

# INDUKCIÓ A FIZIKAI ELMÉLETEKBEN – MINT JELENTÉS-KONSTRUKCIÓS (SZIGNIFIKÁCIÓS) PROBLÉMA. ÉS EGY „PÉLDTÁR”

*Szabó Levente*

szabo.levente@communicatio.hu

## Problémafelvetés

Horányi Özséb 75-ik születésnapja alkalmából én egy rejtvény-féleséggel szeretnék szolgálni. A problémafelvetés részben kapcsolódik olyan kérdésekhez, amelyek a Tanár Urat foglalkoztatják, ugyanakkor azonban az is célom, hogy egy új szempontot emeljek be. Terjedelmi okok folytán is ezen a kitűzött célon nem is fogok túlmenni, és hasznosabbnak érzem, ha a problémát inkább példák sorozatával mutatom be, remélve, hogy ezek különböző interpretációk számára is használhatók lehetnek. Ez a „példatár” bizonyosan nem teljes, abban az értelemben *ad hoc* is, hogy csak néhány aspektust emel ki, egy szisztematikusabb áttekintésnek itt most nem lesz helye. A problémafelvetés szempontjából azonban remélhetőleg mégis szimptomatikus tud lenni.

Szeretnék egy lehetséges kritikának is elébe menni – no nem a Tanár Úr részéről –, nevezetesen, hogy túl sok lenne a szövegben a fizika, és így kérdés lehet, hogy ez mennyiben releváns kommunikációs szempontból. A rövid válaszom erre az, hogy valójában egy olyan problémáról lesz szó, ami általánosságában a kommunikációs rendszerek működését illeti. A fizikai elméletek kommunikációs rendszereknek tekinthetők abban a tekintetben, hogy jelentéseket hoznak létre, szignifikációt megvalósító konstrukciók.

Így akár az is kérdés lehet, hogy *általában* az elméletek, mint szignifikációs rendszerek például hogyan képesek biztosítani az individualizálást. Ilyen alapon összehasonlíthatóvá válhat az a kérdés, amely arra vonatkozik, hogy hogyan azonosítja egy társadalomtudományi elméleti konstrukció például egy közvéleménykutatás eredményei alapján a humán résztvevőket, azaz milyen kategóriákat alkot az individuális ágensek meghatározására (például egy elvont szerepfogalom formájában), illetőleg az a kérdés, hogy egy fizikai elméletben hogyan azonosíthatók individuális entitásként a „megfigyelt” elektronok, vagy milyen pályafogalommal értelmezhető az Esthajnakcsillag bolygóként. Mindkét esetben az elméleti-nyelvi konstrukció szempontjából ugyanarról az alapvető lépésről van szó.<sup>1</sup> Az is kétségtelen azonban, hogy a kommunikációtudomány míg a humán entitásokkal kapcsolatos ilyenfajta kérdéseket saját hatáskörben kezeli, a természettudományi vonatkozásúakat a filozófiától kölcsönzi. Sok esetben nem is tud elvonatkoztatni a hordozó filozófiai kérdésfeltevéstől. Jómagam is ebből fogok kiindulni.

---

<sup>1</sup> A kategorizálás és individualizálhatóság problémáját Laki (1999) a relativizmus és konstruktivizmus szembeállításában mutatja be. Elemzésében, ahol végül egy köztes megoldást vázol, a probléma általános a humán- és természettudományok közös alapjaiban.

Mégis egy olyan problémáról lesz szó, amelynek tárgyalása kevésbé hangsúlyos a filozófiában is, és talán éppen ezért lehet érdekes a számunkra. Ez pedig az indukció problémája – az individualizálhatóság egy sajátos dilemmája. A tudományfilozófiai és ismeretelméleti vizsgálódások ugyanis elsősorban a megértés és tudás feltételeit kutatják, ehhez pedig elsősorban – a kontextuális, történeti elemzés előtt – a fizikai elméletek dedukciós összefüggéseit, következményeit és szemantikáját elemzik. Ezzel Descartes nyomdokaiba lépnek, aki a modern tudományok ismeretelméleti módszertani alapjait ezekben az összefüggésekben jelölte ki. Ő a dedukciónak az ok-okozati összefüggések leképezésének szerepét szánta, és ez jelentette a megértést és tudás alapját. Az ismeretelméletekben a fizikai elméletek működését illető egyik meghatározó követelményt, az előrejelző képességet is ebben a rendszerben értelmezik: az előrejelzések dedukció útján levezetett következmények.<sup>2</sup>

Fel kell figyelni azonban arra, hogy a fizikai szak- és ismeretterjesztő könyvek, írások a modern (természet)tudomány kikristályosodását a felvilágosodás korának másik kiemelkedő alakjához, Newtonhoz kötve egy másik módszertant domborítanak ki: az indukcióét. Nem elvetve a dedukció funkcióját az elméletek rendszerré formálásában (aminek matematikai megalapozásában Newtonnak is szerepe volt), a fizikai tudománytörténeti leírásokban mégis elsősorban az indukció Newton által megmutatott lehetőségei, keretei jelentik a modern természettudományok megszületését.<sup>3</sup>

A probléma az, hogy ismeretelméleti szempontból az indukció a dedukcióval ellentétben kevésbé alapozható meg, kétségesnek tekintett, hogy az maradéktalanul biztosítani tudná a megértés feltételeit (mint szó lesz erről a következő részben). Igen ám, csak hogy ezek a feltételek a fizikusok számára valójában kevésbé fontosak, mint ahogyan azt a filozófiai diskurzusok elvárnák. *Ad absurdum* Richard Feynman Nobel-díjas fizikus például kijelenti, hogy a kvantummechanikát senki sem érti – miközben a XX. századi természettudományokban ez az egyik legjobban teljesítő elmélet. Jeff Forshaw és Brian Cox pedig a tudományos módszer – lényegében az indukció – diadalaként ünnepli azt, hogy a kvantumfizika úgy tud helyes leírásokat adni, azaz beigazolódnak előrejelzésekre vezetni, hogy ezekhez meg kell haladni a józan ész földhöz ragadt kívánalmait.<sup>4</sup>

Lássuk be, ezek a megfogalmazások nagyon furcsán hangzanak a descartes-i racionalitás eszméjében gyökerező humán tudományokat képviselők számára. Nem így a fizikusoknak. A felvilágosodásbeli gyökerekhez, Newtonhoz visszamenve: „Hypotheses non fingo” (nem gyártok hipotéziseket) kijelentésével éppen Descartes-ra gondol, aki szerinte ott tévedett, hogy a természetben található összefüggéseket a megértés feltételeinek próbálta megfeleltetni, és éppen ezzel juthatott hamis következtetésekre. (Nem lehet ok egy általánosan a

<sup>2</sup> Ld. például Hempel–Oppenheim 1999.

<sup>3</sup> Ezzel az értékeléssel és értelmezéssel többször is találkozhatunk a fizika kultúrtörténeti „bibliájában”, a Simonyi 2011-ben.

<sup>4</sup> Feynman markánsan fogalmaz: [...] „nyugodtan állíthatom, hogy a kvantummechanikát senki sem érti.” (Feynman 1983: 212) Sok fizikustól találunk hasonló értelmű megfogalmazást a kvantumfizika ismeretelméleti alapproblémájával kapcsolatban, így például Forshaw és Jeff: [A kvantumelmélet] „... nem csupán egy másik nézőpontot, hanem egy olyan valóságot tár elénk, amelyet még a legedzettebb és legszürrealisabb képzelőerővel megáldottaknak is lehetetlen volna elképzelni. A tudomány a valóság kutatása, de ha a valóság szürrealisnak látszik, akkor az is. Nincs a kvantumelméletnél jobb eszköz arra, hogy a tudományos módszereket hathatóságát demonstráljuk. Senki sem tudott volna előállni vele a legaprólékosabb és részletesebb kísérletek eredményeinek ismerete nélkül, és az elméleti fizikusok, akik megalkották, képesek voltak megkérdőjelezni és elvetni mélyen hitt és kényelmes meggyőződésüket annak érdekében, hogy megmagyarázzák az előttük álló bizonyítékokat.” (Forshaw–Jeff 2013: 234)

nyelvi rendszerekkel foglalkozó kommunikációelmélet számára, hogy itt húzzon határt vizsgálati tartománya kijelölésénél.)

