

# A napneutrínó-probléma szociológiája és filozófiája

Kutrovácz Gábor

TDK dolgozat, 2001 őszi félév

## 1. Bevezetés

Dolgozatomban annak járok utána, hogy milyen főbb szociológiai és filozófiai elemzések születtek a közelmúlt (és egyben napjaink) egyik legérdekesebb tudományos problémája, az úgynevezett napneutrínó-probléma kapcsán. A tudomány vizsgálatának szentelt megközelítések közül az ún. szociálkonstruktivista irányzat (és annak is a Harry Collins és Trevor Pinch által képviselt verziója) különösen nagy szerephez jutott a napneutrínó-kísérletek elemzésében. Amint a szociálkonstruktivista szerzők részletes esettanulmányokat írtak a napneutrínó-problémáról, hogy ezek segítségével mutassák be, hogyan működik (szerintük) a tudomány, úgy a filozófiai-szociológiai reakciónkat egy esettanulmány tárgyává teszem annak érdekében, hogy bemutassam, milyen elvek alapján működik (szerintem) a szociálkonstruktivizmus. Emellett felhasználom az alkalmat arra, hogy tömör utalásokat tegyek egy másik, szintén a vizsgált tudományos problémát elemző filozófiai irányzatra, a tudományhermeneutikára.

## 2. Szociálkonstruktivista tudományfelfogás

Kiindulásként előrebocsátom, hogy véleményem szerint melyek azok a legfontosabb alapelvek, amelyeket a szociálkonstruktivista szerzők követnek, és amelyek világosan körvonalazódnak a napneutrínó-problémát tárgyaló elemzéseikben. Felsorolásom természetesen nem érinthet minden releváns pontot, de szándékom, hogy a legmarkánsabb jellegzetességek kiemelésével a lehetőségek szerint hű képet fessek a szóban forgó tudományfilozófiai irányzat alapvonalairól.

- A szociálkonstruktivizmus irányzata a hagyományos, „pozitivist” tudományképpel szemben tartalmi elemzést is vállal. Míg az ún. poszt-pozitivist fordulat előtt a tudományfilozófiai elméletek tipikusan azt a célt tűzték maguk elé, hogy számot adjanak a tudományos elméletek formai jellegzetességeiről (ilyen pl. az elméletek logikai felépítése, az igazolás vagy cáfolás logikai módszere, a tudás gyarapodásának formai kritériumai), addig a későbbi, jellegzetesen „szociologizáló” tudományfilozófiák azzal a feladattal is meg kívánják birkózni, hogy ún. externális (vagyis a tudomány szempontjából hagyományosan külsőnek tekintett) tényezők figyelembevételével következtetéseket vonjanak le az elméletek és a tudományos tudás tartalmának tekintetében.
- A szociálkonstruktivisták relevánsnak tekintik azt a felismerést, hogy a tudományos tudás szociális folyamatok során épül fel. Hangsúlyozzák, hogy a tudományos ismeretek különböző „ideológiák”, érdekek, technikai és fogalmi lehetőségek stb. viszonyainak dinamikus hálójában keletkeznek, *konstruálódnak*. Szerintük ismereteink minden esetben magukon hordozzák

keletkezésük körülményeinek jegyeit, s ennél fogva a tudományos tudás nem egyszerűen a Természet „tükörképe”, hanem szociológiai elemzés tárgyává tehető.

- Ennek következménye, hogy a tudományos megismerés szubjektuma nem a magányos „hős”, az episztemológiai szempontból Robinson Crusoe szerepében tetszelgő megismerő alany, hanem mindig egy társadalmi csoport. A tudomány ismeretelméleti vizsgálata nem követhet egy individualista, atomista módszertant, ugyanis az érdeklődésére számot tartó ismereteket valójában nem az egyedi tudósok, hanem a szűkebb vagy tágabb tudósközösségek termelik és hordozzák.
- További következtetésként levonható, hogy nem létezik „az” objektív tudás. Fel kell adnunk az „Isten szeme” metaforával kifejezett, abszolút semleges nézőpont iránti vágyakozást, és el kell vetnünk „az Igazság könyve”-típusú végérvényes tudásra vonatkozó igényeinket. A tudományban minden értelmezés és konstrukció kérdése, és egyetlen olyan örök érvényű ismeret sem lehetséges, amely – függetlenül keletkezésének körülményeitől – védetté válhatna az esetleges átértelmezéssel vagy dekonstrukcióval szemben.
- Továbbá, nem létezik „a” racionális módszer. A tudományos kutatás „intellektuális tisztességekódexe” nemcsak hogy nem követhető, hanem egyenesen meg sem fogalmazható. A kutatás, felfedezés, igazolás, problémafelvetés és –megoldás stb. módszere sohasem lehet mentes a szociológiai, pszichológiai, gazdasági és egyéb „külső” befolyásoktól. Ezen kívül a tudományos módszer egésze elvileg sem explikálható, hiszen minden tudományos tevékenységben jelen van az ún. hallgatólago komponens.
- Ezek után természetes megfogalmoznunk azt a tézist, hogy a tudomány fejlődése nem a „pozitív” ismeretek kumulatív, lineáris gyarapodásában áll, hanem sokkal inkább bizonyos komplex, intézményes-konceptuális-technikai hálózatok történeti dinamikájában. A szociálkonstruktivisták szemében a tudomány története fényesen igazolja ezt a tézist, és így nézeteik alátámasztásának egyik legfontosabb eszközévé tették a tudománytörténeti epizódok és folyamatok feldolgozását.
- Végül egy konkrét tennivaló: a „Tudomány Hősi Eposza” helyett emberközeli tudományképet nyújtani. Meg kell fosztani a tudományt a hamis pátosz azon légkörétől, amely a laikusok számára elérhetetlen és magasztos régiókba emeli a tudományos ismereteket, és a „nagy elbeszélés” (vagy mítosz) demagóg terjesztése helyett olyan képet kell nyújtani a tudományról, ami a lehető legpontosabban lefesti annak valódi természetét.

A fenti elvekkel jellemezhető tudományfelfogás természetesen heves reakciókat és tiltakozást vált ki a tudomány tradicionális hívei, az „episztemológiai konzervatívok” köréből. Ezért a szociálkonstruktivista irányzatot gyakran összemoszák a részben belőle táplálkozó, ám nála radikálisabb követelésekkel fellépő, konkrét politikai és ideológiai célkitűzéseket követő tudománykritikákkal, mint amilyeneket például a feministák, a szélsőséges multikulturalisták vagy a neomarxisták az elmúlt néhány évben megfogalmaztak. Fontos megjegyeznünk, hogy ez a „sötétben minden tehen fekete”-hozzaállás jobbra alaptalan előítéletekből fakad, és a rá jellemző elvakultság lehetetlenné teszi az érdemi filozófiai diskurzust. Ezért ebben a dolgozatban megpróbálok minden irányból elfogulatlanul közelíteni a szociálkonstruktivista felfogáshoz, és megkísérlem távol tartani a mondanivalómat az ún. tudományháborúban szóhoz jutó eszmei „seregek” által képviselt álláspontok mindegyikétől.

