni, így a víz és hőmérő tömegére is szükség van, de ezeket most nem részleteztük, csak az elvet szerettük volna látni.

meg kell cáfolódnia az egyiküknek, le kell tudni vezetni egyiküket a másikból, egyesíteni kell a két elméletet, olyan harmadik elméletet kell kidolgozni, amely magában foglalja mindkettőt, vagy levezethetők ezek belőle stb.

(3.3.3) A beavatkozó megfigyelés problémájának háttérében is két egymást kizáró elmélet áll, amely két különböző természeti törvény megfogalmazásán alapul. Ilyen értelemben fogalmaztunk úgy, hogy a beavatkozó megfigyelés hatására a természeti törvények változnának meg. A beavatkozó megfigyelés olyan esemény, amelynek során a magyarázatnak át kell térnie egyik elméleti rendszerről egy másikra, egyik természeti törvényről egy másikra.

A beavatkozó megfigyelés problémája abból ered, hogy két egymást kizáró elmélet közötti áttérést idéz elő. Ha e két elméletben megadott törvények egyetlen törvény alá tartoznának, a megfigyelés hatása is ebben a keretben lenne értelmezhető, így pedig a klasszikus fizikában megadott technikai eljárásokkal lenne objektíválható (mint az előbbi alfejezetben megmutattuk).

(3.3.4) Hullám- vs. korpuszkuláris tulajdonságok

(3.3.4.1) A két elmélet szembenállása azonban a klasszikus fizikában megoldatlan rejtély maradt. Részben éppen ez keltette életre a kvantummechanikát, amely bizonyította, hogy a klasszikus fizikában nem is lehetséges a megoldása. A fizika történetében az előzmények egészen Newtonig és Huygensig nyúlnak vissza. Eredetileg a fényjelenségekkel kapcsolatosan fogalmazódott meg: a fény viselkedése egyes esetekben részecskék (korpuszkulák) özőnként, más esetekben hullámként írható le. A kétféle leírás két olyan elméletben valósul meg, amelyek igen különböző jelenségeket képes magyarázni különböző természeti törvények alapján, és mégsem kapcsolhatók össze. A korpuszkuláris és hullám elméletek a fizika történetében is versengő elméletek voltak, amelyek között sem empirikusan, sem logikailag nem lehetett kizárólagosan dönteni.

(3.3.4.2) A megfigyelhetőség értelmében a probléma az, hogy a kétféle elmélet kétféle megfigyelhető viselkedést jósol.²¹ Egyszerűen is belátható egy képzeletbeli kísérlettel, amelyben legyen egy fal és rajta egy rés. A korpuszkuláris tulajdonsággal bíró dolgok úgy viselkednek mint egy elhajtott vasgolyó: egyenes vonalú pályán haladnak át a résen. A hullámtulajdonságú jelenségek úgy viselkednek mint a víz felszíne, amelybe kavicsot hajítottunk: a hullám azon része, amely áthaladt a résen, ezt követően újra szétterjed hullámként.

Ezek alapján az egyik megfigyelési eredmény a következő lehet: a rés mögötti területen egy olyan X pontban, amely kissé oldalt helyezkedik el, vasgolyókat sosem lehet detektálni (a vasgolyók nem fognak elkanyarodni a résen való áthaladás után), viszont lehet majd vízhullámokat detektálni (amelyek a rés után minden irányba szétterjednek).

Egyértelmű: egy vizsgált tetszőleges jelenségről egyszerre nem állítható, hogy a jelenség detektálható X pontban (ahogy a hullámelmélet jósolja) és az, hogy a jelenség nem detektálható X pontban (ahogyan a korpuszkuláris elmélet jósolja). Ez azt jelenti, hogy egy jelenség nem tud egyszerre megfelelni mind a hullám-, mind a korpuszkuláris elméleteknek és az ezek alapját képező természeti törvényeknek. Egy jelenség nem tud egyszerre hullámtulajdonságokkal és korpuszkuláris tulajdonságokkal rendelkezni.

(3.3.4.3) Márpedig a két elmélet – amely bár különböző területeken nyert empirikus alátámasztást, és mindkettő olyan mértékben, hogy nem lehetett mindent eldöntő kísérletet találni – éppen ezt mutatja: a fény egyszerre bír hullám- és korpuszkuláris tulajdonságokkal.

²¹ Newton és Huygens elméleti rendszereinek és szembenállásának elemzése: Simonyi 2011: 282–288.

A problémából születő kvantummechanika éppen ezt az eredményt fogadta el, és a klasszikus fizika ismeretelméleti koncepciójával szemben egy alapvetően új szemléletmódot fogalmazott meg: a részecske-hullám dualitást. A probléma azért is jelentős, mert kiderült, hogy ez a kettős viselkedés nemcsak a fény sajátja, hanem minden elemi részecskét jellemez – a kérdésre adott bármiféle válasz nem egy speciálisként megfogalmazható anomália, hanem általánosan vonatkozik a természet mikroszkopikus alapjaira. A részecske-hullám dualitás lényegében tételezi annak lehetőségét, ami a klasszikus fizikában egymást kizáró tulajdonságokként értelmeződtek.²²

²² A részecske-hullám dualitás elve elsősorban matematikai konstrukciók alakjában bír nagy jelentőséggel. Matematikai összefüggések által kapcsolatot teremt olyan paraméterek között, amelyek a kvantumfizikát megelőzően külön a korpuszkuláris objektumok és külön a hullámjelenségek tulajdonságaira és viselkedésére vonatkoztak. Ezeknek az összefüggéseknek számos olyan matematikailag levezethető vagy továbbgondolható következménye van, amelyek új, ismeretlen és igencsak szokatlan jelenségek felfedezéséhez vezettek. És több olyan matematikai összefüggésre is lehetett következtetni, amelyek fizikai interpretációja még nem létezik, vagyis nem lehet tudni, hogy valójában milyen fizikai jelenségekre vonatkoznak.

A mai kvantumfizikában is jelentős azoknak a tábora, akik a részecske-hullám dualításra egyfajta matematikai absztrakcióként gondolnak, elszigetelve a kérdést annak ismeretelméleti és szemantikai vonatkozásaitól. Utóbbi vonatkozásokban a kérdés pedig ez: hol található vagy hol keletkezik a részecske-hullám dualitás? A lehetséges válaszok:

- ◆ az anyagi világban
- ◆ az elméleti konstrukcióban
- ◆ a megfigyelésben

Az első nézőpont elismeri, hogy a mikroléptékű világban az anyag sajátja lehet az, hogy olyan tulajdonságokkal rendelkezzen, amelyek különböző viselkedésekben nyilvánulhatnak meg, és az egyes viselkedési formák akár ellentmondásban is lehetnek egymással. Azt azonban többnyire elismerik, hogy ezek a tulajdonságok ebben a formában nem lehetnek esszenciálisak, és esetleg mélyebben fekvő természeti törvények „felszíni” megnyilvánulásai csupán. Vagy pedig azt engedik meg, hogy az anyag egyáltalán nem is rendelkezik „esszencialitással”, legalábbis abban az értelemben, ahogyan a klasszikus fizika és természetfilozófia tételezte.

A második nézőponthoz sorolható fizikusok az elméletalkotás hiányosságaként vagy sajátosságaként értelmezik a részecske-hullám dualitás kifejeződését. Amennyiben az elméletalkotás hiányos, úgy az elméletben rejtett paraméterek találhatóak vagy olyan felfedezések várhatóak, amelyek alapján a kvantumfizika új alapösszefüggések keretében rendeződik át, ahol a részecske-hullám dualitás hordozta ellentmondás megszűnik. Az elméletalkotás sajátosságait tételezik azok a természetfilozófiai álláspontok, amelyek az elméletalkotás antropológiai háttérét látatják: arra hívják fel a figyelmet, hogy a fizika specializált nyelve abból a köznapi nyelvből fejlődött ki, amely az emberi léptékű makróméretű fizikai jelenségek nyelvi reprezentációjára fejlődött ki; az ettől alapvetően különböző mikroléptékű világot meghatározó természeti törvények megértése és leírása lényegében egyfajta fordítást jelent a makroléptékű jelenségek megértésére és leírására alkalmas nyelvre.

A harmadik nézőpont a megfigyelést egy eseménynek tartja, amely az anyagi világban is alapvető változásokat eredményez. A mérés művelete elkerülhetetlenül kölcsönhatást eredményez a mérőeszköz és a megfigyelt jelenség között, és ebben a kölcsönhatásban mutatkozik meg a részecske-hullám dualitás: a megfigyelés mint mérés hatására a hullámjelenségek korpuszkuláris megnyilvánulásokká alakulnak. Fentebb, a (3.3.1) pont alatt ezt a jelenséget jellemeztük úgy, hogy bizonyos értelemben maguk a természeti törvények változnak meg. Ez egyfajta ugrás a hullám-törvényekről a részecske-törvényekre, amely éppen a megfigyelés vagy mérés mint kölcsönhatás hatására történik meg. Ezt a jelenséget a hullámfüggvény összeomlásaként vagy dekoherenciaként nevezi meg a szakirodalom (ld. a B. mellékletben a (B.2.2), (B.2.3), (B.2.4) pontokat). A kortárs

3.4 A beavatkozó megfigyelés kvantummechanikai és ismeretelméleti következményei

(3.4.1) Van egy klasszikusként hivatkozott kísérlet, a *két-rés-kísérlet*, amelyben szembetűnő módon tárul fel a kvantummechanika eddig megfogalmazott alapproblémája. A kísérlet azért is meglepő, mert egészen egyszerű kísérleti körülmények között válik beláthatóvá, hogy a beavatkozó megfigyelés a mikroobjektumok esetében miért nem „kezelhető” technikai-módszertani feladatként, hanem alapvető elméleti kérdésre mutat rá.

Röviden és leegyszerűsítve fogjuk itt ismertetni a két-rés kísérletet (részletekbe menő és közérthetőségre törekvő kifejtése a B. mellékletben olvasható); következményei megmutatják, hogy mit keresünk az empirikus kutatásaink során.

(3.4.2) A kísérlet először azt mutatja meg, hogy a megfigyelés-mentes helyzetben az elemi részecskék (mint a fotonok, elektronok, protonok vagy akár atommagok) hullámszerűen terjednek szét a térben. A hullámok két résen áthaladva, különálló hullámokként jelennek meg, amelyek külön-külön szétterjednek a rések mögött, és amikor átfedésbe kerülnek, interferálnak egymással. Ezt egy interferenciamintázatban jelenik meg, amely utal arra, hogy a réseken hullámok formájában történt áthaladás.

Ez azonban csak közvetett bizonyíték. A közvetlen megfigyelés az lehet, ha közvetlenül a résekben történő áthaladásokat lehetne megfigyelni. Ez például egy gyenge fényforrással való megvilágítással valósítható meg, amely során felvillanások jelezhetik az áthaladásokat.

Ekkor azonban radikális változás következik be: eltűnik az interferenciamintázat, a rések mögött olyan mintázat jelenik meg, amely egyenes vonalú pályákon történő áthaladásokra utal. Vagyis a megfigyelés szerint a réseken most a hullámok helyett korpuszkulák haladtak át. A megfigyelés a hullámokat korpuszkulákká „változtatta”. Ebben mutatkozik meg, tehát, a beavatkozó megfigyelés alapvető hatása (ld. a 4. és 5. ábrát). A klasszikus fizikában ilyen hatás nincsen, és ezért érdekes ilyen jellegű jelenségek kutatása a klasszikus fizikán alapuló biológiában.

(3.4.3) Eddig átfogó képet kaphattunk a beavatkozó megfigyelés alapvető problémájáról. Most nézzünk néhány megállapítást, ami a két-rés kísérlet részleteinek elemzéséből következik.

Amit eddig nem hangsúlyoztunk, hogy mivel a kísérlet az elemi részecskék tanulmányozására lett létrehozva, az ábrán látható részecske-forrás *egyesével lövi ki a részecskéket*. Ez a feltétel azért fontos, mert így nem a részecskék özöne kerül vizsgálatra (amelyek között további kölcsönhatások is lehetségesek, például, ha a részecskék elektromos töltéssel bíró elektronok lennének), hanem az egyes részecskék. Az ábrákon tehát az látható, hogy a háttérbe egyesével becsapódó részecskék hosszú idő után milyen mintázatokat hoznak létre.

Az eredmény ez: az első ábrán a megfigyelés-mentes körülmények között az *egyes részecskék* hullámként, a rések megfigyelése esetén korpuszkulaként viselkednek. Ez egyben azt is jelenti, hogy az egyes részecskék az első esetben mind a két résen át kell haladniuk – így önmagukkal interferálnak –, a második esetben mindig csak egy résen haladnak át – így „azonosak” önmagukkal.

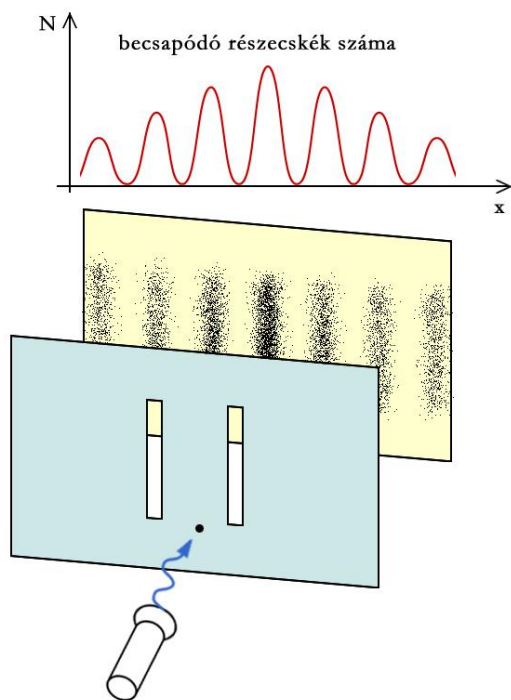
Az első eset egy meglehetősen furcsa eredmény, de az eredmény kényszerítő erejű a következtetésre nézve. A részecskéknek valamilyen értelemben meg kellett „kettőződniek”. Ám a második ábra azt mutatja, hogy ennek a megkettőződésnek a megfigyelése mégsem

értelmezések szerint a mérés műveletét valósítja meg lényegében minden kölcsönhatás – tehát nem csak az ember alkotta berendezések működésének hatására megy végbe az „ugrás” –, ilyen értelemben egy általános jelenség megnyilvánulásaként lehet erre tekinteni. Így bármely részecske a világegyetemben mérőeszköznek tekinthető, abból a megfontolásból, hogy a kölcsönhatást követő megváltozott viselkedése felfogható úgy mint ami információt hordoz a kölcsönhatásról.

lehetséges, mivel a részecske „megkettőződését” megkívánó hullámtulajdonság a megfigyelés során eltűnik, és a korpuszkuláris viselkedés jelenik meg. És valóban, a rések megvilágításával történő megfigyelés azt mutatja, hogy felvillanás mindig csak egyik vagy másik részben történik, mindkettőben sosem.