Ezért érzem egy kicsit szűknek a predikciónak tulajdonítható hatókört Horányinál, amikor ezt állítja: „A magyarázó adekvátság várhatóan erősebb, mint a prediktív, vagyis – feltételezzük, hogy – ha egy deskripció magyarázó értelemben adekvát valamely dologra vonatkoztatva, akkor prediktív értelemben is az; míg ha prediktív értelemben adekvát, akkor ebből nem következik szükségszerűen az, hogy a deskripció magyarázó értelemben is adekvát.” (Horányi 2017: 21) A fizikában ugyanis a megértés a második lépés a predikciók után. Szorosan követheti a predikciókat, ha azok dedukcióval előállítottak, de lemarad, ha a predikciók indukció útján lettek előállítva (és akár zárójelbe is kerülhet, ha a predikciós erőt gyengíti).

Ennek van egy igen egyszerű magyarázata is: a fizika kutatási programokban gondolkodik. Egy elmélet annál értékesebb, minél inkább programot tud adni, valamint minél inkább előre nem látható és előre nem értelmezett – váratlanabb – predikciókra képes és alkalmas,<sup>5</sup> továbbá új elméletekre vezetni. Ez inkább jellemző az indukcióra, mint a dedukcióra.

Egy elmélet lehetőségeiről, potenciáljáról, netán indukciós „erejéről” értekezni ingoványos terület. Ahogyan kiváltképpen a XX-XXI. századi nem klasszikus fizika is ingoványos területeken mozog, amikor olyan fizikai tartományok leírásán fáradozik, amelyek egyrészt közvetlenül nem megfigyelhetők (például a mikrotartományokban a beavatkozó megfigyelés alapvetően megváltoztatja a jelenségeket), másrészt törvényszerűségeit nem lehet levezetni (dedukcióval) az emberi mértettartományra kidolgozott törvényekből. Ide csak indukcióval lehet behatolni. És metaforákkal.<sup>6</sup>

Mindez kommunikációs szempontból azt jelenti, hogy a fizikai elméletek mint nyelvi rendszerek vizsgálatánál el kell különíteni még egy réteget, amely az indukciós perspektívához kapcsolódik. Vagyis ha egy fizikai elmélet esetében például az a kérdés, hogy mik a benne szereplő kifejezések és összefüggések jelentései, akkor azon válaszok mellett, amelyek a megfigyelésekre, mérésekre, továbbá a dedukciós következményekre, valamint a más elméletekhez és kulturális kontextusukhoz fűződő viszonyokra vonatkoznak, különös tekintettel kell lenni arra a többletre, amely miatt indukciós programként tud működni egy elmélet. A szövegben szereplő példatár ehhez a kérdéshez szeretne adalékot nyújtani.

## Az indukció ismeretelméleti problémája

Az indukciónak – úgyis mint programadó eljárásnak a fizikában – többféle következménye és értelme lehet. Ezeket vizsgáljuk meg!

Az indukció alapvetően az a következtetési mód, amely az egyedi esetek összekapcsolásával általánosabb összefüggésre jut.<sup>7</sup> Egy egyszerű példán: ha az egyes megfigyelések

<sup>5</sup> Ezt a meghatározó jellegzetességet hangsúlyozza például Popper 1997, 1999.

<sup>6</sup> Íme egy jellegzetes megfogalmazás a kvantummechanika születésének korából: „A kvantumelmélet ily módon ragyogóan illusztrálja azt a tényt, hogy maradéktalanul megérthetünk bizonyos kapcsolatokat, jóllehet csak szóképek és példabeszédek nyelvén tudunk beszélni róluk. Jelen esetben – nagyjából és egészében – a klasszikus fogalmak, tehát a »hullám« és a »korpuzkula« jelentik a szóképet, a parabolát. Nem írják le teljesen a való világot, ráadásul részben komplementárisak is, tehát ellentmondás feszül közöttük. Mindezek dacára csakis e szóképekkel ragadhatjuk meg a való tényeket, hiszen a természet jelenségeit nem értelmezhetjük más eszközzel, mint a mindennapi nyelvvel.” [Heisenberg idézi Bohr beszédét – Sz.L.] (Heisenberg, 1978, 287–288.) A kérdés általános értelmezését, a komplementaritás elvének feltételezésével ld. Bohr 1984 könyvében.

<sup>7</sup> Az indukció filozófiai problematikájának elemzése: Wartofsky, 1977, *Indukció és valószínűség* c. fejezet: 205–237.

során *A* hattyú fehér, *B* hattyú fehér, *C* hattyú fehér, stb. akkor arra a következtetésre juthatunk, hogy minden hattyú fehér, illetőleg arra, hogy a hattyúk fehérek. A „minden hattyú fehér” esetében egy általánosított összefüggést adtunk meg (minden egyes esetben, amikor hattyút figyelünk meg, azt is megfigyelhetjük, hogy fehér), a „hattyúk fehérek” esetében egy általános fogalmat adtunk meg (a hattyúsághoz hozzátartozik az a tulajdonság is, hogy fehér). Az első az általános indukció, a második a fogalmi indukció.

A filozófiában alapvető probléma az indukció ismeretelméleti státusza: igaz állításnak tekinthető-e egy olyan általános állítás, amelyet egyedi esetekre vonatkozó igaz állítások alapján fogalmaztunk meg? Ha pedig nem lenne igazolható az általános állítás igazsága, egyáltalán ismeretnek tekinthető-e a tartalma? Lehet-e racionális tudásról beszélni?

Egyszerűen előfordulhat az, hogy *A*, *B*, *C* stb. hattyúk megfigyelése után egyszercsak fekete hattyút fogunk találni. Ebben a helyzetben el kell vetnünk az általános következtetést, miszerint minden hattyú fehér, vagy azt, hogy a hattyúk fehérek. Így aztán ha egy adott *A*, *B*, *C* stb. esetben igaz is lenne a megállapítás, ebből nem következhet az általános megfogalmazás. Ez azt jelenti: az általánosítás nem alapozható meg.

Ám a fizikai világ megfigyelése csak az egyes eseteken keresztül lehetséges. Így arra a következtetésre kell jutnunk, hogy semmilyen általános törvény vagy fogalom megfogalmazása nem lehet megalapozott. Ez abszurdum.

A probléma egyik kezelése ennek az eredménynek egyfajta beismerése: az általánosító összefüggések és fogalmak csak olyan elméletek, amelyek valójában csak hipotézisek. A tudás egyfajta hit az igazságban. Alapja az, hogy nem zárható ki, hogy az általánosított állítás igaz is lehet. Azonban egyetlen megfigyelés, amely ellentmond az általánosításnak, megcáfolja a hipotézist – bizonyítani pedig akárhány megfigyelés sem tudja, hiszen sosem zárható ki egy lehetséges ellentmondó bizonyíték léte, valamikori megjelenése.