### **3. A napneutrínó-probléma történeti áttekintése**

Az alábbiakban egy tömör, történeti szempontú összefoglalást kínálok a napneutrínó-problémáról. Az ismertetés során elsősorban azokra a pontokra térek ki, amelyek megragadták az

általam tárgyalt szociológiai és filozófiai elemzések szerzőinek figyelmét. Ennek tudható be, hogy bár a napneutrínó-probléma ma is egy (vagy több) igen fontos és közismert tudományos kutatási program tárgyát képezi, dolgozatomban főként a probléma korai történetére fogok összpontosítani, ugyanis ebben az időszakban született a kérdéses tudományfilozófiai elemzések első, s egyben a legnagyobb hatást kiváltó nemzedéke. A későbbi fejleményeket csak utalás-szerűen említem meg, amennyiben feltétlen érdeklődésre tarthatnak számot a probléma teljes története szempontjából.

Az Enrico Fermi által később neutrínóknak nevezett elemi részecske létezését először Wolfgang Pauli posztulálta 1930-ban, és ez a két tudós fektette le a neutrínók klasszikus elméletének alapvonalait a harmincas évek derekán. Ezen elmélet szerint a neutrínó csupán olyan folyamatokban játszik szerepet, amelyekben tevékenyen megnyilvánul a négy alapvető fizikai kölcsönhatás (akkor) talán legrejtélyesebbike, az ún. gyenge kölcsönhatás. (Ezek tipikusan radioaktív jelenségeket produkáló, az atommagokban végbemenő folyamatok). Ebből következik, hogy az igencsak „vonakodva” kölcsönható neutrínókat roppant nehéz kísérletileg detektálni. Az 1940-es években Bruno Pontecorvo vetette fel azt az ötletet, hogy ezeket a részecskéket éppen az általuk előidézett radioaktív folyamatokon keresztül, még hozzá radiokémiai (a radioaktív anyagokat kémiai módszerekkel vizsgáló) műszerek segítségével lehetne észlelni; és ezt az elgondolást Louis Alvarez pontosította és fejlesztette tovább. Ezen tervek alapján 1955-ben született meg az első radiokémiai neutrínódetektor (ún. klóros detektor), melyet történetünk egyik főszereplője, a fiatal Ray Davis épített. A berendezést egy atomreaktor közelében tesztelte, ugyanis az elméletek szerint az ott végbemenő atommaghasadás nagy mennyiségű neutrínót produkál. Sajnos azonban a kísérlet negatív eredménnyel zárult, ugyanis kiderült, hogy az urán maghasadásakor keletkező neutrínó (pontosabban ún. antineutrínó – a kettő közti különbség feltérképezéséhez a kísérlet is hozzájárult) Davis berendezésével nem detektálható.

Kapóra jött Davis-nek, hogy az asztrofizikus William Fowler az 1950-es évek végén olyan elméletet dolgozott ki a Nap központi régiójában végbemenő reakciókra, amely igen nagy mennyiségű neutrínó keletkezését jósolta. Fowler egyik fiatal munkatársa, John Bahcall éppen a Naptól érkező neutrínóknak – az ún. napneutrínóknak – szentelte kutatásait, és mivel mind Davis-nek, mind Bahcall-nak nagy előnyére szolgált volna a napneutrínók kísérleti kimutatása, 1962-től kezdve szoros együttműködés szövődött a két tudós között. Az egyébként igen költséges kísérlethez komoly erőfeszítések árán sikerült elegendő támogatást szerezniük, és így a tervezés hamarosan a konkrét kivitelezés fázisába lépett. Végül 1967-ben működésbe helyezték az első napneutrínó-detektort egy bányában (Homestake bánya – azért mélyen a föld alatt, hogy kiszűrjék az ún. kozmikus sugárzás zavaró hatását).

A berendezés alapelve egyszerűen a következő: Ha a várakozásoknak megfelelő típusú neutrínók egy  $^{37}\text{Cl}$ -atommaggal találkoznak, akkor igen kis valószínűséggel ugyan, de reakcióba léphetnek vele, amelynek hatására a klór  $^{37}\text{Ar}$  atommá változik. A  $^{37}\text{Ar}$  azonban nem stabil, hanem 35 napos felezési idővel visszabomlik  $^{37}\text{Cl}$ -rá. Ha elég sok klórt összegyűjtünk egy helyre (a kísérletben ez több mint 100 tonna tetraklóretilént ( $\text{C}_2\text{Cl}_4$ ) jelent), akkor a valószínűségi számítás törvényei szerint adott (kis) számú Cl-atomban végbe kell hogy menjen a reakció. Ezek után a klóros folyadékot bizonyos időközönként „kisöpörjük”, vagyis valamilyen kémiai módszerrel kiszűrjük belőle a  $^{37}\text{Ar}$  atomokat, és ezek mennyisége (a kísérletben csupán néhány száz atom!) árulkodik a napneutrínók fluxusáról, azaz „érkezési gyakoriságáról”.

A kísérlet első eredményeit 1968-ban publikálták, és ezzel megszületett a napneutrínó-probléma. A kísérletben ugyanis kevesebb neutrínót sikerült detektálni (kb. fele vagy egyharmad annyit), mint amennyit az elméleti számítások alapján várni lehetett, s ezt a problémát a tudósok a következő kérdéssel fogalmazták meg: „Hová tűntek a hiányzó neutrínók?” Míg Davis azonnal beismerte a probléma jelenlétét, addig Bahcall egy ideig azzal próbálkozott, hogy a Nap magjában végbemenő reakciókra vonatkozó elmélet paramétereinek „finom hangolásával” összhangba hozza a számított értékeket a mért eredményekkel. Ez a stratégia azonban erősen kifogásolhatónak bizonyult, és (többek között egy Richard Feynman-nal folytatott személyes

beszélgetés hatására) végül Bahcall is felvállalta, hogy az elmélet nincs összhangban a kísérlet eredményeivel.