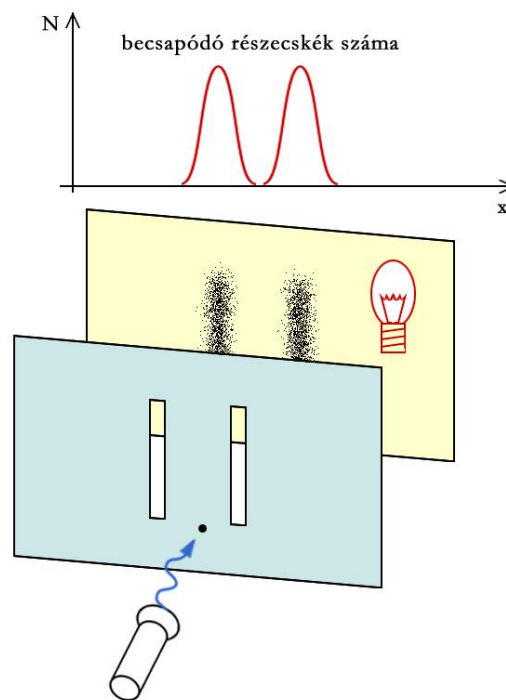
4. ábra

Hullámos viselkedés és interferencia mintázat a rések megfigyelése nélkül



5. ábra

Korpuszkuláris viselkedés a rések megvilágítással történő megfigyelése esetén



(3.4.4) Elméleti szempontból a következő megállapításra kell jutnunk: a megfigyelés lehetetlen, ha ez alatt valami olyasmit értünk, hogy egy tárgy adott állapotának – azaz a megfigyelés hatásaitól független, lényegében *megfigyelés előtti állapotának* – megfigyelését várjuk eredményként. A beavatkozó megfigyelés esetében ily módon nem a megfigyelés tárgya kerül megfigyelésre, hanem maga a megfigyelés, a megfigyelés eseménye.²³ Ez az ismeretelméleti probléma vázlatosa.

Ebből a szempontból a megfigyelés mint kölcsönhatás esetében fel kell adni az objektivitás nagy múltú filozófiai, klasszikus eszményét, ha ennek az egyik feltétele az, hogy a

²³ A probléma egyik megfogalmazása: „Az anyag legkisebb építőköveivel kapcsolatos minden megfigyelési folyamat azonban a folyamat durva megzavarását jelenti; a részecskének a megfigyelési folyamatától független viselkedéséről egyáltalán nem is lehet már beszélni. Ez végső soron azt jelenti, hogy a kvantummechanikában matematikailag formulázott természettörvények nem az elemi részecskékre mint olyanokra vonatkoznak, hanem az elemi részecskékre vonatkozó ismereteinkre. Az a kérdés tehát, hogy ezek az elemi részecskék „mint olyanok” térben és időben léteznek-e, ebben a formában egyáltalán fel sem vethető, mert hiszen csak azokról a folyamatokról beszélhetünk, amelyek akkor játszódnak le, amikor az elemi részecskéknél valamilyen más fizikai rendszerrel, például mérőberendezéssel való kölcsönhatásból próbáljuk kideríteni a részecske viselkedését.” (Heisenberg 1979: 11–12)

megfigyelő (a szubjektum) és a megfigyelés tárgya (az objektum) elvben is elválasztható egymástól.²⁴

A kvantummechanika több képviselője erre a problémára a következő megközelítést javasolja: a megfigyelés tárgyát és megfigyelő berendezést – ami működésének része a kölcsönhatást kiváltó közvetítő, a fény is – egy rendszernek kell tekinteni. Ebben elvileg sem lehet szétválasztani a megfigyelés tárgyát és a megfigyelőt.²⁵ Ennek a posztulálásnak megszemelő elméleti, filozófiai és módszertani következményei vannak, amelyekre most nem térünk ki.

(3.4.5) A kvantumjelenségek létre számos közvetett bizonyíték utal. A közvetlenül megfigyelhetetlen megkettőződés – általános megnevezéssel: szuperpozícióval²⁶ – és a hullámos terjedéssel számolni lehet. A feltételezett hullámfüggvény alapján bonyolult folyamatok modellezhetők, és megjósolható, hogy mi lesz az eredmény, ha egy adott időpontban a beavatkozó megfigyelés megváltoztatja a feltételezett kvantumfolyamatokat.

Bár a beavatkozó megfigyelés alapvető ismeretelméleti kérdéseket hordoz, technikailag felhasználhatóak. Az ilyen elképzelésekre épülnek például a modern kvantumszámítógépek: az egymással összefüggő szuperpozíciós állapotok és hullámos jellegű evolúciójuk valamint a hullámok kollapszusát előidéző mérések számítási folyamatokként és műveletekként határozhatók meg. Ám adatolvasással mint beavatkozó megfigyeléssel, mégsem lehet kiolvasni a számítógépben folyó bonyolult, a szuperpozíciós állapotokon alapuló folyamatokat, összefüggéseket, hiszen azonnal bekövetkezik a változás. Az eredmény pedig csak jele az adatolvasás hatását megelőző állapotokénak. A kvantumszámítógép teljesítménye mégis nagyságrendekkel nagyobb a klasszikus fizikán alapuló hagyományos számítógépekének.²⁷

3.5 A beavatkozó megfigyelés – kommunikációs jelenség

(3.5.1) A beavatkozó megfigyelés fentebbi leírása nem ad átfogó képet a kvantumfizikáról, és a két-rés kísérlet további elemzése is számos olyan következtetésekre vezethetne, amelyek alapvetőek a kvantummechanikában, ennek felfejtését nem tekintettük célnak. Ehelyett a kísérletben megmutatkozó problematika egy sajátos és szűk fókuszát emeltük ki. Megfontolásunk az volt, hogy az ismeretelméleti szempontok megrajzolása szolgálhat olyan általános alapként, amelyen a beavatkozó megfigyelést kommunikációs jelenségként tudjuk értelmezni. Ugyanakkor pedig arra is törekszünk, hogy a lehetséges meghatározás hasonlítson ahhoz amit a proaktív látás elemzésénél megállapítottunk.

²⁴ Az állítás és háttéré a C. mellékletben került tárgyalásra.

²⁵ A probléma ugyanazon megfogalmazása pl. Wigner 1979: 142 és Bohr 1979: 46, különböző megoldáskeresésekkel.

²⁶ A szuperpozíció jelenségének leírása a B. mellékletben (B.2.1) pontnál található.

²⁷ A szuperpozíció és egy ehhez hasonló, úgynevezett összefonódás jelenségét magában foglaló *qubit* (a kvantum bit) és az ezen alapuló számítógépek kialakítására vonatkozó elképzelések és kutatások jó áttekintését adja az angol Wikipédia (https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_computing), méretes irodalomjegyzéket nyújt a tájékozódáshoz. A gyakorlati felhasználásra irányuló elképzelések jelentőségét jelzik az IBM keretében folyó kutatások is, betekintés lehet nyerni a honlapjukon is: <https://www.research.ibm.com/ibm-q/learn/what-is-quantum-computing/>. A kvantumeffektusokon alapuló számítógépek működésével kapcsolatos tervek azonban továbbra is alapvető elméleti kérdéseket hordoznak, amelyek kitűnnek az olyan vita-leiratokból, mint pl. a 2003-as Nemzetközi Szimpózium a Fluktuációkról és Zajról (The International Symposium on Fluctuations and Noise (FaN'03)) plenáris vitájáé. (Abbott–Davies–Pati 2008: 313–348)

(3.5.2) Általánosságban leszögezhetjük, hogy maga az ismeretelméletiként megfogalmazható probléma jele annak, hogy a beavatkozó megfigyelés nem a megfigyelés tárgyának valamiféle izomorf leképezése, reprezentációja, hanem sajátos „többlet” keletkezik. Fizikai szempontból erre a többletre utal az, hogy a megfigyelést megelőző és utáni állapotok között nincsen determinisztikusan kauzális kapcsolat. Ha így lenne, a két állapot közötti átmeneti folyamat természeti törvény formájában lenne megfogalmazható.²⁸

Kommunikációs szempontból ennek a természeti törvényekhez képest „többletnek” lehet jel funkciója, amely jelentéshordozó.²⁹ Ez a „többlet” információelméleti szempontból is értékelhető, hiszen az információ fogalmát általában valamilyen eltérésként definiálják a maximális valószínűségű eseményekhez vagy ezek recepciójához képest³⁰ – itt ez az eltérés a determinisztikus természeti törvényekhez képest adható meg.

Ugyanakkor pedig azt is láttuk, hogy ez a „többlet” éppen a megfigyelés hatására jön létre. A beavatkozó megfigyelést ezért kommunikációs szempontból sajátos kölcsönhatásként fogjuk meghatározni. A megfogalmazásnál törekszünk a lehető legnagyobb fokú általánosításra, abból az okból kifolyólag, hogy ez különböző jelenségekre vonatkoztatható legyen. Így ez a kutatásunk esetében egyfajta „nyitott” hipotézisként szolgálhat.

(3.5.3) *Szignifikációs kölcsönhatásnak* nevezzük azt a klasszikus fizikai kölcsönhatás-fogalomnál tágabban értelmezett kölcsönhatás-típust, amely egy kvantumosan viselkedő jelenség és környezete között jön létre, olyan módon, hogy

- ◆ ez a környezet meghatározható összefüggőként,
- ◆ ez a környezet a megfigyelés (mérés) eszközeként (berendezéseként) vagy ennek részeként, ezzel összefüggőként határozható meg,
- ◆ a kölcsönhatás ezek után értelmezhető a kvantumos jelenség és megfigyelés (mérő-eszköz) kölcsönhatásaként,
- ◆ a kölcsönhatás alapvető változást okoz a jelenség kölcsönhatást megelőző állapotában (az alapvető változás azt jelenti, hogy a kölcsönhatást megelőző állapotot leíró természeti törvény és a kölcsönhatást leíró természeti törvény nem egyesíthető vagy nem határozható meg ellentmondásmentesen, ez azt is jelenti, hogy a kölcsönhatást megelőző állapot nincsen determinisztikus oksági viszonyban a kölcsönhatással keletkezett állapottal),
- ◆ a kölcsönhatás és következményei függvényei a megfigyelés (mérőeszköz) struktúrájának,
- ◆ a kölcsönhatás következménye ebben a keretben jelként funkcionál (másként fogalmazva jelentéssel tud bírni),

²⁸ A kvantummechanikában jelentős okság és determinizmus problémájának rövid tárgyalása a D. mellékletben olvasható.

²⁹ A „többlet” fogalmán alapuló megközelítés Horányi 1999 értelmezésén alapul: „Nevezzük a kommunikátum azon konstituensét, amelyet anyagszerűnek tekintettünk *szignifikánsnak*, s nevezzük azt a másikat, amely a kommunikátumban, mint eszközben többletként van jelen, *szignifikátumnak*.” (2.1.2.2.1). Eszerint a klasszikus fizikai leírás tárgya lehet szignifikáns, amelyhez képest megjelenik egy olyan többlet, amely mivel nem tartozik e fizikai törvényei alá, jelentéshordozó lehet. Az itteni értelmezésünk azonban nem állítja hogy ez a többlet a klasszikus fizikai leírás szignifikátuma lenne. Mi több, ismeretelméleti problémaként azonosítható, mint láttuk. Leírásunk, tehát, megállapítja, hogy a klasszikus fizikai értelemben vett anyagszerűséghez, mint szignifikánshoz lépezt létrejön egy többlet, ennek értelmezését azonban az alább meghatározásra kerülő szignifikációs kölcsönhatás fogalmának keretében látja elhelyezhetőnek.

³⁰ Ld. Shannon információs modelljét: Shannon 1948.

- ◆ a kölcsönhatás következménye mint jel a kölcsönhatást megelőző állapotra és az azt meghatározó természeti törvényre utal (de ez egy specifikus jel-típus, mivel ez egy nem determinisztikus oksági utalást, vonatkozást jelent, mint láttuk fentebb),
- ◆ a kölcsönhatás megváltoztatja a megfigyelési eszközként (mérőberendezésként) értelmezett és kialakított környezet állapotát,
- ◆ ez az állapotváltozás meghatározó a későbbi megfigyelések (mérések) tekintetében,
- ◆ a megváltozott állapot kezdeti feltételnek tekinthető, amely nem vezethető vissza a kölcsönhatás előtti állapotokra (azaz nem vezethető le valamely törvény alapján, hiszen a törvény megváltozása történt a kölcsönhatásban).

Ezzel egy általános meghatározást adtunk a kvantummechanikai beavatkozó megfigyelés (mérés) kommunikációs-szemantikai értelmezésére. A lehetséges specifikus értelmezések nagy mértékben attól függenek, hogy mit lehet megfigyelési eszköznak (mérőberendezésnek) tekinteni, azaz mit lehet a kölcsönhatásba lépő környezet esetében összefüggőnek tekinteni.

4. A RETINA MINT KVANTUMMECHANIKAI MÉRŐESZKÖZ

(4.1) A *Proaktív látás* és *A beavatkozó megfigyelés* c. fejezetekben két olyan területet vizsgáltunk meg, amelyek tudományterületi, elméleti szempontból nem érintkeznek egymással. A leírások mindkét esetben egy-egy problematikát jártak körbe, amelyek meghatározóak egyik és másik területen. Ebben a fejezetben e két terület elvi összekapcsolására teszünk kísérletet.³¹

(4.1.1) A *Proaktív látás* esetében bemutattuk a percepciós és kategorizációs jelenségeket, amelyek arra világítottak rá, hogy a látás során nem egy egyszerű leképezés történik, amely során a szembe érkező fény mintázata izomorf módon reprezentálódik a retinán elektromos jelek formájában, hanem ez a recepció aktívan befolyásolt. A szakirodalom és a kutatások alapján amellet érveltünk, hogy nincsenek nyers érzetadatok, amelyek e leképezést jelentenék, hanem olyan percepciós események mennek végbe, amelyek során a recepció kategorizálásokban történik. E kategorizálások nem utólagosak, nem a későbbi feldolgozásban jönnek létre, hanem a recepció eseményében vannak jelen.

Mint utaltunk rá, a percepciós és kategorizációs jelenségek kutatásának egyik fő kérdése annak azonosítása vagy meghatározása, hogy milyen szinteken történnek ezek: a tudatos vagy a nem tudatos feldolgozásokban, a retina és agy egységében vagy pedig a retina és különböző agyi központok rendszerében, más kutatások a látás kulturális és társadalmi meghatározottságát mutatják meg. A mi kutatásunk a retinát jelölte meg olyan egységként, amely elemi szinten képes kategorizációs és percepciós nevezhető feldolgozásokra. Ezen a szinten a recepció eseményét *szignifikációs kölcsönhatásnak* definiáltuk. (Magasabb szinteken, ahol a tudatosságnak vagy akár a társadalmiságnak a kérdése is felvetül, szignifikációs aktusról lehetne beszélni – ezzel a szinttel viszont nem foglalkoztunk.)