A problémakezelés másik módja a problémát az időtengelyre vetíti. Ebben az esetben az igazoltság egy adott időpontig szól, a tudás pedig egyfajta állapot, amely az adott időpontig összegyűlt egyedi esetekre vonatkozó tudásunk összesítését tartalmazza. Az általánosítások jogosultak, hiszen az addigi ismereteinket rendezik, a tudás adott állapotát fejezik ki. Az igazság fogalma tehát az igazoltságot jelenti.

Az az elgondolás, amely a tudást adott időponthoz kötött állapotként értelmezi, feltételezi a tudás változását az egyedi megfigyelések függvényében. Ha a tudás az ismeretek rendszerezését jelenti, akkor ez a rendszerezés is változóként tekintett, ami további problémákat vethet fel. Tegyük fel, hogy *A*, *B*, *C* stb. fehér hattyú-esetek megfigyelése után egy adott időpillanatban valóban megfigyelnek egy fekete hattyút. Ekkor az általánosítás a következő lesz: „Mindен hattyú fehér vagy fekete” illetőleg „A hattyúk fehérek vagy feketék”. Aztán egy további megfigyelés során előbukkan egy kék hattyú, később pedig további egyéb színű egyedek. Ekkor ismereteinket a következőképpen rendszerezhetjük: „Mindен hattyú fehér vagy más színe van” illetőleg „A hattyúk fehérek vagy más színűek” vagy „Mindен hattyú fehér vagy nem fehér” illetőleg „A hattyúk fehérek vagy nem fehérek”. Ez az általánosítás azonban már nem fejez ki semmit, a rendezett ismeret paradox módon nem számít már ismeretnek.

Az ismeretek rendezése történhet más módon is. Akkor amikor az *A*, *B*, *C* stb. fehér hattyúk után felbukkan az első fekete, kijelenthetjük, hogy a fekete hattyúk valójában al-hattyúk, nem tekinthetők igazi hattyúknak. Ebben az esetben a tudás rendezett marad, azonban értelmét veszti a megismerés programja, hiszen bármilyen színű hattyút találnánk a jövőben, fenntartjuk az az általánosítást, amely a hattyúk fehérségére vonatkozik. A hattyúkra vonatkozó tudás stabilitása paradox módon már nem minősülhet tudásnak, programot nem tartalmazó megismerés nem lehet ismeret, még ha rendezettséget is mutat.

Természetesen lehetséges más útja is az új megfigyelések értelmezésének. A „minden hattyú fehér vagy ...” esetében meghatározhatjuk a „minden” jelentését, például egy megszámlálható egyedekből álló populációt, és területi eloszlást mutató statisztikát készíthetünk a különböző színű hattyúkról, vagy „a hattyúk fehérek vagy ...” esetén a hattyúság színét mint esszenciálisnak minősített tulajdonságot az öröklődés keretében vizsgáljuk. Végso soron azonban ezek sem mentesítenek az eredeti problémától, hiszen a populáció és öröklődés elméletei és összefüggései szintén indukció eredményei, ahogyan a hattyúk színével kapcsolatos elméletünk, összefüggésünk. A probléma továbbtolódott egy másik elméleti rendszerre, amely másfajta általánosításokat fogalmazott meg.

## Az indukció tágabb fogalma

Bár a fenti példák leegyszerűsített módon mutatták be az indukció filozófiai problémáját, arra szerettem volna rávilágítani, hogy ez a probléma nemcsak a lehetséges – jövőbeni – megfigyelésekre vonatkozik. Ha a véges számú megfigyelések eredményeire úgy tekintünk, hogy azok nem zárhatják ki a cáfoló megfigyelések felbukkanását, és ezzel vagy hitként vagy pedig időkoordináta-hoz rendelt, ideiglenesként értékeljük az elmélet igazságát, akkor ebben utalás jelenik meg az elmélet státuszára is. Az elmélet magában foglal utalást a lehetséges megfigyelésekre és a lehetséges elméletképzésre egyaránt. Ez az indukció tágabb fogalma.

Ez egy olyan kérdés, ami meghatározó jelentőségű a fizikai – különösképpen a mai modern fizikai – elméleteknél. A lehetséges megfigyelések problémája az elmélet előrejelző képességére is vonatkozik, a lehetséges elméletképzésre való utalás az elmélet heurisztikus erejét takarja. Ennek azért van alapvető jelentősége a modern nem klasszikus fizikai elméleteknél, mert minden korábbinál kifejezettebbé vált az a probléma, hogy a fizikai világ megfigyelése és leírása nyelv-, elméletfüggő.<sup>8</sup>

Kifejezetten megmutatkozik ez a kérdés például a részecskefizikában, ahol egy részecske felfedezése csak úgy lehetséges, ha pontosan tudja előre a kutató, hogy milyen tömegűnek kell lennie a feltételezett részecskének, mekkora energiát képvisel, és ha a mérés nem erre a kijelölt energiatarományra vonatkozik, a részecske láthatatlan marad. Az adott részecske felfedezéséhez tehát előzetes elmélettel kell rendelkezni és ennek megfelelő mérési eszközt kell előállítani. A példa világosan mutatja: nem a részecske felfedezése nyomán jön létre az elméleti leírás, a nyelvi struktúrában való elrendezés, hanem fordítva, ahhoz, hogy a felfedezés megtörténhessen, a részecskére vonatkozóan előzetesen kell elmélettel rendelkezni, olyan nyelvi háttérrel, amely képes a felfedezés körülményeit meghatározni. Egy elmélet ezért foglalat magában valamiféle sejtést az elmélet továbbépítésével kapcsolatban. Az indukcióval előállított elmélet tehát nemcsak a jövőbeni megfigyelések problémáira nyithat ablakot, hanem ezzel párhuzamosan saját változásainak lehetőségeire is. Az indukciónak enélkül nem lenne értelme, és ez alapvetően különbözteti meg a dedukciótól. Egyszerűen: ha az egyedi esetek számba vétele sosem tekinthető befejezettnek, akkor az általánosítást adó elmélet elvben sosem lehet befejezett.

Az indukciós elmélet funkciója éppen a folytatásnak a biztosítása, ez jelenti azt, hogy az elmélet utal a saját státuszára. Vagyis az a kérdés, hogy az elmélet tud-e programot adni: nemcsak a lehetséges esetek további megfigyelésére, hanem ezek elméleti kategorizálására, rendezésére, a megértésre. Ezért fogalmaznak néha úgy a fizikusok, hogy egy elméletet nem értettünk meg, további fejleményekre lenne szükség (például a kvantumfizika esetében), vagy az elmélet egyes kérdései arra utalnak, hogy egy mélyebb összefüggés lehet a háttérben (például a szimmetria-elméletekben). Az indukció szempontjából ha egy elmélet adekvátnak

<sup>8</sup> Ld. például a 6. lábjegyzetet.

mondható, ez sokkal kevésbé az igazoltságot (és ezzel a megérthetőséget) takarja, sokkal inkább a folytathatóságot. Az igazoltság csak szolgálja a folytathatóságot.

Példákon szeretném megmutatni az indukció tágabb értelmét. Azt gondolom, hogy az indukció tágabb értelmezése nélkül – ha csak azt vennék figyelembe, hogy az indukció csak a múltbeli megfigyelések általánosítása és feltételezés a jövőbeni esetekkel szemben – nehezen lenne értelmezhető az, amire a természettudományokban elméleti kutatási programként tekintenek.

### **Példák: Newton elmélete mint indukciós általánosítás**

A példák Newton elméleti rendszerére vonatkoznak, de a lista nem teljes, inkább kiragadottak példákat használ a tárgyalt kérdésnek megvilágítására. Kissé rendhagyónak mondható módon először az elmélet hatásait vizsgáljuk, és csak ezek után magát az elméletet, induktív erejének forrásait.