Mivel egyrészt a kísérlet gyakorlati megvalósítása egy igen bonyolult feladat, másrészt a Nap belső reakcióira vonatkozó elméleteink számos bizonytalansággal terheltek, a kísérlet beindítását követő években tömérdek megoldási javaslat született a problémára. A megoldási javaslatok között azonban a rendelkezésre álló ismeretek alapján nem lehetett dönteni, ezért a probléma az idő előrehaladtával egyre súlyosabbnak bizonyult. A legkézenfekvőbb megoldásnak az tűnt, hogy építenek egy vagy több olyan napneutrínó-detektort, amely Davis berendezésétől eltérő elven működik, és így talán könnyebben be lehet azonosítani a probléma forrását. 1992-ben üzembe helyeztek két másik radiokémiai detektort (SAGE, Gallex), ám ezek működése nem a klór-argon reakción alapult, hanem egy ahhoz hasonló gallium-germánium átalakuláson; míg az 1980-as évek végétől bekapcsolódott a napneutrínó-kutatásba a Kamiokande nevű japán vizes detektor is (amely már nem radiokémiai elven működött, hanem a neutrínó-reakciókban kibocsátott pozitronok által keltett ún. Cserenkov-sugárzás észlelésén). A kilencvenes évek végére pedig egyre több napneutrínó-detektor épült, és ma már több tucatra emelkedett a működő és a tervezett detektorok száma. A hosszan elhúzódó probléma hatására a napneutrínó-kutatás egy messzemenően támogatott területté vált.

A történet végén meg kell jegyezmem, hogy a mai „napneutrínó-probléma” már nem azonos azzal a kérdéssel, amelyik az első kísérlet beindulása után foglalkoztatta a kutatókat. Ma már sokkal többet tudunk a releváns jelenségekről, és ez részben annak köszönhető, hogy a különböző detektorok általában nem ugyanolyan típusú neutrínókra érzékenyek. A Nap magjában ugyanis számos magreakció végbemegy (1. ábra – az ábrák a *Függelékben* láthatók), és ezek jelentős része neutrínókibocsátással, még hozzá a különböző reakciók esetén különböző energiájú neutrínók kibocsátásával jár, melyeket különböző működési elvű detektorokkal lehet észlelni (2. ábra) – Davis kísérlete ezek közül csak egyre volt érzékeny. Az ún. napneutrínó-spektrum feltérképezésével újabb súlyos problémák merültek fel, ugyanis bizonyos fajta neutrínók fluxusainak aránya eltér attól, amit a számítások alapján várhatnánk. Az eredeti kérdésre pedig úgy tűnik, hogy választ adott a neutrínók ún. oszcillációjára vonatkozó részecskefizikai elmélet, amely feltételezi, hogy a neutrínók három különböző állapot között oszcillálnak, és ezek közül csak az egyikben detektálhatók – innen a vélt hiány. Ám e megoldás felvetésével a napneutrínó-kutatás oda vezetett, hogy egy lényeges ponton kellett megváltoztatni a neutrínókkal kapcsolatos elméleteinket (ehhez ugyanis a neutrínóknak ún. nyugalmi tömeggel kell rendelkezniük, holott a klasszikus elképzelés szerint a nyugalmi tömegük nulla), és így a napneutrínó-probléma nagyobb horderejűnek és hatáskörűnek bizonyult, mint ahogy azt eleinte gondolni lehetett.

## 4. A napneutrínó-probléma szociológiai és filozófiai elemzései

Az alábbiakban megemlítek néhány olyan, általam fontosabbnak ítélt értekezést, amely a napneutrínó-probléma vizsgálatán keresztül kíván szociológiai és filozófiai tanulságokat levonni a tudomány működésével és természetével kapcsolatban. Felsorolásom itt sem teljes, ám az említendő művek megfelelő megválasztásával igyekeztem többé-kevésbé átfogó képet nyújtani a dolgozat témáját képező elemzések spektrumáról. Ebben a szakaszban csupán a források felsorolására és a történeti kontextusuk felvázolására vállalkozom, míg ezen írások (egy részének) tartalmi ismertetését a későbbiekben végzem el.

1980-81-ben egy fiatal angol szociológus, Trevor Pinch a napneutrínó-észlelések vizsgálatát tűzte doktori disszertációjának témájául. Választása akkor különösnek tűnhetett, hiszen a hagyományosan uralkodó – bár akkoriban már súlyos kihívásokkal szembesülő – tudományfilozófiai felfogás alkalmatlannak találta a szociológiát és az egyéb „externális” diszciplínákat arra, hogy érdemleges felismerésekkel gazdagítsák a tudományról alkotott

elképzeléseinket. (Az edinburgh-i tudásszociológiai iskola ún. erős programja még csak kibontakozóban volt, a szociálkonstruktivizmus első generációja pedig Pinch-csel együtt nőtt fel.) Pinch kutatásai azon túl, hogy formabontónak bizonyultak, egyúttal egy radikálisan újszerű megközelítés születését is fémjelezték a tudományfilozófiában.

A disszertációban és az abból készült cikkben (Pinch 1981) megkezdett vizsgálatok betetőzéseként Pinch egy teljes könyvet is megjelentetett a témáról (1986), és ezzel nemcsak a probléma tanulmányozásának úttörőjévé, hanem egyben „apostolává” és legalaposabb elemzőjévé is vált. Miközben a nyolcvanas években körvonalazódott és erőre kapott a „szociálkonstruktivista” névvel illelhető szerzők csoportja, e keletkezőben levő hagyományon belül Pinch egy világosan kirajzolódó, sajátos jegyekkel jellemezhető álláspontot dolgozott ki barátjával és gyakori szerzőtársával, Harry Collins-szal. 1993-as közös könyvükben, a nagy népszerűséget kivívó *Gólem*ben különböző esettanulmányokat tettek közzé a legújabb kori tudomány történetéből, és pl. a gravitációs hullámok detektálása vagy a hidegfúziós kísérletek mellett külön fejezetet kapott a napneutrínó-probléma is. Ebben az elemzésben – a könyv általános irányvonalának megfelelően – már olyan formában találkozhatunk a napneutrínó-észlelések történetével, melynek célja, hogy hangsúlyosan alátámassza az immár letisztult formában kifejtett szociálkonstruktivista alapelveket.

A „klasszikus” elemzések e sora után most tegyünk egy kis kitérőt, és említsünk meg egy olyan művet, amely ugyan csupán érintőlegesen foglalkozik a napneutrínó-problémával, ám kitűnő példát nyújt úgy is, mint a merészebb szociálkonstruktivista gondolkodás egy reprezentáns alkotása, és úgy is, mint az „episztemológiai konzervatívok” támadásának közkedvelt céltáblája. Bruno Latour-ról van szó, aki nagy hatású könyvében, a *Science in Action*-ben (1987) a saját mondanivalója szempontjából értelmezi (át) a napneutrínó-probléma filozófiai tanulságait. Mivel az ő nézeteit nem vizsgálom a későbbiekben, érdemes itt röviden kitérni egyrészt Latour álláspontjára, hiszen nagyban segíthet megérteni a szociálkonstruktivista hozzáállás természetét, másrészt pedig egy őt ért kritikára, amely ékesen példázza a szociálkonstruktivizmussal kapcsolatos félreértéseket.