³¹ A különböző típusú elvek megfogalmazásának elsősorban a természettudományokban, kiváltképpen a fizikában van jelentősége. Ezek olyan általánosítások, posztulátumok, amelyek nem természeti törvények, ám összekapcsolhatnak természeti törvényeket vagy ezek meghatározott kereteit jelölik ki. A jelen esetben meghatározásra kerülő elv két össze nem függő jelenségkör közös keretbe illeszthetőségét predikálja. A konfirmáló kutatások pontosabb és megalapozottabb meghatározáshoz vezethetnek. Ebben a témában, a jelentősebb, nagy hatókörű fizikai elvek elemzésében klasszikusnak számítanak Wigner elemzése, kutatásai, ld: Wigner 2005 *Invariancia a fizikai elméletekben, Szimmetria és megmaradási tételek, Az invariancia-elvek szerepe a természetfilozófiában, Események, természettörvények és invariancia-elvek, A szimmetriaelvek 50 éve* c. írásait.

(4.1.2) *A beavatkozó megfigyelés* c. fejezetekben bemutattuk a kvantummechanika egyes elméleteinek alapproblémáját, amely szerint a mikroobjektumok tartományában a mérés során nem egy egyszerű leképezés történik, amely során a mérőeszköz izomorf módon reprezentálja a megfigyelés tárgyát, hanem a mérés eseménye alapvetően befolyásolja ezt. A szakirodalom és a kutatások alapján amellet érveltünk, hogy nem lehetséges megfigyelendő jelenségekről beszélni, amelyek a leképezést meghatároznák, hanem olyan események mennek végbe, amely során a megfigyelés „megváltoztatja” a természeti törvényeket. (A „megváltoztatja” értelmét kifejtettük.) E változások nem utólagosak abban az értelemben, hogy a mérési eredmények feldolgozásában keletkeznének, hanem a megfigyelés vagy mérés eseményében jönnek létre. (Észrevehetjük, hogy lehetséges volt ahhoz hasonló megfogalmazást adni, mint a kategorizálás, percepció fentebbi leírásánál.)

Mínthogy a beavatkozó megfigyelés során a megfigyelés (mérés) eredményét éppen a mérés eseménye alapvetően befolyásolja, ezt az eseményt *szignifikációs kölcsönhatásnak* definiáltuk.

(4.2) Az eddigi eredmény tehát az, hogy két nagyon különböző jelenségkör esetében definálhattuk ugyanazt a fogalmat, a szignifikációs kölcsönhatást, amellyel egy általánosabb elvre utalhattunk. Egy *kommunikációs elvre*, amely a szignifikáció – azaz a jel és jelentésképződés – egy sajátos, kölcsönhatásba ágyazott fajtáját jelenti. Sajátosságát alapvetően az adja, hogy nem lehet elvonatkoztatni ettől a kölcsönhatástól.³²

(4.2.1) Kommunikációs szempontból általánosan megfogalmazható, hogy *jel* akkor jön létre, ha egy jelenség valamely rendszer vagy ennek valamely folyamatának részévé válik, és ezáltal olyan funkciót nyer, amely a rendszer szempontjából a jel *jelentéseként* azonosítható (ez a jelenség rendszerbeni „értelme”). Ugyanakkor az adott jelenség valamilyen, a rendszerhez képest külső meghatározottságban is áll, vagy külső jelenséghöz kapcsolódik. *Szignifikációnak* nevezzük a jelentéssel bíró jel-funkció létrejöttét. Bár a jel-jelentés szemiotikai kérdése jóval komplexebb, az itteni specifikus tárgyaláshoz nem szükséges ennél messze menőbb meghatározást adnunk.³³

(4.2.2) A tanulmányban érintett jelenségek esetében a jel-funkcióknak látványos indikátorai az „elméletváltások”. Így például egy fizikai szempontból leírható jelenség (egy retinabeli molekulába csapódó foton elektron „lökete”) biológiai jel-funkciót nyer egy biológiai szempontból leírható struktúrában meghatározott folyamatokban. A korábbi klasszikus fizikai példában a víz hőmérséklete mint fizikai jelenség a hőmérő struktúrájában (a hőmérő „elmélete” szerint), a higanyszál hosszúságában nyer jel-funkciót. Továbbá jel-funkciót tulajdonítottunk a fény kvantumfizikai „elméletváltásának”, amikor a hullámtulajdonságok nem determinisztikusan korpuszkuláris tulajdonságokba „ugrottak”. Jel-funkciót jelez, tehát, a leírás szintjén, ha egy jelenség detekció előtti leírásához képest a detekció utáni állapot leírásához új elméleti konstrukciót kell igénybe venni.

(4.3) Az itt vizsgált jelenségek szempontjából általánosságban megállapíthatjuk, hogy önmagukban klasszikus fizikaiként azonosítható jelenségek jel-funkciót nyerhetnek rendszerként tekinthető struktúrák folyamataiban. Ez a funkció egyfajta *többletet* jelent a fizikai leíráshoz képest, mivel a fizikai tulajdonságok nem határozzák meg törvényszerűen vagy determinisztikusan az adott rendszerben nyert jel-funkciójukat.³⁴ (Természetesen a jel-funkció

³² Ezt a sajátosság azzal szemben jelenik meg, amikor a kölcsönhatásoktól lehetséges elvonatkoztatni különböző technikai-módszertani eljárásokkal, ld. a 3.2 *A beavatkozó megfigyelés – módszertani probléma a klasszikus fizikában* c. alfejezetet.

³³ Ld. pl. Horányi–Szépe 2004.

³⁴ Ld. még a 29. lábjegyzetet.

nincsen ellentmondásban a fizika törvényeivel.) A leírás szintjén ezt a többletet jelzi az, hogy a fizikai leíráshoz képest új elméleti leírást kell bevezetni (például a látás esetében biológiai, fiziológiai, pszichológiai vagy akár kulturális összefüggéseket).

(4.5) A klasszikus fizikai leíráshoz viszonyított többletnek a feldogozott jelenségek esetében volt még egy másik forrása is: az, hogy mind a látást meghatározó kategorizációs jelenségek, mind a kvantummechanikai mérések esetében proaktivitás, beavatkozás jött létre – ezek a megfigyelés tárgyával olyan kölcsönhatást hoztak létre, amelytől nem lehetett elvonatkoztatni. A *szignifikációs kölcsönhatás* kifejezésben erre utal a második tag. Amennyiben ettől a kölcsönhatástól lehetséges különböző módszertani vagy technikai utakon elvonatkoztatni, elegendő lehet csak a *szignifikáció* terminus használata, ami megfelel a szemiotika által tárgyalt legtöbb „klasszikus” esetnek, ahol a jel-funkció létrejöttét nem szükséges kölcsönhatás-eseményként tárgyalni.

4.6 Összegzés

A *szignifikációs kölcsönhatás* fogalma egy olyan általános elvet fejez ki, amely kommunikációs szempontból magában foglalja a látás proaktivitásként értelmezett kategorizálási és percepciósi jelenségeit valamint a kvantummechanikai beavatkozó megfigyelésként értelmezett mérési jelenségeket.

A szignifikációs kölcsönhatás mindkét esetben azt jelenti, hogy:

- ◆ egy olyan kölcsönhatást kell értelmezni, amely egy fizikai hordozó – a fény vagy fotonok együttese – és egy strukturált környezet között jön létre,
 - a strukturált környezet egyik esetben a retina volt, a másik esetben a kétrés-kísérlet berendezése;
- ◆ a kölcsönhatás kifejezés arra utal, hogy a fizikai hordozó mintázatai, összefüggései nem egyszerűen áttevődnek, leképeződnek a strukturált környezetre, hanem mindkettő állapotváltozáson megy keresztül,
 - előbbi alapvető változást szenvedhet el (ezzel szemben az áttevődés vagy leképeződés fizikai szempontból azt jelenthetné, hogy a mintázat minden egyes elemének megfeleltethető a struktúra egy-egy eleme, és előbbieket determinisztikus kauzális hatást fejtenének ki az utóbbiakra);
- ◆ a kölcsönhatás szignifikációs abban az értelemben, hogy a strukturált környezet állapotában bekövetkezett változások jel-funkcióval és jelentéssel bírnak, pontosabban fogalmazva:
 - a strukturált környezet állapotának változása nem destruktív vagy kaotikus (nem növekedik irreverzibilis módon az entrópiával kifejezhető rendezetlenség), hanem strukturálisnak tekinthető e változás;
 - a strukturális változás egy olyan „többlet”, amely túlmutat a kölcsönhatásban közvetlenül részt vett elemeken bekövetkezett – klasszikus fizikával leírható – változásokon (egyik esetben a retina neuronhálózatában történik változás, a másik esetben a természeti törvények „manipulálásának” jelei jelennek meg);
 - a strukturális változások tér és időbeli kiterjedéssel valamint sajátos mintázatokkal rendelkeznek (a strukturális változások térben és időben kiterjedtebbek, mint a klasszikus fizikai szempontból meghatározott kölcsönhatásoknak tulajdonítható közvetlen változások térbeli és időbeni kiterjedései), amelyek

- létrejöttét az előzetesen adott struktúra által biztosított feltételek teszik lehetővé (metaforikusan fogalmazva: a struktúra „felkészült” vagy „felkészített” a kölcsönhatás nyomán keletkező strukturális változásokra³⁵);
- ◆ a kölcsönhatás eseménye szignifikációs abban az értelemben is, hogy ez beavatkozást jelent, „többletet” visz a kölcsönhatást megelőző helyzetbe
 - ennek az a következménye, hogy a fizikai hordozó kölcsönhatás előtti állapotára, mintázatára csak egy nem determinisztikusan meghatározott kölcsönhatás alapján lehetséges következtetni; ez a kérdés azonban már inkább elméleti: a kölcsönhatás következményeiből determinisztikusan tulajdonképpen nem rekonstruálható (vagyis például a 3. ábrán látható Mach-sávok észleletéből nem következtethetjük ki azt, hogy a sávok homogén színűek, erre más körülményekből következtethetünk esetleg, például megpróbáljuk rekonstruálni a Mach-sávok készítőjének szándékait (ld. még az E. mellékletet); a kétrés-kísérletben nincs közvetlen bizonyíték arra, hogy a foton mindkét résen áthaladt, mégis ennek a paradox lehetőségnek a magyarázatára jött létre a kvantummechanika).

4.7 Néhány általánosabb kutatási hipotézis

(4.7.1) A szignifikációs kölcsönhatás fogalmán alapuló értelmezés transzformálható egy az információ fogalmán alapuló modellbe is. Ha az információ valamely esemény bekövetkezésének a váratlanságát, azaz valószínűtlenségének (vagy ha úgy tetszik valószínűségének) a mértékét fejezi ki, akkor minden nem-determinisztikusan létrejött esemény információt hordozhat. Ebben az értelmezésben ha egy determinisztikus okozatként megjelenő esemény valószínűsége 100%, akkor információ-értéke nulla. Egy nem-determinisztikus okozat valószínűsége kevesebb lesz 100%, ez az eltérés fogja jelenteni a nem nulla értékű információt. Ez az információ-érték megfeleltethető annak a „többletnek”, amely jelentéssel bíró jellé tesz egy eseményt. Így a jel egy információ-értékkel jellemezhető.

(4.7.2) A szignifikációs kölcsönhatás fogalma tehát egy elvet takar. Alighanem általánosabb és absztraktabb megfogalmazás is adható lenne rá, ha további következtetéseket vizsgálnánk meg. Az eddigiek, a proaktív látás és a beavatkozó megfigyelés egyfajta példái ennek az elvnek.³⁶

(4.7.3) Bár a szignifikációs kölcsönhatás fogalmának meghatározása elsősorban egy elméleti megközelítésként történt, amelynek az volt a célja, hogy két fedésben nem levő

³⁵ A felkészültség fogalmáról ld. Horányi 2009.

³⁶ A szignifikációs kölcsönhatás elve azonban ennél általánosabb is lehet. Ebben az elgondolásban lehetséges a speciális és az általános relativitáselméletben (Einstein 2003) alapvető szerepet kapó vonatkoztatási rendszerre is úgy tekinteni mint strukturált környezetre, mérést lehetővé tevő – még ha csak absztrakt – objektumra, amely kölcsönhatásba kerül bizonyos közvetítővel (más vonatkoztatási rendszerekből érkező fénysugarakkal, gravitációs hatásokkal). Ennek az a következménye, hogy a térre és időre vonatkozó értékek ebben a kölcsönhatásban jönnek létre, aminek viszont az a következménye, hogy a különböző vonatkoztatási rendszerekben eltérőek lehetnek ezek az értékek (például lassabban jár az idő egy viszonylagosan egyenletesen mozgó vagy egy gravitációs térben található vonatkoztatási rendszerben). A szignifikációs „többlet” abban a kölcsönhatásban jön létre, amely nem független az adott vonatkoztatási rendszertől. A szignifikáció azt mutatja meg, hogy a kölcsönhatást mely vonatkoztatási rendszerben kell értékelni, hol keletkeznek a teret és időt kifejező értékek. A tér és idő a vonatkoztatási rendszerekben és az ezek közötti viszonyokban jön létre. A megfogalmazás itt most kétségtelenül elnagyolt, ám lehetőleg egyszerűen utalni szeretnénk volna egy lehetséges elképzelésre.

jelenségterület összekapcsolhatóságának lehetőségére mutasson rá, cél volt az is, hogy praktikus is olyan elképzelhető kutatási helyzetek megalkotására vezessen, amelyben konkrét mérések végezhetőek. Az, hogy két különböző jelenség esetében tettünk kísérletet ugyanazon fogalom definíciójára, jelentheti ugyanazon elv érvényesülését, de jelentheti azt is, hogy e jelenségek adott helyzetben összekapcsolódhatnak, „kompatibilisek”, vagy jelentheti azt is, hogy felvethető ugyanazon jelenség két különböző elméleti rendszerben való modellálhatósága, értékelése. A „kompatibilitás” annak hipotézise, hogy a retina struktúrája és működése adott esetben alkalmas lehet arra, hogy a kétrés-kísérletben látott jelenségek kialakulását is lehetővé tegye, így lehetővé tegye szuperpozíciók megjelenését és beavatkozó megfigyelésként (mérésként) értékelhető manipulációkra legyen képes. A két elméleti rendszerben való modellálhatóság annak hipotézise, hogy a retinában megjelenő bizonyos kölcsönhatás-mintázatok leírhatók az idegi struktúrák és működésük alapján, de leírhatók kvantumjelenségekben létrejövő mintázatokként is.³⁷

Az ezeknek esetleg megfelelő mérési eredmények további következményekre vezethetnek.