#### ***Newton elméletének indukciós következményei***

a.) Ha Newton általános gravitációs törvényére szűk értelemben vett indukció eredményeként tekintünk (ahogyan a korábbi példákban a fehér hattyúk tapasztalatából alkotott általánosításra), az elmélet a rendelkezésre álló, a bolygók és holdak keringési mozgására vonatkozó adatok között teremt összefüggést. A további indukció azt jelenti, hogy minden további bolygó és hold felfedezése esetén ennek a törvénynek az érvényessége tételezhető, ezzel a törvénnyel azonosíthatók az újonnan felfedezett égitestek. Az indukció mint program ebben az esetben egyszerűen feltételezi, hogy a megfigyelés folytatható, és a későbbi megfigyelések tárgyai nem különböznek az addigi megfigyelések tárgyaitól a gravitációs törvény értelmében.

b.) A gravitációs törvény azonban a naprendszer objektumaihoz képest jóval általánosabb összefüggésként van megfogalmazva – minden olyan objektumra vonatkozik, amely tömeggel rendelkezik. Ez az általánosság egy olyan programot vetít előre, ami a naprendszeren túli objektumokra is irányulhat. Feltételezheti például, hogy a csillagok hasonlóak a Naphoz (ezt a feltételezést egyébként Galilei tette először), amelyek körül bolygók, holdak lehetnek. A sok naprendszeres világképnek további – így filozófiai – következményei is vannak. A gravitációs törvény azonban nem jelöl ki hatókört, a gravitációs erő csökkenő mértékben, de bármekkora távolságon keresztül hatást fejt ki. Így nemcsak a naprendszerekben hat, hanem naprendszerek között is, csillagok csoportosulásai strukturálódhatnak a hatására. A gravitációs törvény így megelőlegezi a csillaghalmazok, galaxisok, galaxisrendszerek leírását. Az indukció során a viszonylag kis – naprendszer méretű – léptékről sokkal nagyobb léptékre váltunk, az általánosítás így egyáltalán nem magától értetődő.

c.) Ennek az indukciós programnak lehet része napjaink kérdése is, még akkor is, ha ennek határát feszegeti: vannak-e más univerzumok a miénken kívül, és milyen magyarázatra van szükség akkor, ha ezek különállóak, azaz közöttük nincsen gravitációs kölcsönhatás<sup>9</sup>? A kérdés azért érinti az elmélet státuszát, mert a gravitációs erő Newton képletében még ha csökken is a távolsággal, sosem lesz nulla. (Einstein általános relativitáselméletének a

---

<sup>9</sup> Ez a kérdés lehet csupán logikai: ha az univerzumot úgy értjük, ahol gravitációs mező uralkodik. Egy univerzum addig ér, ameddig a gravitációs mező tart. Így az egyes univerzumok körül nincsen gravitáció. A kérdés fizikai szempontból Einstein általános relativitáselméletéből következik, amely szerint a gravitációs mező meggörbül a tömeggel rendelkező objektumok körül. Feltételezhető az, hogy az univerzum tömege körül teljesen bezárul.

válasza erre az, hogy az univerzumok között nincsen tér, tehát a távolságok fogalma értelmezhetetlen „ott”.)

d.) Az indukció programjának része lehet az indukció fordított alkalmazása is. Vagyis igaznak elfogadva az általánosítást, olyan új jelenségek létezését feltételezhetjük, amelyek magyarázzák a látszólagos cáfolatokat. Ilyen cáfolatnak mutatkozott a gravitációs törvénnyel szemben például az Uránusz napközi mozgásának anomáliája. John Couch Adams azonban feltételezte, hogy a perturbációt egy eddig ismeretlen bolygó is okozhatja, és éppen a gravitációs törvény alapján számolta ki ennek pályáját és tömegét. Ennek nyomán fedezték fel teleszkópokkal a Neptunuszt. A gravitációs törvény cáfolatát induktív módon sikerült cáfolni. Ezt az eljárást nevezhetjük ellenindukciónak – ami lényegében egy, az elmélet státuszát érintő problémából ered.

e.) Különösen erős következménye van egy ellenindukciós következtetésnek a mai elfogadott kozmológiai világképben. Vera Rubin az Androméda galaxis peremén levő csillagoknak a központ körüli forgási sebességét megmérve olyan nagyarányú eltérést talált a newtoni gravitációs törvény által számítottaktól, amely komoly alapot adott a törvény kétségbe vonására. A forgási sebességek olyan nagyok voltak, hogy a gravitációs törvény szerint a csillagoknak ki kellett volna repülniük a világűrbe. Létezik is néhány elmélet, amely Newton törvényét ennek megfelelően korrigálta. Rubin elmélete azonban a gravitációs törvény helyességét fenntartva nem látható – azaz fényt ki nem bocsátó – anyag jelenlétét feltételezte, amely általánosan van jelen a galaxisokban; ennek vonzása tarthatja vissza a csillagok kirepülését. A történet hasonló az Uránusz felfedezéséhez, a következmény azonban drámaibb: a számítások szerint az Univerzum 90%-ának ismeretlen sötét anyagból kell állnia. Ennek pedig további következményei vannak.

f.) Az ellenindukció vezethet olyan új jelenségek feltételezéséhez, amelyek akár új elmélet megalkotásának lehetőségét is jelzik. Ole Rømer a Jupiter holdjainak mozgásában mért olyan változó értékeket, amelyek nem feleltek meg a newtoni elmélet előrejelzéseinek. Észrevette, hogy az eltérésekben mutatkozó szabályszerűségek azzal függenek össze, hogy milyen messze van a Jupiter-rendszer a Földtől. Ha távolabb volt, a holdak később bukkantak fel, ha közelebb volt, akkor hamarabb. Azt a hipotézist fogalmazta meg, hogy mindez arra utal, hogy a fénynek időre van szüksége ahhoz, hogy a megfigyelt tárgyról a megfigyelőhöz jusson – így helyreállítható a tömegvonzás törvényének érvényessége. Ez a megállapítás azonban a világképünk gyökeres megváltozásának ígéretét hordozta magában, hiszen ez azt jelenti, hogy az égbolton sosem fogjuk látni az aktuális eseményeket, hanem ezek valójában korábbiak. Minél távolabbról érkezik egy fényjel, annál régebbi eseményt figyelhetünk meg. Ez a megállapítás lesz majd az alapja a speciális relativitáselméletnek.

g.) Természetesen az indukciós program részének lehet tekinteni minden olyan technikai alkalmazást is, amely a tömegvonzás törvényén alapul. Így például azok a megoldások, amelyek a földi gravitáció jelentette szabadesés gyorsulásánál nagyobb gyorsulások elérését tűzik ki célul. Az űrrakétákról van szó, amelyek képesek kilépni a Föld vonzásából. Nyilvánvalóan ezeknek az alkalmazásoknak is további jelentős következményeik vannak. Az elmélethez kapcsolódó indukció szempontjából különös jelentőségűek azok a technikai eszközök, amelyek a további megfigyeléseket szolgálják, akár az alapelmélet számára, akár más elméletek számára. Ez utóbbi esetben az indukció a más elméletekhez illeszkedés lehetőségét jelenti.