Latour ezt írja:

Heves vita választja szét egyfelől azokat az asztrofizikusokat, akik a Napból érkező neutrínók mennyiségét próbálják kiszámítani, és a kísérleti fizikus Davis-t másfelől, akinek a mérései a számításoknál jóval kisebb számot szolgáltatnak. Ám könnyű igazságot tennünk közöttük, és sutba hajthatjuk a vitát. Csak azt kell megfigyelnünk, hogy maga a Nap melyik táborban található. Idővel ugyanis a természeti Nap a neutrínók valódi számával majd betapasztja a máshitűek száját, és rákényszeríti őket a tények elfogadására, akármilyen jól írták is meg cikkeiket. (Latour 1987, 95. oldal)

Latour természetesen, az amúgy élvezetes stílusához híven, a fenti idézetben ironizál. Abból a „naív” tudományfelfogásból (értsd: a tudományra vonatkozó felfogásból) űz gúnyt, amely szerint a természet valamilyen egyértelmű módon tükröződik a róla alkotott tudományos elméletekben. E felfogás számára az elméletek kialakulásának és struktúrájának kérdése tulajdonképpen nem jelent problémát, hiszen az (igaz) elmélet olyan, amilyen a valóság: az igazság „egyszerűen” a valóságnak való megfelelésben áll. Latour ezzel a tudomány-képpel állítja szembe a saját elvét, melyet egyébként „harmadik módszertani szabály”-nak nevez:

Mínthogy egy vita rendezése a Természet reprezentációjának *oka*, nem pedig következménye, ezért sosem használhatjuk az eredményt – a Természetet – annak magyarázatára, hogy a vita hogyan és miért rendeződött. (Latour 1987, 99. és 258. oldal)

Ez a konklúzió első meggondolásra valóban radikálisnak tűnik. Felbőszítette a tudományháború „konzervatív” oldalának legünnepeltebb hősét, Alan Sokal-t is, aki az *Intellektuális impozitorok* című könyvének egyik fejezetében hosszas támadás alá veszi Latour iróniáját és a harmadik szabályt. Sokal többször is értetlenkedik afelett, hogy vajon miért meri Latour szinonimaként használni a „Természet” és a „Természet reprezentációja” kifejezéseket – hiszen elvének „nyilvánvaló” hamissága ebből a csúsztatásból fakad. Ez alapján

ahhoz az erős (és szemmel láthatólag hamis) állításhoz jutunk, hogy a külvilág természete *nem* játszik szerepet a tudományos vita menetének és eredményének meghatározásában. (Sokal és Bricmont 1998, ? oldal)

Ezzel szemben Sokal, a fizikus leszögezi, hogy

A tudósok viszont nyilván azt gondolják, vagy legalábbis remélik, hogy amennyiben a vita rendeződik, az a megfigyeléseken fog múlni, nem pedig a tudományos cikkek irodalmi értékein. Máskülönbent amit csinálnak, az nem tudomány. (Sokal és Bricmont 1998, ? oldal)

Sokal azonban nem veszi észre, hogy Latour nem a tudomány számára ajánlja fel a módszertani elveket, hanem a tudományfilozófia (vagy -történet vagy -szociológia: *science studies*) számára. Ennél fogva nem a tudomány empirista alapjait támadja, hanem a tudomány elemzéseit óvja attól, hogy a tudomány természetes empirizmusát egyben önmaguk számára is magyarázó elvvé tegyék. A tudósok természetesen úgy gondolkodnak, hogy a napneutrínó-vitát (mint ahogy minden tudományos vitát) a Természet fogja eldönteni abban az értelemben, hogy a természeti tények tapasztalata az egyedüli végső döntőbíró a tudományban. A Latour nyomán haladó jövődöbéli tudományfilozófusok azonban soha nem mondhatják azt, hogy mondjuk azért a  $T_1$  elmélet győzedelmeskedett végül a  $T_2$  elmélettel szemben, mert  $T_1$  igaz,  $T_2$  pedig hamis, vagyis  $T_1$  úgy írja le a valóságot, ahogy az van, szemben  $T_2$ -vel. Ha egy tudományfilozófus ilyet állítana, akkor a tudós szerepében tetszelegne, ugyanis az a tudós dolga, hogy a valóságra hivatkozzon, és hogy elképzelései tekintetében kauzálisan hatékony szerepet tulajdonítson a Természetnek. De szemben a tudóssal, aki a Természetet tanulmányozza, a tudományfilozófus a tudományt vizsgálja, így a Természet nem képezi érdeklődése és ismeretei tárgyát. Ezért azt, amit a mindenkorai tudósok gyakran Természetként azonosítanak (és az elméleteik által leírtnak tekintik, hiszen ennél többet nem tudnak róla mondani), a tudományfilozófus a Természet egy reprezentációjaként tartja számon – innen a kérdéses „csúsztatás”.

A harmadik módszertani elv alapján kirajzolódik, hogy milyennek képzeletben Latour az ideális (mondhatni szociálkonstruktivista elveket követő) tudományfilozófust. Ugyanúgy, ahogy a primitív törzset tanulmányozó antropológus kívülről tanulmányozza a törzs hiedelemvilágát, és nem értékeli azt, a laboratóriumba belépő tudományfilozófus is elfogulatlan a tudósok elképzeléseivel szemben. És valóban, amikor Pinch riportokat készít a napneutrínó-kutatásban résztvevő tudósokkal, akkor nem arra kíváncsi, hogy mi okozza (a természetben) a napneutrínó-problémát, hanem arra, hogy hogyan kezelik a tudósok ezt a problémát, hogyan keresik a választ – azaz hogy miként működik (nem a természet, hanem) a tudomány.