IRODALOM

- Abbott, Derek – Davies, Paul C.W. – Pati, Arun K. (2008) *Quantum aspects of life*. London, Imperial College Press.
<http://bacon.umcs.lublin.pl/~lukasik/wp-content/uploads/2010/12/Abbott-Derek-Davies-Paul-C.-Pati-Arun-eds.-Quantum-Aspects-Of-Life-Imperial-College-Press-2008.pdf>
- Ágoston Hugó (szerk.) (1979) *Fizika és megismerés*. Bukarest, Kriterion.
- A kifejtett új elgondolások általános vitája. Kauzalitás. Determinizmus. Valószínűség. In: Einstein, Albert (1971) *Válogatott tanulmányok*. Budapest, Gondolat.
- Al-Khalili, Jim – McFadden, Johnjoe (2017) *Az élet kódja*. Budapest, Libri.
- Anderson, James A. (1996) *Communication Theory: Epistemological Foundations*. New York, Guilford. Magyarul: *A kommunikációelmélet ismeretelméleti alapjai*. Budapest, Typotex, 2005.
- Atkinson, Rita L. – Atkinson, Richard C. – Smith, Edward E. – Bem, Daryl J. (1994) *Pszichológia*. Budapest, Osiris.
- Bohr, Niels (1976) *Niels Bohr, Collected Works, Volume 3, The Correspondence Principle (1918–1923)*, 3. (eds: Rosenfeld, Leon – Nielsen, Rud J.) Amsterdam, North-Holland.
- Bohr, Niels (1979) Az atomok és az emberi megismerés. In: Ágoston 1979, 37–53.

³⁷ Hogy az itteni gondolatok nem is tekinthetők teljesen előzmény nélküliek, példázza a kvantumbiológia egyik leginkább kutatott és dokumentált eredménye, amely egyes vándormadaraknak a Föld mágneses terének érzékelését magyarázza. Eszerint a recepciót a madarak szemében található kriptokrom fehérjék egy különleges állapota teszi lehetővé, amely kvantumos összefonódáson alapul (az összefonódás jelensége hasonlít a két-rés kísérletnél leírt szuperpozícióra). Így a feltételezések szerint a madaraknak látási élményük is van a Föld mágneses mezejéről. Az itteni értelmezésünk szerint az összefonódott állapot olyan térbeni kiterjedést képvisel, amely biológiai recepciós mezőként nyilvánul meg, és a mágneses mezővel való szignifikációs kölcsönhatásban hozza létre a percepciót. A kutatást áttekintő ismeretterjesztő nyelvezetű leírását a Al-Khalili–McFadden 2017-ben lehet olvasni, a kutatási cikkekre hivatkozásokkal.

- Bohr, Niels (1984) *Atomfizika és emberi megismerés*. Budapest, Gondolat.
- de Broglie, Louis (1979) Individualitás és kölcsönhatás a fizikai világban. In: *Ágoston 1979*, 80–98.
- Bruner, Jerome S. (2004) A perceptuális készenlétről. In: Pléh Csaba – Boross Ottilia (szerk.) (2004) *Bevezetés a pszichológiába. Szöveggyűjtemény*. Budapest, Osiris, 236–265.
- Carnap Rudolf (1999) Ellenőrizhetőség és jelentés. In: Forrai–Szegedi 1999, 23–29.
- Cassirer, Ernst (2007) *A felvilágosodás filozófiája*. Budapest, Atlantisz.
- Csépe Valéria – Györi Miklós – Ragó Anett (szerk.) (2007) *Általános pszichológia 1. Észlelés és figyelem*. Budapest, Osiris.
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_520_altalanos_pszichologia_1/index.html
- Davies, Paul C. W. (2008) A Quantum Origin of Life? In: Abbott–Davies–Pati 2008, 3–18.
https://doi.org/10.1142/9781848162556_0001
- Descartes, René (1994) *Elmélkedések az első filozófiáról*. Budapest, Atlantisz.
- Dreams versus Reality: Plenary Debate Session on Quantum Computing. In: Abbott–Davies–Pati 2008, 313–348.
- Einstein, Albert (2003) *A speciális és általános relativitás elmélete*. Budapest, Kossuth.
- Einstein, Albert – Podolsky, Boris – Rosen, Nathan (1935) Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete? *Physical Review* 47, 10, 777–780.
<https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRev.47.777>
- Elitzur, Avshalom C. – Vaidman, Lev (1993) Quantum Mechanical Interaction-Free Measurements. *Foundations of Physics* 23(7)., Cornell University Library.
<https://arxiv.org/abs/hep-th/9305002>, <https://doi.org/10.1007/BF00736012>
- Feynmann, Richard Ph. (1983) Valószínűség és határozatlanság – a természet kvantummechanikai szemlélete. In u.ő.: *A fizikai törvények jellege*, Budapest, Magvető. 208–244.
- Fonyó Attila (1999) *Az orvosi élettan tankönyve*. Budapest, Medicina.
- Forrai Gábor (1984) *Rudolf Carnap*. Budapest, Kossuth.
- Forrai Gábor – Szegedi Péter (szerk.) (1999) *Tudományfilozófia. Szöveggyűjtemény*. Budapest, Áron Kiadó.
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_537_Tudomanyfilozofia/adatok.html
- Forrai Gábor (2014) *Kortárs nézetek a tudásról*. Budapest, L’Harmattan.
- Forshaw, Cox – Jeff, Brian (2013) *A kvantum világegyetem*. Budapest, Akkord.
- Fülöp Géza (1996) *Az információ*. Budapest, ELTE Könyvtártudományi – Informatikai Tanszék. <http://mek.oszk.hu/03100/03118/html/>
- Gribbin, John (2012) *Schrödinger macskája. Kvantumfizika és valóság*. Budapest, Akkord.
- Hacking, Ian (1999) Kísérletezés és tudományos realizmus In: Forrai–Szegedi 1999, 370–380. Elérhető interneten:
https://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/2011_0001_537_Tudomanyfilozofia/ch27.html
- Hebb, Donald O. (1949) *The organization of behavior*. New York, Wiley.

- Hebb, Donald O. (1994) *A pszichológia alapkérdései*. Budapest, Gondolat–Trivium.
- Heisenberg, Werner (1967) *Válogatott tanulmányok*. Budapest, Gondolat.
- Heisenberg, Werner (1979) Korunk fizikájának világgépe. In: *Ágoston 1979*, 5–26.
- Hjelmlev, Louis (2004) A jel glosszemikus megközelítése. In: Horányi–Szépe 2004, 137–156.
- Holmes, Rebecca M. – Victora, Michelle M. – Wang, Ranxiao Frances – Kwiat, Paul G. (2018) *Testing the limits of human vision with quantum states of light: past, present, and future experiments*. Cornell University Library.
<https://arxiv.org/abs/1806.08430>, <https://doi.org/10.1117/12.2306092>
- Horányi Özséb (1999) A személyközi kommunikációról. In: Béres István – Horányi Özséb (szerk.): *Társadalmi kommunikáció*. Osiris, Budapest. 57–85. Elérhető interneten:
http://www.communicatio.hu/konyvek/beres_horanyi_tarsadalmi_kommunikacio/tartalom.htm
- Horányi Özséb – Szépe György (szerk.) (2004) *A jel tudománya. Szemiotika*. Budapest, General Press.
- Horányi Özséb (2009) Arról, ami szignifikatív és arról, ami kommunikatív; valamint arról, ami problematikus (szinopszis, 7.3 változat). In Bagdy E. – Demetrovics Zs. – Pilling J. szerk., *Polihistória. Köszöntők és tanulmányok Buda Béla 70. születésnapja alkalmából*, Budapest, Akadémiai, 201–235. Elérhető interneten:
http://ozseb.horanyi.hu/participacio/szinopszis7_3.htm
- Horányi Özséb (2017) A dolgok állása. Szinopszis. *Jel-Kép 2017/1KLSZ*, 1–25.
<http://communicatio.hu/jelkep/2017/1klsz/tartalom.htm>,
<https://doi.org/10.20520/JEL-KEP.2017.1.KLSZ.1>
- Horodecki, Ryszard – Horodecki, Paweł – Horodecki, Michał – Horodecki, Karol (2009) Quantum entanglement. *Reviews of Modern Physics* 81, 865.
<https://journals.aps.org/rmp/abstract/10.1103/RevModPhys.81.865>,
<https://doi.org/10.1103/RevModPhys.81.865>
- Kállai János – Bende István – Karádi Kázmér – Racsmány Mihály (2008) *Bevezetés a neuropszichológiába*. Budapest, Medicina.
https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_524_Bevezetes_a_neuropsychologia/adatok.html
- Kolb, Helga – Fernandez, Eduardo – Nelson, Ralph (editors) (2007) *Webvision. The Organization of the Retina and Visual System*. <http://webvision.med.utah.edu/>
- Komenczi Bertalan (2011) *Információelmélet*. Eger, Médiainformaticai kiadványok.
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0005_20_informacioelmelet_pdf/20_informacioelmelet.pdf
- Kusnyerik Ákos – Rózsa Balázs – Veress Máté – Szabó Arnold – Németh János – Maák Pál (2015) Modeling of in vivo acousto-optic two-photon imaging of the retina in the human eye. *Optics Express*, Sep 7, 23 (18): 23436–49.
<https://doi.org/10.1364/OE.23.023436>
- Laki János (1999) Madár-e a denevér? A természeti fajták természetessége. In: Neumer 1999, 283–322.
- Lindeberg, Tony (2013) Invariance of visual operations at the level of receptive fields. *PLOS One*, July 19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066990>

- Neumer Katalin (szerk.) (1999) *Nyelv, gondolkodás, relativizmus*. Budapest, Osiris.
- Penrose, Roger – Shimony, Abner – Cartwright, Nancy – Hawking, Stephen (1997) *The Large, the Small and the Human Mind*. Cambridge, Cambridge University Press. Magyarul: *A nagy, a kicsi és az emberi elme*. Budapest, Akkord Kiadó, 2003.
- Perlman, Ido (2007) The Electroretinogram. In: Kolb–Fernandez–Nelson 2007.
<http://webvision.med.utah.edu/book/electrophysiology/the-electroretinogram-erg/>
- Pléh Csaba – Siklaki István – Terestyéni Tamás (szerk.) (1997) *Nyelv, kommunikáció, cselekvés*, Budapest, Tankönyvkiadó.
- Plenary Debate: Quantum Effects in Biology: Trivial or Not? In: Abbott–Davies–Pati 2008, 349–380.
- Putnam, Hilary (1983) Reference and Truth. In: Putnam H.: *Realism and Reason. Philosophical Papers*. Vol 3. Cambridge, Cambridge University Press, 69–86.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511625275.006>
- Searle, John R. (1998) *Mind, Language and Society. Philosophy in the Real World*, Basic. Magyarul: *Elme, nyelv és társadalom. A való világ filozófiája*. Budapest, Vince, 2000.
- Sekuler, Robert – Blake, Randolph (1990) *Perception*. McGraw, Cornell University. Magyarul: Sekuler, Robert – Blake, Randolph *Észlelés*. Budapest, Osiris, 2000.
- Shannon, Claude E. (1948) *A Mathematical Theory of Communication*, Bell System Technical Journal, Vol. 27, 379–423, 623–656.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/6773024>,
<https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Simonyi Károly (2011) *A fizika kultúrtörténete*, Budapest, Gondolat.
- Smolin, Lee (2007) *The trouble with physics*. First Mariner Books. Magyarul: *Mi a gubanc a fizikával?* Budapest, Akkord Kiadó, 2011.
- Schwartz, Bennett L. – Krantz, John H. (2016) *Sensation and Perception*. Sage Publishers, Thousand Oaks, CA.
- Szabó Levente (2015) A modern természettudományok problémáinak kommunikáció-elméleti kutatásáról. *Jel-Kép* 2015/4, 113–122.
http://communicatio.hu/jelkep/2015/4/JelKep_2015_4_Szabo_Levente.pdf,
<https://doi.org/10.20520/Jel-Kep.2015.4.113>
- Szabó Levente (2017) Indukció a fizikai elméletekben – mint jelentés-konstrukció (szignifikációs) probléma. És egy „példatár”. *Jel-Kép* 2017/2KLSZ, 43–57.
http://communicatio.hu/jelkep/2017/2klsz/JelKep_2017_2KLSZ_Szabo_Levente.pdf
- Szentágothai János – Réthelyi Miklós (2002) *Funkcionális anatómia*. Budapest, Medicina.
- Veszprémi Tamás – Fehér Miklós (2011) A kvantummechanika axiómái. In (u.ő.): *A kvantumkémia alapjai és alkalmazása*. Educatio Társadalmi Szolgáltató Nonprofit Kft. TAMOP 4.2.5. pályázat könyvei.
https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_531_kvantumkemia/ch02.html
- Wartofsky, Marx W. (1977) *A tudományos gondolkodás fogalmi alapjai. Bevezetés a tudományfilozófiába*. Budapest, Gondolat.
- Wigner Jenő (1979) Kétfajta valóság. In: Ágoston 1979, 140–159.
- Wigner Jenő (2005) *Válogatott írásai*. Budapest, Typotex.

A. melléklet

A. A kutatás perspektívái, újdonságai

A kutatás több szempontból is újdonságot hordoz, néhányat emelünk ki alább, miközben egy általános áttekintést is adunk a kutatás háttéréről, kontextusáról, egyes hipotéziseiről és lehetséges következményeiről.

a.) Az interdiszciplináris összefüggés keresés és értelmezés nem idegen a kommunikáció-kutatásban, ám ezek a kiterjesztések, együttműködések a leginkább a humán- és társadalomtudományokon belül, leggyakrabban a társterületekhez kapcsolódóan jönnek létre. Ide sorolható elsősorban a szociológia, a pszichológia, a filozófia, kognitív tudományok – ezek lényegében úgy határolják a kommunikáció-tudományt, hogy annak önmeghatározásait is lehetővé teszik. Ebből a szempontból joggal állítható, hogy egy ilyen kutatás, amely több természettudományi területhez is kapcsolódik, mondhatni szokatlan, nem magától értetődően előértelmezett.

b.) A kutatás kiindulópontnak tekinti azokat a kognitív tudományi, pszichológiai kutatási és elméleti eredményeket, amelyek általában a percepcióra, specifikusan a vizuális percepcióra vonatkoznak. A kognitív elméletek alaphipotézisének tekinthető az a megállapítás, hogy az észlelés eseményei az előzetesen kialakult tapasztalatoknak, kategóriáknak és kognitív rendszereknek megfelelően vagy ezektől befolyásoltan jönnek létre.³⁸ Vagyis az észlelés nem független azoktól az állapotoktól, felkészültségektől, tudásoktól, amelyek nagyrészt az agyban, ennek egyes központjaiban – de a szemben, pontosabban a retinában is – lokalizálhatók. A kognitív kutatások ezért a percepciót az érzékszerv és agy egységének feltételezésével értelmezik.