### ***A „nyers” adatok mint az indukció hordozói***

h.) A fizikatörténeti leírások általában nem mulasztják el méltatni, hogy Newton tekintélyes mennyiségű mérési, megfigyelési adatot gyűjtött össze a korában hozzáférhető kutatások eredményeiből. A gyűjtés átfogó volta nemcsak elsősorban a saját elméleti konstrukciójának

alátámasztását szolgálta, Newton referenciát kívánt nyújtani más elméleti építkezések számára is. Feltételezte, hogy az adatok nemcsak egyféle elméleti keretet engednek meg, így ezeket különleges módon kell kezelni. Arra törekedett, hogy az adatok rendezése minnél kevésbé legyen elmélet-specifikus.<sup>10</sup> Az adatgyűjtésnek ez a módja arra enged következtetni, hogy Newton már az adatok szintjén is lehetséges induktív programokban gondolkodott.

i.) Manapság magától értetődőnek hangzik, de Newton korában egyáltalán nem volt az: az adatok pontosságának kiemelt jelentősége van. Például Galilei mérései egyáltalán nem voltak pontosak, és ezt nem tartotta olyan jelentőségűnek, hogy elméleti problémaként fogja fel. Vélekedése szerint a mérések tetszőlegesen közelíthetnek az ideális méréshez, az indukciónak ebben a tekintetben az lehet a funkciója, hogy a pontatlanságoktól elvonatkoztasson. Newton azonban már láthatta, hogy a mérési pontatlanságok nemcsak közelítési problémát jelenthetnek, hanem eltérő következtetések alapjai lehetnek: Galilei például egyszerűen mérési hibának tekintette Kepler ellipszis bolygópályákra vonatkozó adatait, feltételezte, hogy a pályáknak valójában kör alakúaknak kell lenniük. Ezzel pedig Kepler elméletét is elvetette és tévedett. Ez azonban azt mutatja, hogy az (ideális) mérés fogalma elméletfüggő. A nyers adatok tehát többféle induktív általánosítást lehetővé tesznek, aszerint, hogy milyen ideális mérést feltételez az elmélet. Newton egyébként éppen emiatt törekedett arra, hogy ugyanazon jelenségre vonatkozóan különböző típusú mérésekből származzanak az adatok.

j.) Bár a megfigyelési adatok szerepével és értelmezésével Newton korának filozófiája nem foglalkozott érdemben, és mérés-módszertani kérdés maradt egészen a XX. századig, a fenti két megjegyzés mégis megengedi annak a problémának az olvasatát, amellyel a modern fizika találkozik és amellyel a mai ismeretelméletek is foglalkoznak: a megfigyelési adatok nem determinálják az elméleti rendszereket – az elméletek aluldetermináltak.<sup>11</sup>

Ebből az következik, hogy ugyanazon adatok többféle elméleti rendszernek megfelelőhetnek. Ezt Newton bizonyosan felismerte, az elméletképzés módszertanára vonatkozó „filozófiai szabályként” fogalmazza meg: „Negyedik szabály: A természetfilozófiában azokat az állításokat, amelyeket a jelenségekből általános indukcióval következtettünk, tekintsük vagy egészen pontosan, vagy közelítő pontossággal igaznak, tekintet nélkül bármely más hipotézisre, amely még elképzelhető [...]”<sup>12</sup> Az indukció adatokat illető feltételei nem tekinthetők olyan *a priori* alapnak, amely valamilyen kizárólagos igazság-fogalom kritériumának, kizárólagos igaz elméletnek megfelelné.

k.) Ez a szabály utólagosan – éppen az adatokat összekapcsoló elméletképzés felől – is jogosítványt ad a kiindulópontnak: „Első szabály: Ne tulajdonítsunk több okot egy természeti jelenségnek, mint amennyi igaz és elégséges is a magyarázatukhoz”.<sup>13</sup> A megfigyelési adatok tekintetében ez azt jelenti, hogy nemcsak megengedett vagy elkerülhetetlen, hanem módszertani szempontból kívánatos az adatok szelekciója, redukciója. Ezt követően a negyedik szabály megengedi, hogy ezen adatok alapján olyan rendszert kapjunk, amelynek lehetségesek alternatívái, vagy maga is, alternatívaként saját, alternatív igazság-fogalmat alapoznak meg.

<sup>10</sup> Ez a követelmény egy mai kutatónak magátólértetődőnek tűnik, de Newton megelőzően nem volt az. Ugyanakkor ma már kérdés, hogy az adatokat lehet-e egyáltalán nem elmélet-specifikus módon rendezni; azt viszont lehet előfeltételezni, hogy relatíve különböző elméletek számára lehetnek alkalmasak, nem köthetők kizárólagosan egy elmélet kereteihez.

<sup>11</sup> Forrai–Szegedi 1999 szöveggyűjteményében található szerzők majd mindenike tárgyalja a problémát. A pozitivistá programra reagálásként először talán a legexplicitebben Quine (2002) fogalmazta meg a problémát.

<sup>12</sup> Idézi Simonyi 2011, 273.

<sup>13</sup> U.o.



### ***A kauzalitás elve mint az indukció alapja***

l.) Tudománytörténeti szempontból nem mellékes az a tény, hogy Descartes és Newton nem voltak kortársak, így nem lehet szó egymásra hatásról (programjaik későbbi hatásai esetében azonban annál inkább). Newton születése nem sokkal Descartes halála után volt. Filozófiai szempontból a felvilágosodás programjának alapgondolata – miszerint a világ megismerhető, és ez olyan elv mentén kivitelezhető, amelynek általánosnak kell lennie a világegyetem összes objektumára – már adott volt Newton számára. Newton a természeti törvény fogalmát határozza meg ezzel az általánosítással – és ez a programjának az egyik alapja: olyan összefüggéseket kell a természetben definiálni, amelyek általánosként határozhatók meg. Egész elmélete abból a descartes-i feltételezésből fakad, hogy a természeti törvények általánossága a kauzalitáson, az ok-okozati összefüggésen alapul. Newton elméleti rendszere tehát kauzális – a program későbbi következményei is ebben a keretben vannak elkönyvelve a fizikátörténetben. A hipotézis szerint minden természeti jelenségnek valamilyen oka van, és ez az ok erőként azonosítható. Explicitebben: minden természeti jelenség változásokban mutatkozik meg, és minden változást valamilyen erő jelenléte vált ki. Továbbmenve: minden változás valamilyen mozgást jelent, objektumok időbeni helyváltoztatását, amelyet valamilyen erők határoznak meg – ez a fizikában a mechanika alapgondolata.

m.) Descartes ismeretelméleti rendszerében az ok-okozatiság közvetlen összefüggést jelent – ez volt szerinte annak a feltétele, hogy a világ megérthető legyen. Fizikailag ez azt jelentette számára, hogy az ok közvetlenül váltja ki az okozatot, vagyis közvetlen érintkezésnek kell lennie az ok és okozat között. Ebből arra következtetett, hogy a hatások pontról pontra terjednek – ehhez pedig a világot valamilyen közegnek kell kitöltenie (ez a hipotézis programként határozta meg a fizikai kutatásokat a modern nem klasszikus fizika megjelenéséig). Newton rendszerében azonban ez a feltételezés hiányzik, bár a mechanikát ő is a közvetlen érintkezés felvetésével kezdte kidolgozni. Ha az erő fogalmát általánosként kell meghatározni, ennek nem kell tartalmaznia lényegéből fakadóan – esszenciálisan – a közegre való utalást. A kérdés az volt: meddig mehet el az erő fogalmán alapuló indukció anélkül, hogy a közeg feltételezése elkerülhetetlen lenne? Newton végül nem ütközött ebbe a kényszerbe. Lényegében ez példázta azt, amit Newton az első törvényben fogalmaz meg: ne tulajdonítsunk több okot, mint amennyi elégséges. (A descartes-i rendszerben a közeg feltételezése nem ok a kauzalitás értelmében, de az okok létének és hatásának feltétele része az ok-okozat kapcsolatban kifejeződő kauzalitás fogalmának.)