Érdekes megjegyezni, hogy maga Sokal is felvetette a harmadik szabály ezen értelmezését, bár úgy állította be, mint ami „kétségen felül *nem* Latour saját interpretációja”. Ezt mondja:

Olvassuk úgy, mint egy módszertani elvet olyan tudományszociológusok számára, akik nem kompetensek annak megállapításában, hogy a kísérleti/megfigyelési adatok valóban alátámasztják-e azokat a konklúziókat, melyeket a tudományos közösség levont belőlük. (Sokal és Bricmont 1998, ? oldal)

Pontosan erről van szó, azzal a megszorítással, hogy ez nem kompetencia, hanem elvi döntés kérdése. Sokal azonban még ezt is súlyosan félreérti, amikor a gondolatmenetét így fejezi be:

Ebből persze azt egyetlen értelmes következtetést vonhatjuk le, hogy a tudományszociológusnak nem kellene olyan tudományos vitákat tanulmányoznia, amelyek tartalmával kapcsolatban nem képes a független megítélésre (...) (Sokal és Bricmont 1998, ? oldal)

Ez a tézis azonban, mely a tudományt tanulmányozók számára állapítja meg, mit „kellene” tenniük, valójában nem „következtetés”, hanem egy negatív módszertani norma, és természetesen ellentétes irányú Latour harmadik szabályával, amely egy másik módszertani norma. Sokal szerint a tudományfilozófusnak tudományos szempontból, „belülről” is értenie és ismernie kell az adott tudományos problémát, és a filozófiai (vagy szociológiai, történeti, stb.) elemzés ezekre az ismeretekre épül rá, mintegy kiegészítve azokat. (Persze ebben az esetben kérdés marad, hogy akkor mi a külső elemzés funkciója – Sokal megjegyzéseiből arra lehet következtetni, hogy leginkább talán az ún. „tévedés-szociológiai” elképzelés iránt táplál rokonszenvet.) Latour ezzel szemben úgy véli, hogy a filozófus nem a vizsgált tudományos területre jellemző elveket és módszereket követi, hanem elemzése teljes egészében külső szempontok alapján épül fel (attól függetlenül, hogy tudományos szempontból szakérti-e a problémát vagy sem). Amikor tehát a tudományfilozófus arról kíván döntést hozni, hogy a fentiek közül melyik elvet kövesse, akkor kívánatosnak tűnik, hogy megértse és átgondolja mindkét (és többi rendelkezésre álló) lehetőséget. Tekintve, hogy Pinch-ék olyan módszert választottak, amely közeli rokona a Latour által felajánlottak, ez a módszertani kitérő talán a későbbiek szempontjából sem volt felesleges.

Mielőtt a szociálkonstruktivista elemzések konklúzióihoz fordulnánk, meg kell említenem egy másik olyan – viszonylag fiatal és kevésbé elterjedt – tudományfilozófiai irányzatot, amely érdeklődést tanúsít a napneutrínó-probléma iránt. A tudományhermeneutika képviselői attól a vállalkozástól várnak sikereket, amely megkísérli a hermeneutika (és elsősorban a heideggeri hermeneutika) fogalomkészletével jellemezni a tudományt. Ha a tudományfilozófiai megközelítések durva térképét nézzük, akkor ez az irányzat nem esik nagyon távol a szociálkonstruktivizmustól, hiszen a hermeneuták is radikálisan szemben állnak a pozitivist tudományfilozófiai hagyománnyal. Ám egyes szerzők a hermeneutika alapvonalainak megfelelően bírálják a szociálkonstruktivizmus néhány jellegzetességét (pl. a szubjektum-objektum viszonytal kapcsolatos nézeteit, vagy az általa használt fogalomkészletet), és ilyen kritikák megfogalmazódtak Pinch elemzéseivel kapcsolatban is (pl. Eger 1997). A következő szakaszban, amikor a napneutrínó-kutatások szociálkonstruktivista elemzéseinek tanulságát vizsgálom, rövid utalásokat fogok tenni a tudományhermeneutikai kritikák néhány kimutatására is.

## 5. Néhány szociológiai és filozófiai tanulság

A következőkben felsorolok néhány, a filozófiai és szociológiai elemzésekből levont vagy levonható tanulságot. Szándékom szerint ezek a tanulságok többnyire összhangban állnak azokkal az elvekkel, amelyekkel a szociálkonstruktivista álláspontot jellemeztem a dolgozatom elején, ám részben világosabbá teszik azokat, részben pedig tovább finomítják a korábban durván vázolt elképzeléseket.

1. A tudás „szubjektuma” a közösség. „Közösség” alatt érthető egyrészt az egész tudományos világ, vagy annak egy tágabb diszciplínában érdekelt szelete (pl. „a fizikusok”), vagy egy szűkebb kutatási csoport, melynek tagjai egy adott kutatási programban vesznek részt. Pinch vizsgálatait szempontjából ez az utóbbi, kisebb léptékű szint a releváns – ezt nevezi tréfásan „Sun-Set”-nek. Ha meghatároztuk a tudás termelésében és hordozásában „szubjektumként”

azonosítható csoportot, akkor lehetségessé válik, hogy azt szociológiai szempontok alapján vizsgáljuk, és feltérképezzük pl. az ismeretek és a kutatási munka csoporton belüli megoszlását. Egy ilyen durva térkép segítségével Pinch szerint négy különböző, ám kölcsönható terület különíthető el a napneutrínó-kutatások részvevőinek csoportján belül (3. ábra):

- a) A magfizikusok: ők felelősek az atommag-reakciók leírásáért (a Napban és a detektorban egyaránt), és ők szolgáltatják (laboratóriumi mérések alapján) az ezekre vonatkozó modelleket és numerikus paramétereket, pl. hogy adott reakció adott körülmények között mekkora valószínűséggel megy végbe.
- b) Az asztrofizikusok: ők foglalkoznak annak megbecslésével, hogy milyen a Nap magjának hőmérséklete, kémiai összetétele, nyomása, stb. Ezek az adatok természetesen relevánsak arra nézve, hogy a magfizikusok modelljeivel milyen „határfeltételek” mellett számolhatunk, tehát mennyi neutrínót várhatunk.
- c) A neutrínófizikusok: Pinch külön területként azonosítja a neutrínók viselkedésének leírását, melynek kutatói például azzal foglalkozhatnak, hogy mi történhet a neutrínókkal a Nap és a Föld között. Igazából ez a terület az elemirészecske-fizikához tartozik, így szorosan kapcsolódik a magfizikához.
- d) A radiokémikusok: ezek a kutatók a kísérleti berendezésért felelősek, és – a magfizikusok némi segítségével – ők hivatottak leírni, hogy mi történik a neutrínók észlelésekor, a reakcióktól kezdve egészen az argon „kisöpréséig” és tovább. Ha az ő ismereteik hibásak, akkor a másik három terület tudása fabatkát sem ér a kísérlet szempontjából.

Mindebből legalább annyi látszik, hogy a kutatás során az egyes tudósok komoly mértékig egymásra vannak utalva, és kénytelenek megtapasztalni ennek mind az előnyeit, mind a hátrányait. Minthogy Pinch ehhez a felosztáshoz tartja magát, a későbbiekben példákat is fogunk látni a következményekre.