Kutatásunk egyik alapfeltételezése szerint a vizuális érzékszerv ebben az egységben is önálló egységet képes alkotni. Ez azt jelenti, hogy a retina mint egység bizonyos elemi percepciós műveletekre is képes lenne. Köznapibb és metaforikusabb megfogalmazásban: míg állítani lehet, hogy a percepció „értelmes” látás, hiszen a szem az agy része, mi feltételezzük, hogy a szem önmagában is képes „értelmezésekre”, elemi kategorizálásokra. Kutatásunk ezért kiemelten kezeli a retinamintákon, retina tenyészeteken végzett vizsgálatokat.

c.) Az így elkülönített érzékelő rendszer működésének a vizsgálata azt az előnyt is magában hordozza, hogy a fizikai kutatási mérések is értékelhető eredményekre számíthatnak. Ugyanis kevésbé lehetne fizikai mértékegységekre vetíteni egy percepciós eseménynek a mérési eredményeit, mely mögött olyan komplex rendszer hatását kellene feltételezni mint amilyen az agy. Fizikai szempontból is definiálható azonban olyan kölcsönhatás fogalom, amely a fény alkotórészeinek és a retinális struktúra és folyamatok találkozását fedi le. Leegyszerűsítve a kérdés itt: hogyan „keletkeznek” fizikailag is értelmezhető kategóriák a retinában a percepció pillanatában?

d.) A retina fizikai megközelítésű vizsgálata önmagában is egy olyan kutatási terület, amely számos új eredményt hoz manapság, hiszen nem esik egybe azzal a megalapozottnak mondható iránnyal, amely leginkább a neurobiológiában, biokémiában találta meg a kérdésfelvetéseit. Utóbbiak elsősorban az idegsejtek és kapcsolódásaik kutatását helyezik előtérbe, és a kognitív tudományos kutatások is ezekkel az eredményekkel keresik az összeegyez-

³⁸ Ezt a feltételezést a neurobiológiai kutatási eredmények alátámasztják, bár általánosságban állítható: a gondolkodás mibenlétére – ennek része a percepció is – irányuló értelmezések és a fiziológiai, biológiai összefüggéseket feltáró kutatások eredményei nem magától értetődően felelhetnek meg egymásnak. Bár kétségtelen inspirálóan hatnak egymásra.

tethetőséget. Az olyan témáknak mint a retina különböző komponenseinek az eltérő optikai viselkedése³⁹, vagy a sejteken kívül keletkezett elektromos áramok⁴⁰ funkciója, kívül esnek ezen a fókuszon. Ezek tehát a kognitív értelmezések számára is releváns kiegészítéseket jelenthetnek.

e.) Kutatásunknak van egy olyan fizikai programja is, amely a nem triviális kvantumfizikai jelenségekre irányul. Ennek újdonságát az adja, hogy az a biológia, amely megalapozza a sejtek és kapcsolódásaik illetőleg fiziológiájuk leírását, közvetlenül vagy közvetetten a klasszikus fizikán alapul. Ebben a modellben a kvantumeffektusok vagy kiegyenlítődnek vagy csak atomi, molekuláris szinten van jelentőségük. Ezeket triviális kvantumeffektusoknak nevezik, mivel makroléptékben, mint amilyen az idegi szerveződések tartománya is, nem kell velük számolni.

Az utóbbi 20-30 évben azonban körvonalazódni kezdett egy olyan kutatási terület, amely makroléptékű kvantumeffektusok hatását keresi egyes biológiai jelenségek mögött, és amelyekre a klasszikus leírások nem képesek magyarázatot nyújtani. A kvantumbiológia azt a sejtését terjeszti elő, hogy a *nem triviális kvantumeffektusok* sokkal általánosabban meghatároznák a biológiai folyamatokat, mint amire a klasszikus leírások elégtelenségei alapján következtetni lehetne.

A kvantumbiológia határterület, csak néhány egzotikusnak mondható eredmény jelzi, hogy itt új eredményekre lehet számítani, de mint tudományterület még nem szilárdult meg. Ugyanakkor fokozott figyelem irányul rá a kvantumszámítógépet fejlesztő kutatások részéről is, hiszen minden eredmény használhatóvá válhat ott – amennyiben átfedésben van a két mérettartomány, amelyben ezek a jelenségek szerepet kaphatnak.

A kvantummechanika segítségével leírható jelenségek kérdése a biológiai rendszerekben attól válik jelentőssé, hogy a klasszikus fizikai törvényektől gyökeresen eltérő összefüggéseket és jelenségeket kell figyelembe venni, predikálni. Egyes folyamatok és hatások olyan módon terjedhetnek (fejlődhetnek) térben és időben, amelyek a tisztán klasszikus leírásokkal nem összeegyeztethetők – akár ellentmondásként mutatkozhatnak. Ebben az esetben a fizikában elfogadott korrespondencia elv (Bohr 1976), mely a klasszikus fizika és kvantummechanika közötti törvényszerű kapcsolatot fejezi ki, valamint ennek feltételeire vonatkozik, a biológiai léptékű körülmények között sajátos kérdések megfogalmazását teheti lehetővé.

A kvantummechanikai jelenségek értelmezései, magyarázati módjai – „filozófiája”⁴¹ – is alapvetően különbözőek a klasszikustól. A nem triviális, azaz makroléptékű kvantumeffektusok számításba vétele ezért a biológiai leírásokra is hatással lehet, de a biológiai alapoknak való megfeleltethetőséget kereső kognitív tudományokban is új predikciókhoz és értékelésekhez vezethet.

Egyes kutatások azt mutatják, hogy a fotoreceptorok képesek akár egy foton detektálására is. (Holmes–Victoria–Wang–Kwiat 2018) Ez pedig indokoltá teszi a kvantummechanikai vizsgálatokat, hiszen az ilyen típusú helyzetek azok, amelyek adott esetben nem jöhetnek létre kvantumeffektusok nélkül.

³⁹ Ld. például Kusnyerik–Rózsa–Veress–Szabó–Németh–Maák 2015; a szerzők egy része ebben a kutatásban is érintett.

⁴⁰ Jó és részletekbe ismertetése az ebben a témában folyó kutatások történetének és eredményeinek: Perlman 2007.

⁴¹ Meghatározó fizikusok tollából született ismeretterjesztő írások gyakran csak úgy jellemzik ezeket, hogy azok ellentétben állnak a józan ésszel. Az ilyen és ehhez hasonló értékeléseknek a háttérben olyan kérdések állnak mint amilyen *A beavatkozó megfigyelés* c. részben ismertettünk, amikor is egy elméleti keret szemantikai ellentmondásra kényszerül építkezni.

f.) Kijelenthető, hogy a kognitív kutatások alapproblematikája az, hogy a percepciók jelenségei feltárása, megértése mindvégig két síkon történik. Egyrészt mentális, észleleti tartalmakra vonatkoznak a leírások, amelyek végső soron a szubjektivitás, a gondolkodás fogalmait által meghatározottak, és a pszichológiai (és/vagy filozófiai) megközelítésre alapoznak. Másrészt azokat az idegi struktúrákat, fiziológiai folyamatokat, agyban található rendszereket és működéseket kutatják, amelyek végső soron az anyag fogalma által meghatározott jelenségek, és a magyarázatok fizikai, kémiai, biológiai értelmezések módszertanok által megalapozottak. Egyrészt azt próbáljuk megérteni, hogy hogyan jelenik meg a tudatunkban egy térbeli kiterjedés, alakzat, például a szék fogalma egy tárgy láttán, egy barátságos arc felismerése vagy egy intézményes jelentést hordozó pénzérme azonosítása; másrészt azt próbáljuk megérteni, hogy egy fizikai törvényekkel leírható hatás hogyan alakul át ingerületté, milyen idegi pályák, kapcsolódások, visszacsatolások, agyterületi aktivitások zajlanak ahhoz, hogy a szervezet megfelelő módon reagáljon a bemenetre.

Bármennyire is specializálódott egy kutatás e két tartomány valamelyikének irányába, az értelmezésben ezek feltételezik egymást. A két tartomány közötti megfeleléseket keresik, de legalábbis olyan kutatási területeket körvonalaznak, ahol a két tartomány közötti szakadék áthidalására van kilátás. Kutatásunk, azáltal, hogy retina tenyészetek működését vizsgálja, és olyan elemi kategorizációkat keres, amelyek már a retina szintjén létrejöhetnek, az ilyen jellegű előfeltevésekkel élő kutatásokhoz csatlakozik.

g.) A két tartomány közötti megfelelés kérdését lehetséges szemantikai problémaként is azonosítani. A probléma elhelyezhető olyan kommunikációs modellben, amely szemiotikai alapokon áll. Ilyen értelmezési keret lehet a kommunikáció participációs elmélete (PTC) (Horányi 2009) is vagy még inkább ennek speciálisan továbbfejlesztett változata⁴².

Ebben a fogalmi keretben a szembe érkező fény retinával történő kölcsönhatására úgy kell tekintenünk, amely szignifikációs eseményként (aktusként) nyilvánul meg. Vagyis úgy kell értelmezni egy ilyen helyzetet, ahol nem csupán két fizikai entitás – egy foton és egy receptoron található molekula – ütközése történik, hanem egy fizikai entitás és egy a molekulánál sokkal kiterjedtebb struktúra kölcsönhatása jön létre. Ebben az eseményben olyan „többlet” keletkezik, amely túlmutat a „fizikai jelentésen”. Szignifikátumnak nevezzük ezt a „többletet”, ez ennek a sajátos kölcsönhatásnak az értelme, „jelentése”. (Lényegében ennek a „többletnek” a hajszája hajtja a kognitív kutatásokat, legyenek ezek akár biológiai, akár pszichológiai célzatúak.)

A szignifikációs „többlet” keletkezését az teszi lehetővé, hogy az a struktúra, amely meghatározott folyamatok révén kerül kölcsönhatásba a beérkező fény adott egységével, bizonyos „előtörténettel” rendelkezik. Az előzmények lehetnek egészen nagy időléptékűek, ha egy evolúciós folyamatot feltételezünk a recepciók struktúrák kialakulása mögött, és lehetnek

⁴² Horányi paraméterezésnek nevezi azt a módot, ahogyan egy általánosabb elmélet fogalmi rendszerét egy specifikus témára értelmezzük. A szövegben meghatározott *szignifikációs kölcsönhatás* fogalma éppen ezzel a paraméterezéssel jön létre. A PTC-ben a szignifikáció, a jelentések létrehozatala (konstitúciója) egy ágens aktusa, azonban az itteni témában, amikor az agytól függetlenül vizsgált retina információfeldolgozása van a középpontban, nem értelmezhetjük az aktus fogalmát. A szignifikációs kölcsönhatás fogalma nem feltételezi a jelentések konstitúciójára felkészült ágenst, és így ez a szignifikációs (vagy szignifikatív) aktus paraméterezett értelmezése. Ugyanakkor pedig a kölcsönhatás kifejezés bevezetése nemcsak a fizikai leíráshoz tud kapcsolódni, hanem a XX. századi modern fizika ismeretelméleti alapproblematikájára is utal: mind a relativitáselméletben (ld. a 36. lábjegyzetet), mind a kvantummechanikában meghatározó az a felismerés, hogy a mérés – és így a megismerés – nem vonatkoztatható el a megfigyelés tárgyával való kölcsönhatástól. Ha a megfigyelést – és a látást – jelentést létrehozó kölcsönhatásként értelmezzük, ennek alighanem kommunikációelméleti hozadéka is lehet.

egészen kis léptékűek, ha csak arra vagyunk tekintettel, hogy a kölcsönhatást megelőzően egy másik foton módosította a recepciót végző struktúra állapotát. E két véglet között található az előzetes tapasztalatok hatása⁴³ vagy a kulturális környezet hatása⁴⁴ is. Az „előtörténet” határozza meg a recepcióra való felkészültséget.

Abban a kutatási helyzetben, amelyben a megfigyeléseket az agyműködés magasabb rendű feldolgozásaitól elválasztott retinán (retina tenyészeteken) végezzük, olyan receptív mezőket keresünk, amelyek térben kiterjedtek, a recepciós kölcsönhatások pedig időben kiterjedt hatásokat eredményeznek. Ezek a térbeli és időbeli kiterjedések túlmutatnak a fizikailag jellemzett kölcsönhatás eseményén, egy a kiterjedések megnövelésére képes struktúra működésére utalnak. Ez egyfajta megfogalmazása annak a „többletnek”, amely a receptív mezőket szignifikációs mezőkként, tér-idő⁴⁵ kiterjedésekként azonosíthatja (ld. a 6. ábrát).

Kutatásunk egyik sajátos hipotézise az, hogy egyes makroléptékű tér-időbeni kiterjedések kvantumeffektusok útján jöhetnek létre. Feltételezésünk szerint ezeknek olyanoknak kell lenniük, amelyekről a klasszikus fizikára alapozott fizikai és biológiai leírások nem képeznek számot adni.

Ebben az esetben azonban a kommunikációs modell is tekintettel kell legyen erre a fajta eredményre. A magyarázat olyan szignifikációs eseményt kell megfogalmazzon, amely kvantummechanikai természetű, az a „többlet”, amely a szignifikáció során kell létrejöjjön, kvantumeffektusok felhasználásával történik.

h.) Egy másik lehetséges, információelméleti megfogalmazásban a receptív mezők olyan szerkezetek, amelyek a szembe érkező fénysugarakkal kölcsönhatásban információkat hoznak létre a magasabb szintű feldolgozások számára. Az alapkoncepció abból a meghatározásból indulhat ki, amely az információt egy adott esemény valószínűségével, valószínűt-