Ez a sejtés erőteljesen meghatározza a későbbi fizikát, kiváltképpen a mai modern fizikát. Az első szabály tehát így hangozhatna: ne tulajdonítsunk több feltételt, mint amennyi szükséges a természeti törvények általánosságának meghatározásához. Feltételezhető: az egyszerűbb feltételeken alapuló elmélet nagyobb általánosságot fejez ki. Ez a fogalmi indukció alapja. Fizikusok ezt gyakran úgy fogalmazzák meg, hogy az egyszerűbb elmélet feltehetően igazabb (a filozófusok ezzel a megfogalmazással az igazság fogalmára való utalás miatt nem értenének egyet). Bár ennek a feltételezésnek az igazolása mindig utólagos (hiszen indukcióról van szó), vagyis az adott elmélet következményeinek vizsgálata során akkor meghatározó szempont, ha két elmélet közül kell választani, és mindkét elméletet hasonló mértékben igazolnak a megfigyelések.

### ***Fogalmi változást előidéző indukciós kiterjesztések***

n.) A körmozgásokra megállapított leírásból, csupán az  $F=ma$  összefüggésből, számos olyan kérdés származtatható, amely programként fogalmazható meg, így induktív általánosításoknak nyit utat.

Első olvasatban az összefüggésnek megfelelő definíció logikai körforgásként értelmezhető, ez az, amivel ha egy elméletalkotás él, súlyos kritikák érhetik, hiszen egy elmélet nem tekinthető ilyenformán megalapozottnak. A definiált fogalom logikai szempontból üres. A körkörös definíció az  $F=ma$  esetében így hangozhatna: 1. Minden mozgásváltozás valamilyen erőnek tulajdonítható; illetőleg 2. Minden erő valamilyen mozgásváltozást idéz elő. Az így definiálatlan erő fogalma redundanciának tűnik, olyan, mintha csak az  $m$ -a összefüggésnek lenne a rövidítése.

Newton tisztában volt ezzel a vélelmezett logikai hibával. Magyarázata szerint az összefüggésnek a természet megismerése vonatkozásában van jelentősége. Kutatási programként lehet felfogni azt az eljárást, miszerint a mozgásváltozások mögött álló erőket meghatározzuk, az így kapott erő-meghatározás alapján pedig további jelenséget lehet keresni, amelyet ez az erő kiválthat. Ezzel újabb következtetési kör kezdődhet.

Az új jelenségek a kiváltó erőkre vonatkozóan hordozhatnak új információkat, amelyek az erők egy általánosabb leírását kívánhatják meg. Nevezhetjük ezt körkörös indukciónak is. A felsorolás elején található példák éppen ennek az indukciónak az alkalmazását mutatták.

o.) A newtoni egyetemes tömegvonzási törvény megalkotása előtt a természeti világ és ennek leírása két elkülönülő tartományra tagozódott, a földi és égi jelenségek világára. Az elkülönülés tételezése és magyarázata a filozófiában elsősorban Arisztotelészig vezethető vissza, de kiemelt jelentőségű volt a felvilágosodás korát megelőző vallásos világmépeknek is. Bár a kopernikuszi világmépek bolygóvá minősítette vissza a világ vagy naprendszer középpontjának tekintett Földet, valójában még Newton korában sem voltak meggyőző bizonyítékok a Föld forgására. Ellenérvek annál inkább: ha a Föld haladó mozgást végezne a Nap körül, akkor a toronyból leejtett tárgyakra messzebb kellene leesniük a torony lábánál, hiszen az esés ideje alatt a Föld arrébb mozdulna; ha a Föld forogna a saját tengelye körül, akkor a tárgyakra ki kellene repülniük a világűrbe a centrifugális erők hatására stb.

Az égi jelenségek explicit leírását Kepler adta: ez egy tisztán geometriai leírás, amelyben a bolygók pályáinak formája, a keringések által érintett területek nagyságai és a bolygók pályáinak nagysága közötti összefüggések szerepelnek. A földi jelenségek leírását Galilei nyújtotta, ez egy dinamikai leírás, amelyben a földi tárgyak – lejtőn és szabadesés közben – időbeni mozgásai közötti összefüggések szerepelnek.

Bár a két világ leírása egységesítésének programját Descartes már kitűzte, a kauzalitás elve még túlságosan általános volt ennek véghezviteléhez (de az örvényeket feltételező értelmezésének továbbvitele sem tűnt ígéretesnek). Newtonról az az anektodikus kép terjedt el, hogy a fáról leeső almáról támadt az általános gravitáció gondolata, ténylegesen ez akkor öltött formát, amikor azon gondolkodott, hogy a földre leeső tárgyak hogyan viselkednek a távolság függvényében: ha az alma leesik a fáról, akkor a Holdnak is esnie kell. Ugyanaz az erő hat mindkét objektum esetében, a Föld vonzása. Az azonos erőnek azonos jellegű mozgásban kell kifejeződnie (még ha ez az erő a távolság növekedésével csökken is).

Ez a következőképpen lehetséges: a tárgyak, amennyiben nem hat rájuk semmilyen erő, egyenes vonalú egyenletes mozgásukat vagy mozdulatlanságukat megtartják. Ez a Galilei által megfogalmazott tehetetlenség törvénye. Ha a Holdra nem hatna semmilyen erő, egyenes vonalban távolodna a Földtől. Ellenben a Hold folyamatosan letér erről az egyenes vonalról és kör alakú pályára áll. A Hold esése tehát éppen abban áll, hogy letér a távolodó egyenes vonalú mozgás pályájáról. Vagyis a körre húzott érintő egy adott pontja és a körszelet közötti távolság jelenti a Hold esésének mértékét.

Az indukció ebben a gondolatmenetben: kiterjesztett egy emberi tapasztalatot egy másik tartományra, amely az emberi tapasztalat számára nem hozzáférhető. Egy földi jelenségre (az alma mozgására) vonatkozó leírást kiterjesztett egy nem földi jelenségre (a Hold mozgására).

### ***Más elméletekhez viszonyuló indukció***

p.) Ezek után természetesen volt az a feladat, hogy a Holdra kiterjesztett „esés-törvényt” összehozza az égi objektumokra vonatkozó geometriai törvényekkel. Bebizonyosodott: a gravitációs törvény alapján adott leírásnak következményei, a Kepler törvények, levezethetők az előbbiből. Ez a példa egy újabb, különleges indukciót mutat: az általánosítás addig a pontig történik, ahol egy másik elmélet alapján értelmezett jelenségek állnak. Pontosabban: egy adott elmélet tárgyalási tartománya (amibe az elmélet által meghatározott objektumok tartoznak) bővíthető induktív általánosítással addig, ameddig ez kiterjedhet valamely más elmélet által meghatározott tárgyalási univerzumra; ekkor a két elmélet azonos alapokra helyezhető.

Mint láttuk korábban, a modern fizika egyik kiemelt programja az, hogy a különböző elméletek egyesíthetők legyenek, hogy megtalálják azt a közös fogalmi alapot, amely alapján a különböző elméletek ebből leszármaztathatók. Fogalmi indukcióról van szó, ahogyan a Hold mozgását esésként kellett értelmezni, hasonló jellegűek azok az elképzelések a mai modern fizikában, ahol pl. a gravitációs hatásokat kvantumosan kell értelmezni, a részecskékre alapozott elméleteket össze kell kapcsolni azokkal, amelyek a mező fogalmából indulnak ki stb.

r.) A két elmélet „egyesítéséről” még két megjegyzést mindenképpen szükséges tenni. Az egyik az, hogy a newtoni elmélet éppen azért is tudott „bizonyosabbá” válni, hogy nem került ellentmondásba a Kepler törvényekkel. Az természetesen nem feltétlenül elvárás egy elmélettel szemben, hogy a korábbi elméleti konstrukciókkal összeegyeztethető legyen, a fizikatörténet ellenpéldákkal is szolgál. Amire azonban fel kell figyelni: egy elmélet nem megfigyelési adatokkal ellenőrzi magát, hanem egy másik elmélettel. Vagyis az elméletből következő levezetést olyanképpen is meg lehet választani, hogy az visszadja egy másik elmélet összefüggéseit (ennek az volt a feltétele, hogy az adott elmélet tárgyalási univerzumát kiterjesztette a másik elmélet tárgyalási univerzumára). A másik megjegyzés az „egyesítésről”: a newtoni elméletből következő levezetés nem csak visszadja a Kepler törvényeket, hanem összefüggést is létesít közöttük. Kepler geometriai leírásában a törvények – az első törvény által megadott ellipszis pályák, a másodikban a bolygómozgások által „seper” terület idő közötti összefüggés, valamint a harmadikban a bolygók Naptól való távolsága és keringési idejük közötti összefüggés – között nincsen a geometriai leíráson túlmutató összefüggés. Newton elméletéből következően azonban a három törvény között olyan viszony jön létre, amely által mélyebb értelmet nyernek.