2. A lokális bizonyosság és a hallgatóság tudás jelenléte jellemzi a tudományt. Mint ahogy Pinch eredeti cikkének címéből kiderül, vizsgálatainak első eredményeit a tudományos bizonyosság fogalmával kapcsolatban fogalmazta meg. Pinch szerint a tudományos bizonyosság lokális jellegű, ugyanis nagy mértékben kötődik az ismeretek egy olyan rétegéhez, amely csak a gyakorló tevékenység rutinja árán sajátítható el, és amelyet ő „a mesterség gyakorlatának” (*craft practice*) nevez. (Ez közeli rokonságban áll a Polányi Mihály által korábban bevezetett és azóta széles körben elfogadott *hallgatóság tudás* fogalmával, bár ezt a kifejezést Pinch nem használja.) Ennek a tudásformának sajátossága, hogy csak egy szűk csoport tagjainak adott, ám még a számukra sem explikálható, megfogalmazható.

Pinch riportokat készített a napneutrínó-kutatásban aktívan résztvevő 40 tudóssal, és többek között arra volt kíváncsi, hogy a kutatók milyen kezelési stratégiákat alkalmaznak a napneutrínó-problémára, és ez hogyan tükrözi a közösség szociális strukturáját. Vizsgálatai tanulsága szerint három stratégiát azonosíthatunk. Az első stratégia a saját terület védelme a többiekkel szemben, és itt komoly szerepet kap a mesterségbeli gyakorlat fogalma. A magfizikusok például azért biztosak abban, hogy nem az ő ismereteik hordozzák a problémához vezető hibát, mert eleget dolgoztak már ezen a területen ahhoz, hogy lássák, hogyan működnek (és hogy valóban működnek) a dolgok, és bár nem tudják a „laikusok” számára ezt elmagyarázni, de bízhatunk a hosszú évek gyakorlatában és az ezen alapuló számtalan sikerben. Pinch minden terület esetén idézetet hoz olyan tudóstól, aki ilyen vagy olyan, rejtett vagy nyílt formában ezt az érvet alkalmazza.

A második stratégia is érdekes ebből a szempontból: ez abból áll, hogy a kutató a többi területet hibáztatja. Ez természetesen egy igen közkedvelt stratégia, és Pinch számtalan példával illusztrálja, hogy milyen szkepszissel viseltetnek a kutatók egymás iránt: a kísérleteken nevelkedett magfizikusok a csak megfigyelésekre alapozó asztrofizikusok iránt, a tiszta megfigyelésekhez szokott asztrofizikusok a „gyanús” extrapolációs rátákkal dolgozó magfizikusok iránt (hiszen a laboratóriumi körülmények erősen eltérnek a Nap belsejének viszonyaitól, tehát „extrapolálni” kell az eredményeket), mindkét terület képviselői az „alkímiai” zavarosságú radiokémiai



módszerek iránt, stb. A tudósok természetesen nem a tankönyvekben ismertetett alaptudást kérdőjelezzik meg, hanem a mesterségbeli gyakorlatra alapozott „ezoterikus” módszereket, eljárásokat, melyek csak az aktív kutatók számára ismertek és hozzáférhetők. Számukra a másik terület tudása nem rendelkezik az áhított tudományos bizonyossággal, és nem amiatt, hogy elméleti szinten nincsenek tisztában e terület alapelveivel, hanem mert – kívülállóként lévén – nem szerezhették meg a lokális bizonyossághoz szükséges rutin-szerű, gyakorlatias és elvben explikálhatatlan tudást.

3. A fentiek következménye, hogy a tudás valódi termelése ezoterikus „hatalmi centrumokban” zajlik. A tudomány frontjai nem demokratikusak, hanem bizonyos preferált problémák kutatására vállalkozó, bizonyos szűk vezető kutatócsoportok közreműködésével formálódnak. A tudományos kutatás e „kemény magjai” (Pinch terminológiájában „hideg magok”, *cold cores*) azonban – valamilyen tudatosított vagy tudattalan érdekérvényesítő-mechanizmus alapján – aktív szerepet játszanak a tudás „szakralizálásában”, titkosításában, amikor visszaélnék a kutatásra vonatkozó ismereteik eredendő privilégiumával, és a kutatás kifelé mutatott arcát a cikkekben, beszámolóiban, vagy pláne az ismeretterjesztő fórumokon „kikozmetikázzák”, racionálisan rekonstruálják. A Pinch által hevesen kritizált „Tudomány Hősi Mítoszána” gyökerei tehát egészen a vezető kutatási csoportokig nyúlnak.

Jó példa erre a problémakezelés harmadik stratégiája, a saját terület hibáztatása. Pinch ugyanis ilyen eseteket is tapasztalt (igaz, ritkábban, mint az előző két stratégia megnyilvánulásait), de mindig valamilyen „beavatási szertartás” kíséretében. Ehhez először is el kellett nyernie a kutatók bizalmát (amit kívülálló és teljesen laikus, tehát ártalmatlan szociológusként meg is tehetett), akik aztán feltárták a saját módszereikkel kapcsolatos kétségeiket – ha Pinch megígérte, hogy az adott a véleményt név nélkül idézi, vagy egyenesen nem is idézi (csak utal rá), sőt olyan tudós is volt, aki a „beavatás” előtt kikapcsoltatta a magnót. Ha ugyanis a lokális bizonyosság megfogalmazhatatlan, akkor a lokális bizonytalanság is az, hiszen ugyanazokra a gyakorlati rutinfogásokra vonatkozik. Ezt viszont jobb nem hozni a kívülálló tudomására, mert ha a kutatás sikertelennek bizonyul, akkor úgy is hamar a feledés homályába merül, ám ha sikeresnek, akkor – akár egyszerű presztízs- és finanszírozási szempontok miatt is – előnyösebb, ha a kívülálló a racionálisan rekonstruált sikertörténettel találkozhat.

4. Érdekes megfigyelni, ahogy az elméletek, módszerek és ismeretek ezekben a kutatási magokban „konstruálódnak”. Amikor az ismeretek termelődnek, a tudomány épül (*science made*), és a folyamat során egységes elméletek, eljárások szilárdulnak meg. Latour ezt találóan „fekete-dobozolásnak” (*black boxing*) nevezi, ezzel hangsúlyozva azt, ahogy egy elmélet, kutatási módszer vagy kísérleti eljárás egységes ismereti elemmé áll össze, elfedve azokat a belső részleteket, amelyek a felépülés során viták, kritikák tárgyát és bizonytalanság forrását képezték.