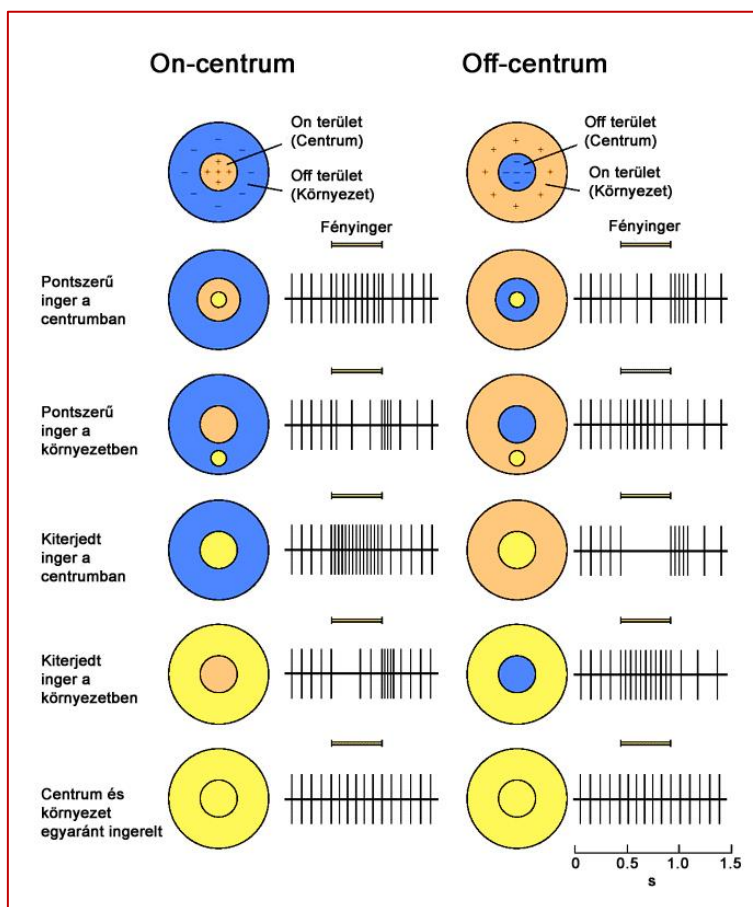
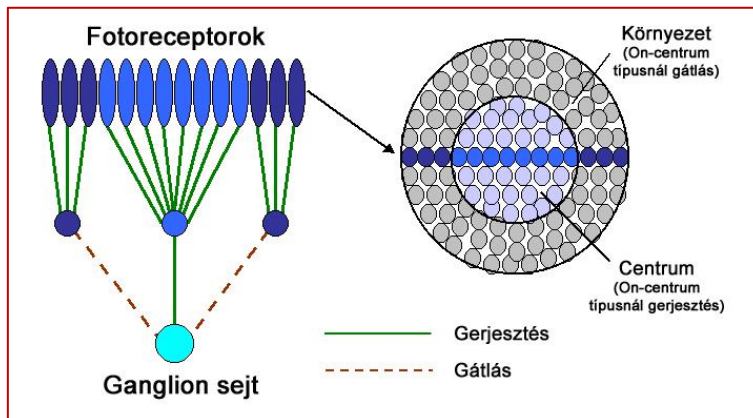
⁴³ Itt például arra a klasszikusként ismert kutatásra lehet gondolni, amelyet szinte minden alapszociológia könyv ismeret, és amely azt bizonyítja, hogy a még az olyan alapvető formák észlelése sem adott, mint az egyenes vonalak. A kísérletben a megszületett macskákat olyan dobozokba helyezik, amelyeknek falai meghatározott mintázatúak, például függőleges csíkokkal ellátottak. Két hét után a macskákat egy olyan teremben engedik ki, amelyben egyes tárgyak, akadályok függőleges csíkokkal, mások pedig vízszintes csíkokkal mintáztak. A macskák a függőleges csíkos tárgyakat észlelni fogják, a vízszintes csíkos tárgyakat nem, ismételten beleütköznek. A kellemetlen tapasztalatok nyomán csak bizonyos idő eltelté után „tanulják meg” ezeket a mintázatokat is látni. (Atkinson–Atkinson–Smith–Bem 1994, 156) A kérdés azonban ennél jóval sokrétűbb, ld. Sekuler 2000.

⁴⁴ Az észlelés kulturális meghatározottsága egy általánosabb kérdéskör részeként is tárgyalt, a nyelvi relativizmus vitájában. Érvek és kutatási eredmények szólnak amellett, hogy az emberi gondolkodásnak vannak olyan vonatkozásai, amelyek nem univerzálisak, hanem (az adott) nyelv által meghatározottak, relatívak. Ez a nyelvi relativizmus. Az észlelés mint jelentéstulajdonítás a gondolkodás részeként ágyazódik ebbe a kérdéskörbe. (Ld. pl. Neumer 1999.) A kulturális tudás által meghatározott észlelés kérdésével kapcsolatos kutatásokat ismertet Sekuler (2000: 491–525) a *Tudás és észlelés* c. fejezetben.

⁴⁵ Itt a tér-idő fogalma nem lehet azonos a relativitás elmélet téridő fogalmával, amely a távolságok és idő összefüggését fejezi ki olyan vonatkoztatási rendszerek viszonylatában, ahol a kölcsönhatások véges sebességével kell számolni. Jelen esetben a térbeli és időbeli kiterjedések összefüggése azt jelenti, hogy a receptív mező és a recepció időbeni hatása között összefüggés lehet, például ugyanazt a recepciós hatást eredményezheti egy nagy területre kiterjedő, de rövid ideig tartó fotonsugár, mint kis területre, de hosszabb ideig tartó sugárzás.

6. ábra

Példák a receptív mező modellezésére



Forrás: http://www.mogi.bme.hu/TAMOP/jamu_optika/ch02.html

A receptív mezők a retina érzékelő felületén jönnek létre, szerveződésüket nem a távol eső agy magasabbrendű feldolgozásai irányítják, hanem a receptorsejtekhez közvetlenül kapcsolódó első és második szinaptikus szint hozza létre. Ezek a retina részei. A receptív mező önmagában is viszonylag összetett funkciót teljesít, egymással összekapcsolódva még komplexebb műveletekre képesek. Mindez azt mutatja, hogy a recepció nem pusztán „befogadó”, passzív, hanem proaktív művelet. Ezek a struktúrák határozzák meg tehát az észlelést, a beérkező fényvel történő szignifikációs kölcsönhatást. Kutatásunk feltételezése az, hogy a receptív mezők nem kizárólagosan a neurális szerveződéseknek köszönhetően jöhetnek létre.

lenségének mértékével határozza meg.⁴⁶ Azok a körülmények, amelyek során receptív mezőben jönnek létre kölcsönhatások, más hatásokhoz vezetnek, mint ha nem lenne előzetesen adott egy ilyen struktúra. Ha utóbbira „tisztán” fizikai eseményként tekintünk, akkor a receptív mezőben keletkező „biológiai esemény” hatása viszonyítható ehhez. Vagyis azt kell tudni meghatározni, hogy mit jelent egy „biológiai esemény” valószínűtlensége a fizikai törvények által meghatározott feltételekhez képest. Ez a valószínűtlenségi érték fejezheti ki a hatás formájában keletkezett információt.

Az információs megközelítést összekapcsolva az előző bekezdésekben vázolt kommunikáció-elméleti értelmezéssel, tételezni lehet, hogy az információ mint valószínűségi érték éppen azt a „többletet” fejezi ki, ami a szignifikáció eseményének sajátja.

Ha lehetséges, hogy a recepció egyes esetekben kvantummechanikai jelenségeken alapul, meg lehet határozni ezek bekövetkeztének valószínűtlenségét biológiai körülmények között a klasszikus fizikai feltételekhez képest.

Az információelméletek másik központi fogalma az entrópia, amelyet azoknak a körülményeknek a jellemzésére használnak, amelyekben a valószínűségi értékelések lehetőségessé válnak. Az információ és entrópia összefüggése az alapja a matematikai modellezésnek is.

i.) A kutatás alapkérdése – mint látható volt – több tudományterület keresztmetszetében található. A kutatási eredmények várhatóan több szemszögből értékelhetők, specifikusan leírhatók azokban a fogalmi struktúrákban, amelyek e tudományterületek elméleteinek meghatározói. Ám e specifikus rekonstrukciók mellett legalább ennyire érdekes magának a metszéspontnak az értelmezése – mégha ez is csak specifikusan, a különböző tudományterületek szempontjai felől lehetséges.

⁴⁶ Shannon információs modelljének és különböző tudományterületeken megalapozott alkalmazásainak ismertetése, áttekintése: Fülöp 1996, Komenczi 2011.

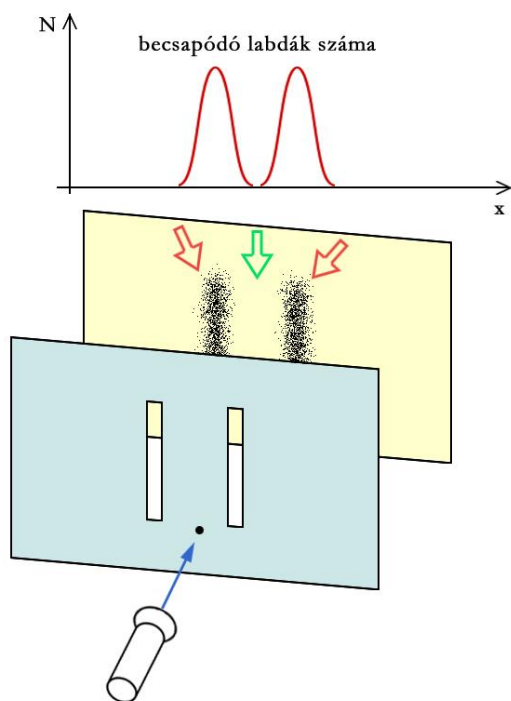
B. melléklet

B. A két-rés kísérlet

(B.1.1) A kísérletben van egy forrás (a zseblámpa formájú tárgy) – egy kicsit még tekintsünk el ennek a forrásnak a pontosításától, alább lesznek példák –, előtte helyezkedik el egy ernyő (világoskék színezés), amelyen két rés található, és végül van egy második ernyő (világos-sárga színezés), amelyen a forrásból kiinduló, és a két résen áthaladt anyag nyomot hagy.

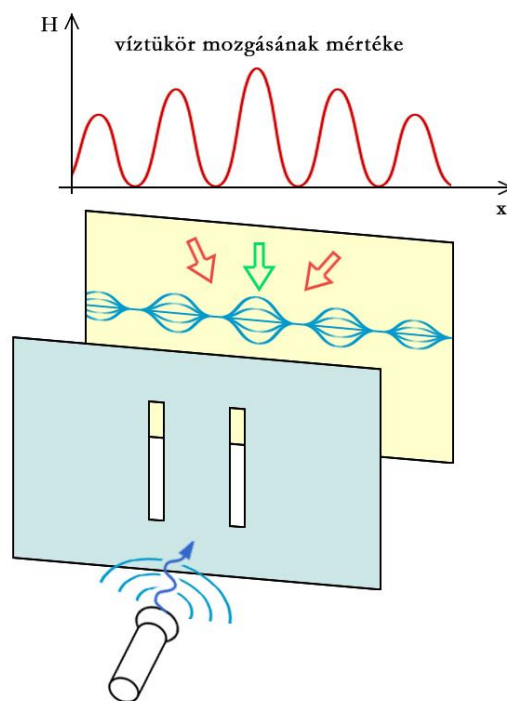
7. ábra

Részecskék viselkedése



8. ábra

Hullámok viselkedése



(B.1.2) Ha az előbb nem pontosított forrás egy teniszlabda-lövő automata, amely véletlenszerűen változtatja folyamatosan a lövési irányát, és a két rést tartalmazó ernyő irányába lövi a labdákat, akkor a második ernyőbe csapódó labdák két sávot fognak kirajzolni a két rés mögött, úgy ahogyan a 7. ábrán látható. A grafikon ezt a két sávot ábrázolja, ahol x tengely a becsapódás helyét adja meg, az N tengely a becsapódó labdák számát reprezentálja. Ebben a kísérleti helyzetben az látható, hogy a teniszlabdák korpuszkuláris viselkedést mutatnak, ami azt jelenti, hogy egyenes pályán haladva a két rés mögött csapódnak be.

A 8. ábrán látható viselkedés jellemző a víz hullámokra. Ha a két nyíl félig vízbe van merítve, a forrás pedig egy hullámokat gerjesztő rezgő tárgy a víz felszínén, akkor a két résen áthaladó hullámok a második ernyőn sok sávban hullámzást eredményeznek. Ám a sávok között a vízfelszín mozdulatlan marad, bármekkora erősséggel is rezeg a forrás. A grafikon azokat a sávokat mutatja meg, ahol a hullámzás bizonyos magasságokig emeli és süllyesztí a vízfelszínt, másutt pedig a vízfelszín nem változik. Ez egy interferenciamentázat.⁴⁷

⁴⁷ Az interferenciamentázat úgy jön létre, hogy a két résből érkező hullámok egymásra hatnak, és egyes helyeken erősítik egymást, más helyeken kioltják egymást. A második ernyőnél ott ahol két hullámhegy vagy két hullámvölgy találkozik, ezek hatásai összegződnek, ahol pedig egy hullám-

(B.1.3) Vonatkoztassunk most el attól, hogy 7. és 8. ábrák milyen fizikai jelenségeket jelenítenek meg. Kizárólag a hátsó ernyőn megjelenő mintázatokot tekintve, ezek összehasonlítása során a legfontosabb megállapítás a következő kell legyen: ezek a mintázatok nem fedig egymást. Pontosan a rések mögött – ahova a piros körvonalú nyílak mutatnak –: korpuszku-láris objektumok esetében van esemény (becsapódás), hullámjelenség esetében nincs esemény (hullámzás). Pontosan a két rés mögötti területek között – ahova a zöld körvonalú nyíl mutat –: korpuszku-láris objektumok esetében nincs esemény (becsapódás), hullámje-lenség esetében van esemény (hullámzás). (Az egyszerűsítés miatt nem vizsgáljuk a többi területet.)

(B.1.4) Következtetés: a fizikai jelenségek kizárólagosan vagy korpuszku-láris vagy hul-lámos természetűek kell legyenek. Ugyanis nem lehetséges egyszerre, hogy a rések mögötti területen legyen esemény (mint a korpuszku-láris viselkedésnél) és ne legyen esemény (mint a hullámos viselkedésnél). És nem lehetséges egyszerre, hogy a rések mögötti területek között ne legyen esemény (mint a korpuszku-láris viselkedésnél) és legyen esemény (mint a hullámos viselkedésnél).

Érthető, tehát, hogy a korpuszku-láris és hullámos viselkedést leíró elméleti rendszerek miért zárják ki egymást, és miért nem lehetséges összeegyeztetni őket. Az emberi léptékű jelenségek esetében úgy is állnak a dolgok, hogy az anyag vagy korpuszku-láris vagy hullám-természetű jelenségeket produkál. Sosem mindkettőt, nem keveredik a két egymást kizáró viselkedési forma. Ez megfelel az ellentmondásmentességre vonatkozó logikai elvárásaink-nak. A kvantummechanikában azonban az ellentmondásmentességre vonatkozó alapvető elvárás sérülhet. Az emberi léptékű tartományból átlépve a mikrooléptékű tartományába, a legalapvetőbb feltételekre vonatkozó törvények működése megváltozik.

(B.1.5) A kétrés-kísérlet megtervezhető olyan módon is, hogy ebben olyan a mikro-léptékű tartományba tartozó objektumok legyenek vizsgálhatók, mint a fotonok vagy az elektronok. Az lesz a kérdés, tehát, hogy ezek hogyan viselkednek a fenti megállapítások fé-nyében? A kérdés az, hogy azok az elemi részecskék, amelyek nem bonthatók további össze-tevőkre – a fotonok és elektronok ilyenek –, melyik esszenciálisnak tételezhető tulajdonsággal bírnak: a korpuszku-láris- vagy hullám természetű tulajdonsággal? Azért tételezzük valamilyen értelemben esszenciálisnak e tulajdonságok valamelyikét, mert az ezeknek megfelelő visel-kedések logikailag kizárják egymást. Az esszenciális tulajdonság vizsgálatához egy fontos feltételt kell még rögzíteni: a forrásból a fotonok vagy elektronok *egyesével* legyenek a rések felé sugározva – ugyanis, ha nagy számban történik, akkor nem zárható ki ezek kölcsönhatása egymással, és megváltozhat a kísérlet kimenetele.