Egy másik elméletre kiterjedő elmélet tehát olyan indukcióként is felfogható, amely új összefüggéseket hoz létre, átértelmezheti a másik elmélet összefüggéseit.

### ***A konstansok potenciális indukciós problémája***

s.) Még egy – főként a mai modern fizikában – kiemelkedő jelentőségűvé vált kérdést emelnek ki a newtoni tömegvonzás törvénye kapcsán. Az egyetemes gravitáció összefüggésében szerepel egy látszólag jelentéktelen elem: egy konstans, a gravitációs állandó. Ennek bevezetésére azért van szükség, mivel a mérések alapvetően egy konvencionálisan megállapított mértékegységhez vannak vonatkoztatva, így nem ez jelenti a valódi információt, hanem az ezek közötti arány. Amennyiben az arányok között összefüggés van, adott esetben ezek az arányok állandónak bizonyulnak, ezt egy konstanssal lehet kifejezni. Ilyen arány-állandóságokat feltételezett Galilei a földi tárgyak, és Kepler az égi objektumok mozgásánál. Newton a két világ összekapcsolásával nemcsak azonos összefüggést állapított meg (mint törvénykifejezést), hanem feltételezte, hogy az ebben szereplő arányossági tényező – vagyis a gravitációs állandó – is azonos.

Lehetett volna az összefüggés formája azonos, de a gravitációs állandónak más az értéke földi és égi körülmények között. Newton feltételezése az volt, hogy amennyiben a gravitációs állandó a Naptól különböző távolságokra eső bolygók esetében nem változik a távolsággal, úgy a földi körülmények között is ezzel egyező értékűnek kell lennie. Ennek nagy induktív ereje van: feltételezve, hogy ez az érték nem változik a világegyetemben, kiszámolható bármely égi objektum tömege a mozgása alapján.

t. A gravitációs állandó univerzalitása megengedi azt a következtetést, hogy az univerzum egyöntetű, homogén. Newton ennek alapján tételezte, hogy a világegyetemben egy abszolút vonatkoztatási rendszernek kell léteznie, amelyhez minden mozgás viszonyítható. Ez az abszolút vonatkoztatási rendszer fejeződik ki a gravitációs állandó univerzalitásában. Az abszolút vonatkoztatási rendszer problémája egészen a modern nem klasszikus fizika ezt elvető koncepcióiig kutatási programként hatott – legnyilvánvalóbban az éterelméletben fejeződött ki –, noha maga Newton ebben a felvetésében erősen kételkedett. A homogén világegyetem feltételezése azonban megengedi, hogy a lokális leírások univerzálisan kiterjeszthető érvényűek legyenek. A világ megismerhető – köszön vissza a felvilágosodás eszméje –, még hozzá a Világegyetemnek egy elhanyagolhatóan kisméretű körülményei között – a Földön. A gravitációs állandó univerzalitása a mai napig igaznak bizonyult a mérésekben.

u. A tömegvonzásra mint kölcsönhatásra megállapított gravitációs állandó univerzalitása olyan minta, amely programként hatott. A fizikai alap kutatások olyan kölcsönhatásokat kerestek, amelyek hasonlóan univerzálisnak tekinthetők, és amelyek hasonlóan univerzális konstanson alapulnak. Így értelmezett konstansokon alapulnak az elektromágneses (atomi), gyenge és erős (atommagban található) kölcsönhatások.

v. A gravitációs állandó univerzalitása természetesen felvet egy további kérdést: miért állandó az állandó, és miért pontosan ennyi az értéke? Ha Newton arra a megállapításra jutott volna, hogy például a földi körülmények között más értékű lehet, mint az égi objektumok esetében, vagy nem azonos a különböző bolygómozgásoktól függően, tovább kellett volna kutatnia: meg kellett volna határozni a változás törvényét, enélkül az elméleti rendszer darabokra hullott volna. Bár a gravitációs állandó valóban állandónak tűnik a mérésekben, manapság mégis olyan elméleti rendszereket keresnek, amelyek ezt az állandót lehetséges értéként fogalmazzák meg. Miért? Mert ez az érték *ad hoc* bevezetett érték: azért annyi, mert ennyit mutatnak a mérések. Nincsen egyéb magyarázata. Egy kielégítő magyarázatnak egy olyan elméletnek kell lennie, amely levezeti valamilyen általános összefüggésből a konstans adott értékét. A konstansok jelenléte tehát programot vetíthet előre: olyan elméletekre utalnak, amelyek magyarázni tudják a konstans tartalmozó elméletet.<sup>14</sup>

x. A mai modern fizika rendszere nagyon sok elemi állandót rögzített már. A magyarázatot sürgetővé teszi a nagy számuk is, de az is, hogy ezek olyan alapvetően határozzák meg a fizikai jelenségek jellegét, hogy az értékek legkisebb eltérése radikális változást eredményez bennük. A problémára leginkább az antropikus elvet megfogalmazó értelmezések hívják fel a figyelmet: eszerint bármelyik állandónak az eltérése lehetetlenné tette volna az élet létrejöttét. Így a nagyszámú állandó össze- és finomhangoltsága rendkívül valószínűtlenné teszi az élet lehetőségét.<sup>15</sup> Egy másik megközelítés arra enged következtetni, hogy az univerzum valójában nem egy egyedi képződmény, sok és sokféle univerzum létrejöhetett.<sup>16</sup> Ezek min-

<sup>14</sup> A konstansok lehetséges változásának problémája: Fritsch 2003.

<sup>15</sup> A probléma többszemponú ismertetését és következményeinek körbenjárását találhatjuk: Davies, 2008.

<sup>16</sup> Carr (2007) szerkesztésében megjelent kötetben Wilzcek, Rees, Tegmark, Linde, Bjorken és Mukhanov elemzik a több univerzum, azaz a multiverzum létének a lehetőségét. Davies (2008) az antro-

degyikében beállítódnak a konstansok valamilyen értékei, amelyek eltérőek lehetnek az általunk ismertektől. Ezeknek az univerzumoknak egy része instabil, vagy ki sem fejlődnek, másokat pedig egészen különböző fizikai jelenségek jellemeznek. Eszerint tehát a konstansok ismert értékei csupán a statisztikailag értékelhető lehetőségek egyikét képviselik. Megint más elméletek megengedik a konstansok időbeni változását, és annak nyomait kutatják, hogy ezek az állandók más értékűek lehettek korábban az univerzumunkban.