A tudomány konstruált volta akkor válik érdekessé, amikor a kutatók egy olyan problémával kerülnek szembe, amelyik a rendelkezésre álló ismeretek alapján nem megoldható. Ekkor el kell ismerni, hogy a „fekete dobozok” valamelyike hibát rejt magában, és neki kell fogni ezek módszeres „kicsomagolásához” (*science unmade*). A napneutrínó-probléma jellegzetesen ilyen helyzet elé állította a tudósokat, hiszen nemcsak azt kellett eldönteni, hogy melyik terület a felelős a probléma felbukkanásáért, hanem nyilván azt is, hogy a felhasznált elméleti és gyakorlati ismeretek közül melyik az, amely bár korábban mindig működőnek bizonyult, most felmutatta az eddig figyelmen kívül hagyott korlátait. A probléma felbukkanását követő néhány évben több száz, megoldási javaslattal élő cikk jelent meg a tudományos folyóiratokban, és ezek gyakorlatilag minden „kicsomagolást” elvégeztek: a kísérleti módszereket ért számtalan kritikától kezdve az asztrofizikai elméletek kisebb és nagyobb módosításain keresztül egészen a „vad” ötletekig (a részecskefizika alapjainak átszervezése, vagy hogy a Napban nem is magfúzió termeli az energiát). Amikor egy probléma megoldásra talál, akkor az érintetlenül hagyott ismereteket „visszacsomagolják”, és ismét működő fekete dobozoknak tekintik mindaddig, amíg esetleg újabb kihívással nem szembesülnek.

5. A szociálkonstruktivisták szerint a tudományos viták lényege a tárgyalás, egyezkedés (*negotiation*) terminussal ragadható meg. A tudományos viták ugyanis nem kezelhetők úgy, mintha egyik oldalról a Természet, a másiktól pedig a tévedés jutna szóhoz (lásd a korábbi Latour-idézetet), hanem a különböző álláspontok ütköztetésekor számtalan „externális” szempont is szerepet játszik – anyagi és szakmai érdek, elfogultság, tekintélytiszteltet, stb. Egy tudományos vita így politikai, gazdasági arculattal is bír, és ezek nem tűntethetők el teljesen a vita rendezése nyomán kialakult végső képből sem, hiszen az mindig egy konstrukció, akármennyire elrejtjük is a „becsomagolt” alkotórészeket, és mindig szembe kell néznie a kicsomagolhatóság kihívásával.

Az egyezkedés terminus heves bírálatokat váltott ki mind az episztemológiai konzervatívok, mind a távolabbi „elvtársak”, pl. a tudományhermeneuták részéről. Pinch ugyanis hosszasan bemutatja azt, ahogy a napneutrínó-kísérlet tervezési fázisában William Fowler és Bahcall „tárgyalásokat” folytattak különböző vezető tudósokkal és intézetigazgatókkal annak érdekében, hogy előteremtsék a kísérlethez szükséges anyagi támogatást: leveleket írtak, megfelelő fórumokon publikáltak, tájékoztatták az érdekelt kollégákat a legfrissebb fejleményekről, mozgósították a személyes ismeretségeket, bevonták a laikus nagyközönség érdeklődését, stb. – mindez valóban politikai ismérveket mutat. Pinch azt is állítja, hogy Bahcall-ék az elméletek alapján várható napneutrínó-fluxus értékét meglehetősen „politikus módon” kezelték, és megpróbálták minél inkább a kísérlet érzékenységi tartományával öszhangba hozni annak érdekében, hogy a kísérlet finanszírozására könnyebben meg tudják nyerni a potenciális szponzorokat (4. ábra). Azt azonban nem teszi teljesen világossá, hogy ez a fajta „egyezkedés” és a valódi tudományos vita vajon miért emlegethető egy közös címszó alatt, bár a szóhasználat mögötti szándék a fentiek fényében elég világos.

6. Megemlítek még egy nem annyira szociálkonstruktivista, mint inkább jellegzetesen tudományhermeneutikai szempontot, az interpretáció kérdését. A hermeneutika szerint ugyanis a világ – pl. a tudományosan konstruált világ – egy jelentés- és értelemkontextus, és minden tudományos ismeret csupán az egész összefüggésrendszer fényében értelmezhető adottként. Ennek egyik következménye, hogy a tudományos problémák a kutatás során értelem-eltolódást szenvednek, vagyis átértelmezésen mennek keresztül. Ha azt a kérdést vetjük fel, hogy „miről szól a napneutrínó-probléma”, akkor a történeti fejlődés különböző válaszokra vet fényt: először a hiányzó napneutrínók kérdéseként fogalmazták meg a problémát, majd később a napneutrínó-fajták aránytalanságaként (pl. az ún. bór-berillium anomália), megint később a neutrínóoszilláció kérdéseként, és ez az átértelmeződési folyamat még ma sem zárult le. Az amúgy folytonos kutatási tradíció újabb és újabb megvilágításba helyezi a problémát, ezzel mindig új értelmet kölcsönözve a kutatásnak. A probléma tehát nem „természet szerint adott”, hanem mi tesszük ilyen vagy olyan problémává azoknak a kérdéseknek a segítségével, amelyekkel egyáltalán problémaként fogalmazzuk meg.

Az értelmezés kérdése egyben elvezet bennünket egy mélyebb filozófiai kérdéskörhöz, melyet itt csak érintek: a szubjektum-objektum viszonyhoz. A tudományhermeneutika álláspontja szerint a tudományos kutatás összetett, berendezések által közvetített jellege alkalmat ad arra, hogy részletes elemzést nyújtsunk a tudományos megismerő szubjektum és a megismert objektum viszonyáról. Eger pl. az említett cikkében felvázolja azt, hogy miként változik a probléma helyzete szerint az objektum és a szubjektum között posztulált határ (5. ábra). A napneutrínó-kutatás kezdeténél az objektum azonos volt magával a Nappal, és (eltekintve most attól a kérdéstől, hogy a legszűkebb szubjektum egyéni vagy közösségi természetű-e) a szubjektum részét képezte a detektor (mint Don Ihde elemzéseiben a távcső vagy a mikroszkóp) is. Később, amikor kérdéssé vált egyrészt a neutrínók természete, másrészt a berendezés működése, akkor az objektum tartományába lépett mind a Föld és Nap között húzódó űr (a „közeg”), mind pedig az észlelési berendezés, a detektor is. A kutatások mindenkor állapota és az értelmezésben konstruált probléma jellegének függvényében a szubjektum-objektum határ folyton ide-oda toódik, újra és újra megrajzolva az értelmezés szükségszerűen önmagába

visszazáródó körét, az ún. hermeneutikai kört. Ezt a problémát azonban nem vizsgálom részletesebben, mert messze vezet a dolgozat eredeti célkitűzésétől.