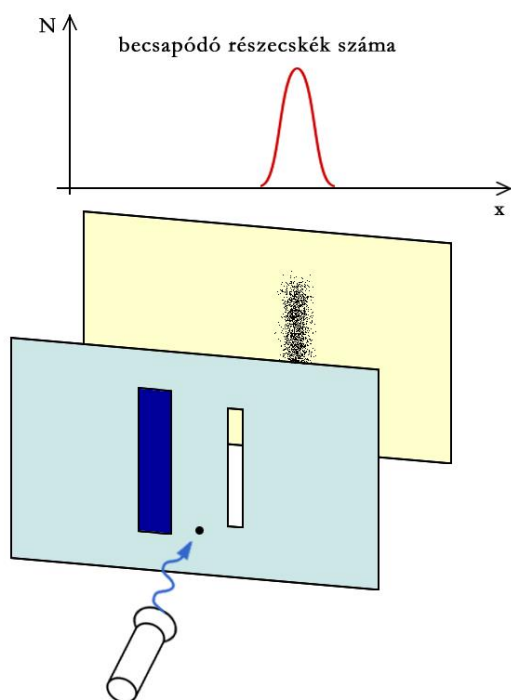
A kísérlet elvégzése az 9. és 10. ábrákon látható eredménnyel szembesül.

Ha az egyik rés el van fedve, mint az 9. ábrán, akkor az egyesével küldött fotonok, elek-tronok korpuszku-láris tulajdonságot mutatnak. Ha mind a két rés meg van nyitva, mint a 10. ábrán, akkor az egyesével küldött fotonok, elektronok hullám tulajdonságot mutatnak. Arra a következtetésre kell jutnunk, hogy az esszencialista kérdésfeltevés nem jó. Valójában a kvan-tummechanika minden esszencialista kérdésfeltevést elvet az ehhez hasonló eredmények miatt. Az ellentmondásos viselkedés problémája azonban továbbra is fennáll.

hegy és hullámvölgy találkozik, ezek hatásai semlegesítik egymást. A második ernyőn lesznek olyan területek, ahol a hullámok mindig erősítik egymást, akár emelkednek, akár süllyednek éppen, itt láthatjuk a hullámzást, és lesznek olyan területek, ahol emelkedés mindig süllyedéssel találkozik, így kioltják egymást, itt a víztükör végül mindig mozdulatlan marad.

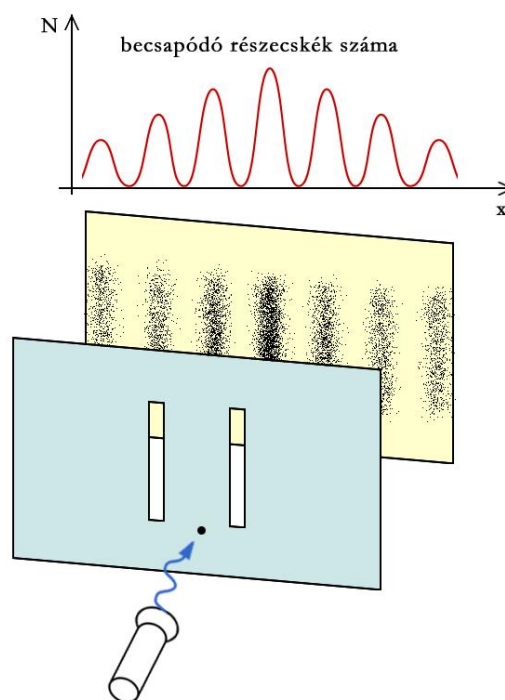
9. ábra

Korpuszkuláris természetű viselkedés



10. ábra

Hullám természetű viselkedés



(B.1.6) Az eredmény értékelése azonban egy további problémára mutat rá. Míg az 9. ábrán látható foton, elektron individualitással rendelkező objektumként viselkedik (akár a teniszlabdák), a 10. ábrán bár ezek egyesével lettek kibocsájtva a forrásból, interferencia-mintázatot hoztak létre, ha hosszú időn keresztül kellő számú részecske csapódott be a detektáló ernyőre. Az interferenciamintázat csak akkor jöhet létre, ha az egyes fotonok, elektronok mind a két résen áthaladtak, és utána kölcsönhatásba léptek önmagukkal (akár a víz hullámok).⁴⁸ A probléma az, hogy ezek a részecskék egyszerre két helyen kell hogy tartózkodjanak, a két résben áthaladva és a rések mögötti térrészben kölcsönhatva egymással. Ugyanakkor pedig fent kell tartani azt is, hogy a fotonok és elektronok elemi oszthatatlan objektumok.⁴⁹

(B.2) Az egyszerre két résen áthaladó oszthatatlan objektumok problémájára a kvantummechanika egyik javaslata az volt, hogy a mikroléptékű objektumokat tekintsük úgy, hogy azoknak nincsen individualitásuk.⁵⁰ A másik javaslat szerint a „lenni” fogalmát kell gyengébben érteni a „két helyen levés”-ben.⁵¹ Mindkét javaslat alapvető filozófiai kérdésekre nyit ajtót. És ugyanígy kérdőjelez meg minden olyan szemantikát, amely a jelentéstulajdonításhoz az individualitás és az egzisztencia valamiféle fogalmain alapuló azonosíthatóságot előfeltételez.

⁴⁸ Kizárjuk azt a lehetőséget, hogy az egyesével küldött részecskék az előttük vagy utánuk küldött részecskékkel lépnek kölcsönhatásba – ebben az esetben időutazóknak kellene lenniük.

⁴⁹ Nem melleleg: egy ilyen részecske felbomlása, „osztódása” olyan energiafelszabadulással járna, aminek a kísérletben nincsen nyoma.

⁵⁰ Broglie 1979 bemutatja a probléma és a javaslat további következményeit, amelyek olyan alapvetőnek gondolt fogalmainkat is megkérdőjelezik mint tér.

⁵¹ Sajátos végletet képvisel Penrose 2003, akinél az egzisztencia csupán matematikai realitás.

(B.2.1) A kortárs kvantummechanikában leginkább a második javaslat terjedt el, mivel ennek az értelmezésnek több olyan következménye is volt, amelyek további jelenségek felfedezésére vezettek. Elfogadott megfogalmazásban: a részecskék meghatározható valószínűséggel tartózkodnak különböző helyeken, és ezek a valószínűségek egy hullámfüggvény alapján adódnak össze.⁵² Vagyis a két résben a részecske egyszerre lehet jelen, ám ez a jelenlét csak bizonyos valószínűségi értékkel jellemezhető (esetünkben lehet 50-50%-os valószínűség). Ez a két adott valószínűségű jelenlét azonban valamilyen realitással kell hogy bírjon, hiszen a detektáló ernyőn történő becsapódásnál interferálnak egymással – a hullámokra jellemző módon találkoznak és adódnak össze. *Szuperpozíciónak* nevezi a kvantummechanika a részecskének azt az állapotát, hogy az a tér különböző részeiben egyidejű tartózkodási valószínűséggel írható le.⁵³

(B.2.2) A kétrés-kísérletnek azonban van egy másik megfigyelési eredménye is: a detektáló képernyőn mindig csak egy becsapódást lehet látni. A szuperpozíció jelensége nem válik láthatóvá olyan módon, hogy adott esetben két nyom is megjelenjen, a két résen való meghatározott valószínűségű két áthaladásnak megfelelően. A becsapódás pillanatában a részecske szuperpozíció állapota eltűnik, és individuálitással rendelkező korpuszukulaként viselkedik. Ezt nevezik *dekoherenciának*, ami azt jelenti, hogy a környezettel való kölcsönhatásban a szuperpozíciót meghatározó hullámviselkedés megszűnik, és a kölcsönhatás végül egy pontban jön létre.

(B.2.3) A megfigyelési eredmény tehát a következő: a közvetlen megfigyelés pillanatában az anyag korpuszukuláris tulajdonságot mutat, pontszerű becsapódás formájában, közvetlenül azonban megjelenik a hullámtulajdonság abban a formában, hogy az egyesével történő becsapódások nyomai egy hosszabb sorozat után kirajzolják azt az interferencia mintázatot, ami hullámtulajdonságra utal. Ez egyben arra enged következtetni, hogy a részecske mind a két résen áthaladt, hiszen csak így jöhet létre az interferenciamintázat.

(B.2.4) A dekoherencia jelenségéből következik a beavatkozó megfigyelés problémája. Jelen esetben a detektáló ernyő jelenti a megfigyelő eszközt, az itt végbemenő becsapódások megjelenése jelenti a megfigyelést. A megfigyelés kölcsönhatás formájában ment végbe. A kölcsönhatás azonban drasztikus következménnyel járt: az anyag hullámtulajdonságai nem észlelhetők többé, és helyettük korpuszukuláris természetű tulajdonságok kerültek előtérbe. Ezt az eseményt a *hullámfüggvény összeomlásának* nevezik.⁵⁴

Ez a mozzanat arra enged következtetni, hogy a szuperpozícióban levő részecskét lehetetlen megfigyelni. Sőt azt is jelentheti, hogy a szuperpozícióval kapcsolatos törvények közvetlenül nem vizsgálhatók, hiszen ezek pontosan a megfigyelés pillanatában eltűnnek.

⁵² Az állapotfüggvény első kidolgozását Schrödinger adta, ezt fejlesztette tovább Dirac (ld. Simonyi 2011: 471–475). A hullámfüggvények szemléletes kezelési módját Feynman dolgozta ki, jó áttekintést ad a módszerről Forshaw–Jeff 2013: 37–55.

⁵³ A szuperpozíció fogalma szerinti leírás bemutatása: Penrose 2003: 68–74.

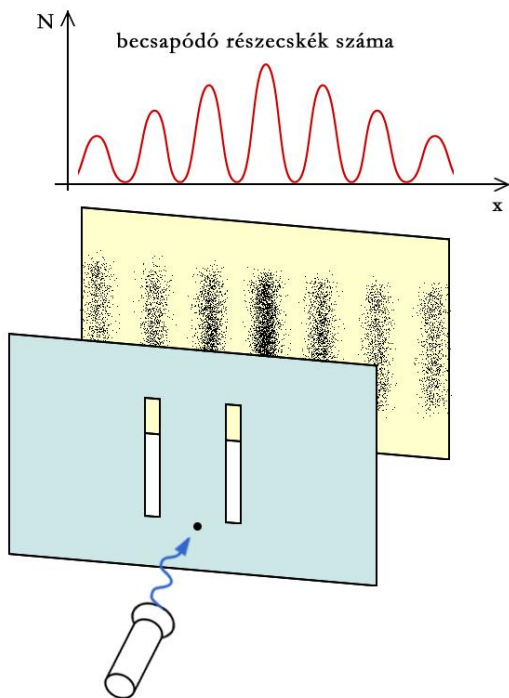
⁵⁴ A két viselkedést megadó matematikai reláció között nem teremthető olyan összefüggés, miszerint az egyikből következne a másik. Vagyis az anyag kölcsönhatás előtti hullámtörvényeknek megfelelő állapota nem determinálja a kölcsönhatás utáni korpuszukuláris törvényeknek megfelelő állapotát. A determinisztikus kauzalitás fogalma a kvantummechanikában érvényét veszti. Ez a megállapítás az addigi fizika – amit utólagosan klasszikus fizikaként korszakolnak a tudománytörténészek – alapját rombolja le. A probléma értelmezése azonban erőteljes vitákra adott lehetőséget kezdetektől fogva. Az 1927-es Solvay Konferencián mutatkoztak meg meg először az alapvető probléma értelmezésének eltérő perspektívái (Einstein 1971), a probléma mai értelmezéseit tükröző elméleti irányzatok szembenállását Penrose (2003: 82–85) tekinti át. Ehhez ld. még a D. mellékletet és a 22. lábjegyzetet.

Ez azonban csak következtetés. Mégis kérdésként fel kell tenni: lehetséges-e a két résen történő áthaladás *közvetlen* megfigyelése?

(B.3) Ehhez egy olyan kísérleti helyzetet lehet megtervezni, ahol a réseket egy fényforrással világítják meg. Így az áthaladó részecskék ütközni fognak a fény fotonjaival, így felvillanásoknak kell jelezniük a tényleges áthaladásokat. Láthatóvá válik-e a két résben való egyidejű jelenlét?

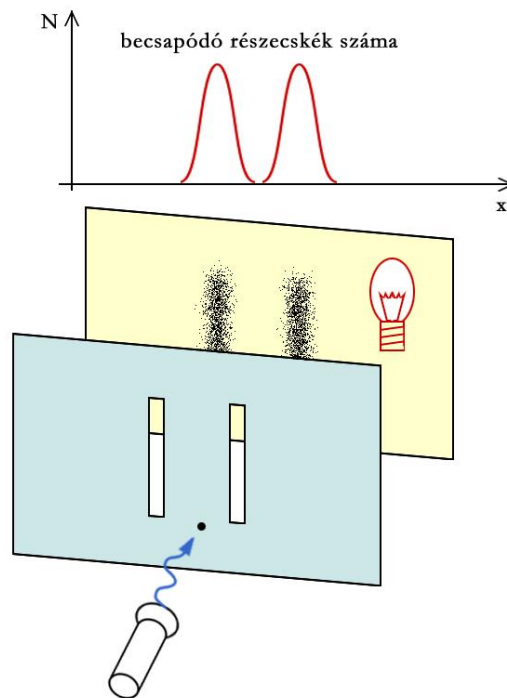
11. ábra

Becsapódási mintázat megvilágítás nélkül



12. ábra

Becsapódási mintázat megvilágítás esetén



Az eredmény: rések megvilágítása esetén mindig csak az egyik résnél tapasztalható felvillanás, a detektáló ernyőn pedig a becsapódások sorozata korpuszkuláris viselkedésnek megfelelő mintázatot fog kirajzolni. Eltűnt az interferenciamintázat, amely a megvilágítás nélküli esetben közvetlenül utalt a hullámtulajdonságra, illetőleg arra, hogy a részecske mind a két résen áthaladt.

(B.3.1) A kétrés-kísérletben a rések közvetlen megfigyelésére számos javaslatot kidolgoztak, de a beavatkozó megfigyelés hatása mindig megmutatkozott. Azok az eredmények, amelyeket a kétrés-kísérlet mutatott, számos más kísérletben is hasonlóra vezettek: a részecske szuperpozíció állapotára utaló hullámviselkedés eltűnt és a részecske korpuszkulaként került kölcsönhatásba a megfigyelő berendezéssel (egészen pontosan a megfigyelést lehetővé tevő közvetítővel, a fényt alkotó fotonokkal).