z. A konstansok jelenléte mindig zavarbaejtő egy elméletben, ha csak mérési eredmények alapján, de mégis az univerzalitás feltételezésével lettek bevezetve. Különösképp kérdéseket vet fel egy elmélettel szemben az, ha sok ilyen független konstans szerepel benne. Annak jele lehet, hogy az elmélet nem talált meg valamilyen alapvető összefüggést, amely összekapcsolná ezeket. A konstansok száma tehát bizonyos értelemben az elmélet státuszára utal, további indukció feltételezhető. Ilyen helyzetben van jelenleg a *Részecskefizika standard elmélete*, ahol 26 konstans szerepel, amelyek kívülről, mérési eredményként lettek bevezetve. Úgy is lehetne fogalmazni, hogy a nagyszámú, csupán méréseken alapuló konstans jelenléte, éppen azért, mert az elmélet igaznak mutatkozik és predikciói igazolódnak, mégis egy mélyebb elmélet lehetőségére utal. A leendő elmélet „mélységének” az lehet az egyik jele, hogy abban kevesebb konstans fog szerepelni.<sup>17</sup>

## Összességében

Ha a fizikai elméletek nyelvi rendszerekként értelmezhetők, amelyek jelentéseket állítanak elő általánosított természeti törvényekben megmutatkozó világkép formájában, akkor különös jelentőséggel bír az adott elmélet „induktív ereje”. Vagyis az, hogy az adott elmélet voltaképpen kutatási programként jelenik meg. Ez pedig azt jelenti, hogy az elméletben megfogalmazott általánosítás nemcsak a lehetséges egyedi megfigyelésekre vonatkozik, hanem maga az általánosítás is egyedi esetként értékelt. És mint egyedi szemantikai konstrukció, további induktív általánosítás hordozója lehet. Ez a megfontolás alaposabb szemantikai és pragmatikai értelmezést kíván.

---

pikus elv szempontjából vizsgálja a kérdést. Bőséges szakirodalom, amely a kvantumfizikai és húr-elméleti hipotéziseket is tartalmazza: <https://en.wikipedia.org/wiki/Multiverse>.

<sup>17</sup> Smolin (2011) a modern tudomány egyik legalapvetőbb problémájaként fogalmazza meg, ld. *Az elméleti fizika öt nagy problémája* c. fejezetben: 34–37. A könyvben azonban többször is visszatér rá és elméleti következményeit valamint húrelméleti vonatkozásait elemzi.

## Irodalom

- Ágoston Hugó (szerk.) (1979) *Fizika és megismerés*. Bukarest, Kriterion.
- Anderson, James A. (2004) *A kommunikációelmélet ismeretelméleti alapjai*. Budapest, Typotex.
- Bohr, Niels (1984) *Atomfizika és emberi megismerés*. Budapest, Gondolat.
- Carr, Bernard (ed.) (2007) *Universe or Multiverse?* Cambridge, CUP.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107050990>
- Davies, Paul (2008) *A megbundázott Világegyetem*. Budapest, Akkord.
- Descartes, René (1994) *Elmélkedések az első filozófiáról*. Budapest, Atlantisz.
- Descartes, René (2000) *Értekezés a módszerről*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó.
- Dirac, Paul (1979) Alapvető fizikai állandók és időbeni fejlődésük. In Ágoston 1979, 116–126.
- Cassirer, Ernst (2007) *A felvilágosodás filozófiája*. Budapest, Atlantisz.
- Einstein, Albert (2003) *A speciális és általános relativitás elmélete*. Budapest, Kossuth.
- Feynman, Richard (1983) *A fizikai törvények jellege*. Budapest, Magvető.
- Forrai Gábor – Szegedi Péter (szerk.) (1999) *Tudományfilozófia. Szöveggyűjtemény*. Budapest, Áron Kiadó.  
 Interneten letölthető: [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011\\_0001\\_537\\_Tudomanyfilozofia/adatok.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_537_Tudomanyfilozofia/adatok.html)
- Forshaw, Jeff – Cox, Brian (2013) *A kvantum világegyetem*. Budapest, Akkord.
- Fritsch, Harald (2003) Are the fundamental constants constant? *CERN Courier* 2003/3.  
<http://cerncourier.com/cws/article/cern/28811>
- Hacking, Ian (1999) Kísérletezés és tudományos realizmus. In: Forrai–Szegedi 1999, 370–380.
- Hempel, Carl G. – Oppenheim, Paul (1999): A tudományos magyarázat logikája. In: Forrai–Szegedi 1999, 66–77.
- Heisenberg, Werner (1967) *Válogatott tanulmányok*, Budapest, Gondolat.
- Heisenberg, Werner (1978) *A rész és az egész. Beszélgetések az atomfizikáról*. Budapest, Gondolat.
- Horányi Özséb (szerk.) 2007. *A kommunikáció mint participáció*, Budapest, AKTI–Typotex.
- Horányi Özséb (2009) Arról, ami szignifikatív és arról, ami kommunikatív; valamint arról, ami problematikus (szinopszis, 7.3 változat). In: Bagdy Emőke – Demetrovics Zsolt – Pilling János (szerk.) *Polihistória. Köszöntők és tanulmányok Buda Béla 70. születésnapja alkalmából*, Budapest, Akadémiai, 201–235. Elérhető interneten:  
[http://ozseb.horanyi.hu/participacio/szinopszis7\\_3.htm](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>
- Lakatos Imre (1999): A falszifikáció és a tudományos kutatási programok metodológiája. In: Forrai–Szegedi 1999, 114–136.
- Láng Benedek – Zemlén Gábor – Fehér Márta (2005) *Tudás az időben*. Budapest, L'Harmattan.

- Laki János (1999) Madár-e a denevér? A természeti fajták természetessége. In: Neumer Katalin (szerk.) *Nyelv, gondolkodás, relativizmus*. Budapest, Osiris, 283–322.
- Newton, Isaac (1977) *A világ rendszeréről és egyéb írások*. (Válogatta, fordította és az utószót írta: Fehér Márta) Budapest, Magyar Helikon.
- Newton, Isaac (1981) *A Principiából és az Optikából*. (Válogatta, bevezető tanulmánnyal és jegyzetekkel ellátta: Heinrich László) Budapest, Kriterion – Európa.
- Popper, Karl (1997) *A tudományos kutatás logikája*. Budapest, Európa.
- Popper, Karl (1999) Három nézet az emberi tudásról. In: Forrai–Szegedi 1999, 334–349.
- Quine, Willard van Orman (2002) *A tapasztalattól a tudományig. Válogatott tanulmányok*. (Szerkesztette és válogatta Forrai Gábor) Budapest, Osiris.
- Simonyi Károly (2011) *A fizika kultúrtörténete*. Budapest, Gondolat.
- Smolin, Lee (2011) *Mi a gubanc a fizikával? A hűrelmélet problémái és a lehetséges kiutak*. Budapest, Akkord.
- Szabó Levente (2014a) Fizikai elméletek határán. Természeti törvények szinterei az ágens perspektívájában. In: Demeter Márton (szerk.) *Konstruált világok. A jelenségek kommunikatív leírása*. Budapest, Typotex, 89–107.
- Szabó Levente (2014b) Természeti törvények nyelvi rendszereinek határain. Fizikai elméletek kommunikációelméleti perspektívában. *Jel-Kép* 2014/2.  
[http://communicatio.hu/jelkep/2014/2/szabo\\_levente.htm](http://communicatio.hu/jelkep/2014/2/szabo_levente.htm),  
<https://doi.org/10.20520/Jel-Kep.2014.2.4>
- 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](http://communicatio.hu/jelkep/2015/4/JelKep_2015_4_Szabo_Levente.pdf),  
<https://doi.org/10.20520/Jel-Kep.2015.4.113>
- Wartofsky, Marx W. (1977) *A tudományos gondolkodás fogalmi alapjai. Bevezetés a tudományfilozófiába*. Budapest, Gondolat.
- Wigner Jenő (1979) Kétfajta valóság. In: Ágoston 1979, 140–159.