(B.4) A kétrés-kísérlet megmutatta a kvantummechanika egyik ismeretelméleti problémáját: a megfigyelés beavatkozással jár a megfigyelés tárgyát illetően, és ez a beavatkozás nem csupán mennyiségi változást, értékbeli eltolódást jelent, hanem a jelenségek természetében eredményez alapvető változást. Ebből kifolyólag bizonyos kvantummechanikai jelenségeket – mint amilyen a szuperpozíció – közvetlenül nem lehetséges megfigyelni. Ezeknek a megállapításoknak súlyos filozófiai, ismeretelméleti következményei vannak, amelyekre utaltunk a korábbiakban is, de további elemzésre itt most nem térünk ki.

(B.4.1) A kétrés-kísérlet példáján ismeretelméleti megközelítésből bemutattuk a kvantummechanikai beavatkozó megfigyelés fogalmát. Ez az értelmezési pozíció azonban nem azonos a kvantummechanikaival, mivel elsősorban a megismerés lehetőségét helyezte előtérbe. Ez pedig egy sajátos specifikitást adott annak a kölcsönhatás-fogalomnak, amellyel a kvantummechanikában nem rendelkeznek. A példában a rések mögötti területet besugárzó fény – amely arra volt hivatott, hogy a két résen egyszerre áthaladó részecskét, vagyis a szuperpozíciót tegye láthatóvá – ismeretelméleti szempontból a megfigyelés eszköze, amely kölcsönhatásba kerül a megfigyelés tárgyával, kvantummechanikai szempontból azonban ez a fénysugár fizikai entitás, amelynek kölcsönhatása fizikai jelenség. Kvantummechanikai szempontból tehát a hullámfüggvény összeomlását, a dekoherenciát okozó kölcsönhatások általános fizikai jelenséggé értelmezettek, nem a mérőeszközök és mérési eljárások sajátosságai⁵⁵. Kvantummechanikai mérőeszköznek jelölhető ki bármely részecske vagy fizikai rendszer, amely kölcsönhatásba kerül a környezetével. *Mérésként* azonosítható bármely fizikai kölcsönhatás, amennyiben valamely elemére úgy tekintünk, hogy annak a kölcsönhatás következtében megváltozott viselkedése információt hordoz a kölcsönhatásról.

A *beavatkozó megfigyelés* mint kölcsönhatás fizikai szempontból megegyezik a *kvantummechanikai mérés* fogalma által jelentettekkel, ismeretelméleti szempontból viszont a megismerés specifikus eszközeként tárgyalt. A megnevezésben a beavatkozás kifejezés az ismeretelméleti következményekre utal, egy általános fizikai jelenség specifikus értelmezésére. Kutatásunk szempontjából ez abban a helyzetben lesz érdekes, amikor azt vizsgáljuk, hogy az „ismeretelméleti funkciót” hogyan látja el egy olyan biológiai egység mint a retina vagy akár egy ennél nagyobb struktúra.

⁵⁵ Ld. még a 19 lábjegyzetet.

C. melléklet

A 24. lábjegyzet

Ez az objektivitás eszmény a modern tudománytörténetben Descartes dualisztikus filozófiai rendszerén alapul, amely a tudományos ismeretszerzés módszertanának alapjaként is megfogalmazott. Eszerint tételezhető egy olyan valóság, amely független a szubjektumtól. A megismerés akkor lehet racionális, ha az érzékelés és tapasztalás – a megfigyelés – eredményét felülvizsgálva, a tudat kivonja azt ami ezekben a szubjektumból erednek (például az érzetek által adott elképzelt tulajdonságokat, imaginációkat). Ennek a szétválasztásnak az eredménye a fizikai világ ellekleltelenítését jelenti. (Descartes 1994)

A XX. századi fizikában ez a klasszikusnak nevezhető objektivitás-eszmény a klasszikus fizikával együtt rendül meg. Először Einstein speciális relativitás elméletével, ahol a megfigyelés eredményei (a térbeli kiterjedések- és időadatok) nem tételezhetők abszolút értékűeknek, hanem vonatkoztatási rendszerekhez rendelve, és függenek a vonatkoztatási rendszer mozgási állapotától, aholis a megfigyelés megtörténik. A kvantummechanika kialakulásával a klasszikus objektivitás eszmény azon feltétele, miszerint az anyagi világra közvetlenül irányulhat a megfigyelés, elvi szinten is megkérdőjeleződik. Ez a filozófiában alapvetően érinti az igazság, referencia és ismeret státuszát.

Itt azonban szükséges megjegyezni, hogy a természettudományokban jelen van egy másik fajta objektivitás eszmény is, ami itt alighanem hangsúlyosabb az előbbinél – noha a hagyományos tudományfilozófiában ennél kevésbé kerül tárgyalások és viták fókuszába. Ez egyfajta platonikus gondolkodás, amely a matematikailag megadható összefüggéseknek tulajdonít realitást, objektivitást (ld. pl. Wartowsky 1977: 145–148, *Elméletek és modellek: formális rendszerek és interpretációik* c. fejezete). Így például a speciális relativitáselméletben bár a megfigyelés eredménye relatív a megfigyelés eszközeül szolgáló vonatkoztatási rendszer állapota szerint, a vonatkoztatási rendszerek – az ezekben megadott tér- és időadatok – közötti általános összefüggés, a Lorentz-transzformáció függvénye tekinthető abszolútnak, így objektívnak, a partikularitások „felett állónak”.

Az ilyen összefüggések jelentőségét az adja, hogy általuk előrejelzéseket, jóslatokat lehet tenni. Objektívnak tekintettek, amennyiben az előrejelzések igazolódnak. Realitásuk és objektivitásuk annál erősebb, minél kevésbé triviális előrejelzések tehetők, olyan területeken vagy alkalmazásokban, amelyek távolabb esőnek mondhatók, vagy olyan előrejelzések tehetők, amelyek más elméletekből nem következnek vagy olyanok, amelyek további, addig ismeretlen összefüggések felismerését teszik lehetővé. Ez azt is jelenti, hogy az általánosító matematikai összefüggéseknek önmagukban is objektivitás és realitás tulajdonítható, amelyeknek az előrejelzések és igazolódásaik adnak jelentést. A jelentéstulajdonítások olyan indukciós lépések és kutatási programok során jönnek létre, amelyeknek éppen ezek az összefüggések nyújtanak perspektívát. (Ld. ennek egy részletesebben kifejtett példáját Newton elméletének és elméleti-kutatási következményeinek esetében: Szabó 2017.) A tudományfilozófiában ennek a platonista alapú elképzelésnek egyik legismertebb képviselője Putnam, aki az ún. konvergens realizmus keretében az „objektív természetre vonatkozó, fejlődő elméletekről” értekezik, kimutatva a változó elméletek referenciájának azonosságát (Putnam 1983: 73.) A „fejlődő elméletek” tézisét továbbgondolva Hacking (1999) az elméletek referenciáinak objektivitását abban látja, hogy a valamelyik elméletben meghatározott objektumok és összefüggések eszközökké válnak, új feltételezések kidolgozásának vagy megfigyelések alapjait, kiindulópontjait jelentik.

Ezeknek az elképzeléseknek az értelme éppen a kvantumfizika fejlődésénél mutatkozik meg a leglátványosabban. A kétrés-kísérletben (ld. a B. mellékletet) ellentmondásként megjelenő korpuszkuláris-hullám kettősségről 1964-ben Feynman kijelentheti, hogy „nyugodtan

állíthatom, hogy a kvantummechanikát senki sem érti” (Feynman 1983: 212.), amivel tulajdonképpen csak arra utal, hogy az ellentmondás valójában az interpretációban, jelentéstulajdonításban jön létre, nem a matematikailag teljesnek és objektívnek tekinthető elmélet része. Feynman maga is egy alternatív interpretáción dolgozott, aminek szintén vannak megoldhatatlannak látszó következményei. Ám a különböző interpretációk különböző és új jelenségeket jósolnak meg sikeresen. Mindez az elméleti-matematikai alapok objektivitására utalnak, amelyektől elválnak az interpretációk, a jelentéssel való ellátás lehetőségei. De éppen ezek a lehetőségek a jelei annak, hogy a kvantumfizikában további felfedezések és elméleti összefüggések felbukkanása várható.

A tanulmány azonban mégsem ezt a második, platonista alapú objektivitásfogalmat problematizálja, hanem az elsőt, amely a descartes-i dualista rendszeren alapul. Ennek az az indoka, hogy a mai humántudományok elméletei számára valamilyen formában alapvető kérdés az objektum-szubsztantívum elkülönítésének megfelelő elme és anyag, a megfigyelő és megfigyelt, a nyelv és referencia stb. szétválaszthatósága – ez a szétválaszthatóság a feltétele annak, hogy az objektivitás kérdése egyáltalán felvethető legyen.

Ugyanakkor az is nyilvánvaló, hogy mivel a platonista alapú elgondolásban az objektivitás kérdése nem vezet olyan problémához mint a dualista rendszerben, az utóbbiban való elhelyezés egy sajátos modellt eredményez, amely egyébként a kvantummechanika 20-as, 30-as évekbeli értelmezésmódját tükrözi. A későbbi, feynman-i interpretáció szerint a megfigyelő elveszti kiemelt – akár a tudat által meghatározott – szerepét, ami egyáltalán a beavatkozó megfigyelési szituációt létrehozza. A „megfigyelő” általánosan bármely kvantumfizikai objektum vagy ezek akár emberméretű összessége lehet, amellyel interferál a „megfigyeltként” kijelölt kvantumfizikai jelenség. Ez jelenti a mérés műveletnek objektivitását, szemben a dualisztikus rendszerben beavatkozó megfigyelésként értelmezettekkel (jó ismertetése Forshaw–Jeff 2013).

Plauzibilis lehet úgy tekinteni a feynman-i modellre, mint ami megoldotta a beavatkozó megfigyelés-mérés problémáját, és felváltotta vagy továbbfejlesztette az ezt tételező és interpretáló modellt, főként hogy ennek összes elméleti összefüggését sikerült reprodukálni benne. Ennek ellenére a dualisztikus modell is jelen van a fizikában, ld. pl. Penrose 2003 (aki ebben a modellben fogalmaz meg hipotézist a mérés objektívációjára, az objektív redukció fogalmával). Ennek magyarázata az, hogy ebben a modellben továbbra is olyan kérdések fogalmazhatók meg, amelyek a feynman-iban nem vagy nem magától értetődően. Jelen tanulmány is ezt a modellt tartja alkalmasabbnak általános hipotézise megfogalmazásához, nem zárva ki azt, hogy megfelelő eredmények esetén a másik modell szerint is elvégezheti a leírást és interpretációt.

D. melléklet

A 28. lábjegyzet

Az okság és determinizmus elsősorban a természetfilozófia egyik alapvető kérdése. A klaszszikus fizika vonatkozásában e két fogalom azt a tételezést fejezi ki, hogy a fizikai világ akkor ismerhető meg, ha az oksági relációkkal írható le, azaz minden jelenség és állapot okozata olyan megelőző jelenségeknek és állapotoknak, amelyek okkókként értelmezhetők (egy rövid lábjegyzetben ez a legkorrektebb megfogalmazás); a determinizmus pedig azt jelenti, hogy az okok egyértelműen meghatározzák az okozatokat, abban az értelemben, hogy azonos okoknak azonos okozatai vannak, azaz egy és csakis egy lehetséges kimenetelük van. E második feltétellel, amennyiben ismerjük a kezdeti feltételeket, egyértelműen levezethető és megjósolható bármely jövőbeni állapot. A kvantummechanika megjelenésével mindkét feltétel megkérdőjeleződött. Manapság a kauzalitás problémája megoldottnak tekinthető (amelyet az olyan jelenségek értelmezési kérdései váltottak ki, mint a kvantumugrásoké), a determinizmus kérdése továbbra is viták keresztüztében van, a megoldási kísérletek egyike sem magától értetődő és kizárólagos – viszont különböző módokon alapoznak meg eredményeket hozó vagy ígéretes kutatási programokat.

Az indeterminizmus felvetésének egyik formája a statisztikus viselkedés értékelése. Az ismertett kétrés-kísérletben a statisztikusság abban nyilvánul meg, hogy a rések megvilágítása (megfigyelése) esetében a két rés bármelyikében megjelenhetnek a részecskék, adott esetben 50-50%-os valószínűséggel. Másrészt – amennyiben nincsen mérés a résekénél – az ernyőn kirajzolódó interferenciamintázat esetében sem jósolható meg, hogy ezen belül egy adott részecske hova fog becsapódni. Az interferencia-mintázatot leíró hullámfüggvény lényegében egy statisztikai összefüggés, amely azt fejezi ki, hogy egy adott pontban mekkora valószínűséggel fog egy adott becsapódás keletkezni. Az indeterminisztikusság azonban mégsem teljes, hiszen az interferenciamintázat sávjai között sosem történik becsapódás (a 8. ábrán a piros nyílakkal jelzett területeken), ennek valószínűsége 100%, ez pedig determinisztikus relációban fejezhető ki. Vannak olyan értelmezések is, amelyek a determinizmusnak egy a fenti, Laplace-ra visszavezethető fogalmánál gyengébb értelmezését határozzák meg.

Az indeterminizmus problémája leginkább azoknak a modelleknek a sajátja, amelyek a megfigyelést, mérést olyan szituációként értelmezik, ahol a megfigyelt objektum mikroléptékű és a mérőeszköz makroléptékű objektum. Ezek két világban helyezkednek el, a kvantumfizikában illetve a klasszikus fizikában, és e két világ határán jön létre az indeterminizmus. Azok a modellek, amelyek a mérőeszközt is mikroobjektumok összességéként fogják fel, a mikroobjektumok kvantumos kölcsönhatásait írják le, a mérés eseményének így nincsen különleges státusza. Ezek a kölcsönhatások lényegében hulláminterferenciák, és ebben a formában a leírás determinisztikus. Ilyen a feynman-i modell is. Az ilyen modellek végiggondolása (amit itt nem tehetünk meg) többnyire a párhuzamos világok hipotézisére jut, ahol az indeterminizmus problémája egy másik formában tér vissza.

A kauzalitás és determinisztikusság kérdése megfeleltethető az objektivitás kérdésének, amelyet a C. mellékletben taglaltunk, ahol indokát is adjuk, hogy miért nem a feynman-i modellt választottuk a leíráshoz. A főszövegben mostanra kiderülhetett, hogy leginkább azért mert a mérőberendezés, a retina egy biológiailag értelmezett objektum, és mint ilyen makroléptékű. A mérés pedig szintén makroléptékben értékelhető jeleket kell produkáljon. Természetesen fel lehet adni a makroléptékű leírást, ekkor azonban nem kapcsolódhatnánk a biológiai és fiziológiai vagy pszichológiai értelmezések.

E. melléklet

A 18. lábjegyzethez

14. ábra

Hermann rácsok: a rácsvonalak kereszteződésében vibráló foltok optikai illúziók, a retinát alkotó receptív mezők működése folytán jelennek meg. A receptív mezők struktúrája és az ingermintázat egyfajta „interferenciába” kerül a szignifikációs kölcsönhatásban. Részletes magyarázata Seculer–Blake: 96–99. A receptív mezőket a 6. ábrán láthatjuk.