## 6. Az elemzések aktualitása

Dolgozatomban arra törekedtem, hogy elfogulatlan bemutató képet nyújtsak egy bizonyos tudományos kutatási program, a napneutrínó-észlelés szociálkonstruktivista és ahhoz kapcsolódó egyéb filozófiai elemzéseiről, és ezáltal körvonalazzam a szociálkonstruktivizmus főbb módszertani és konceptuális jellemvonásait. A probléma aktualitását részben az adja, hogy a máig népszerű szociálkonstruktivista, illetve egyéb „szociologizáló” tudományfilozófiai megközelítéseket nemrégiben súlyos bírálatok és vádak érték a tudományháborúban, az általam itt „episztemológiai konzervatívoknak” nevezett (önjelölt) tudomány-védelmező értelmiségiek részéről. Mivel a szociálkonstruktivizmus metodológiai anti-scientizmusa és értékrelativizmusa destruktív értelemben előkészíti a terepet az ideológiai alapú és politikai célzatú tudománykritikák számára, a programszerűen externalista tudományfilozófiák sokak szemében egy kalap alá kerültek a neomarxisták, feministák és környezeti aktivisták által indított tudomány ellenes támadásokkal. Az ellentámadások hevesek voltak, és a viták erős érzelmi töltete egy igen mélyen meghúzódnó, nagy horderejű feszültség jelenlétére utal.

Ma még távol vagyunk attól, hogy a tudományháború tanulságait levonhassuk, és megítélhessük a benne hangot kapó álláspontok általános filozófia- és kultúrtörténeti jelentőségét. Félő, hogy a tudományfilozófia nemzetközi porondján tapasztalható fejvesztettség még számos kemény csatához fog vezetni, és az sem elképzelhetetlen, hogy az áldozatok a mostaniaknál is súlyosabbak lesznek. De az számomra kétségtelen, hogy a probléma jelentősége túlmutat a jelenlegi tudományfilozófiai viták keretein. Dolgozatomat így indokoltnak látom azzal a semleges mondattal zárni, amellyel Pinch szokta befejezni a napneutrínó-problémával foglalkozó írásait: „Az egyezkedések még folynak.”

## Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti *Forgácsné-Dajka Emesét*, aki lehetőséget adott arra, hogy az Országos Csillagászati Szemináriumon megtartsam az e dolgozat alapjául szolgáló előadást. Hálával tartozom *Febér Mártának* és *Ropolyi Lászlónak* segítségükért és ötleteikért.

## Hivatkozások

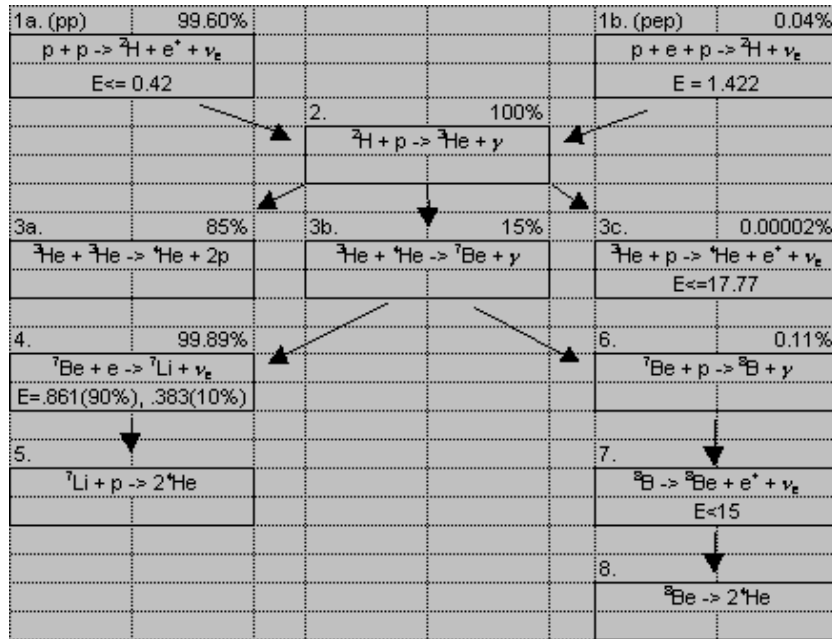
Bahcall, J.N., N.A. Bahcall és G. Shaviv 1968: „Present status of the theoretical predictions for the  $^{36}\text{Cl}$  solar-neutrino experiment” *Phys. Rev. Lett.* **20/21**, 1209-1212. oldal.

Collins, H. és T. Pinch 1993: *The Golem: What Everyone Should Know About Science*. CUP.  
(Különösen a „Set the controls for the heart of the sun: the strange story of the missing solar neutrinos” című fejezet.)

Davis, R., D.S. Harmer és K.C.Hoffman 1968: „Search for neutrinos from the sun”. *Phys. Rev. Lett.* **20/21**, 1205-1209. oldal.

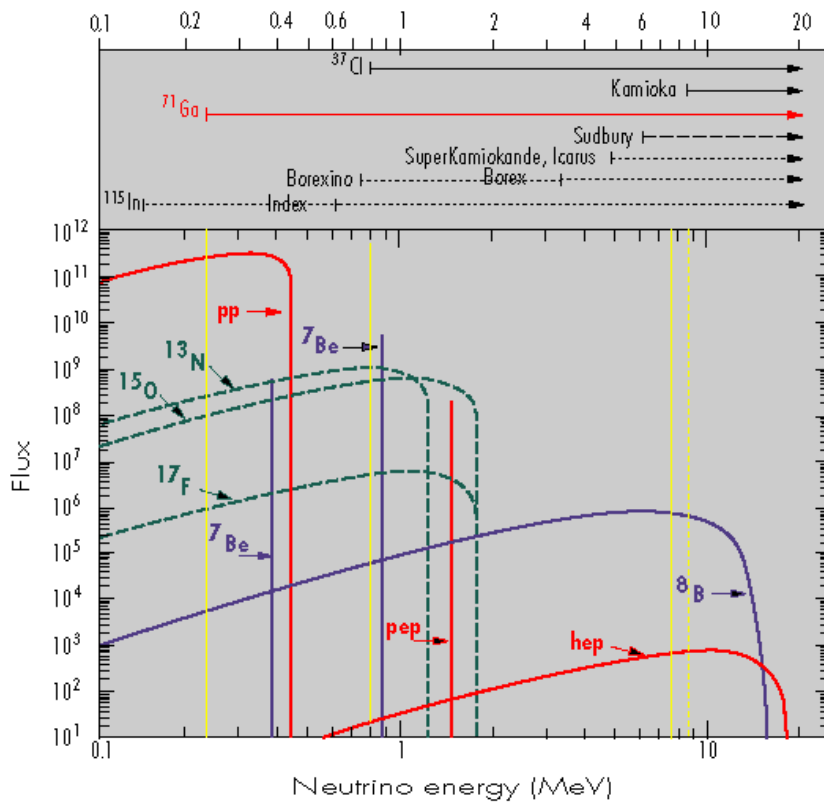
- Eger, M. 1997: „Achievements of the hermeneutic-phenomenological approach to natural science. A comparison with constructivist sociology”. *Man and World* 30. (Magyarul: „A természettudomány hermeneutikai-fenomenológiai megközelítésének teljesítményei. Összehasonlítás a konstruktivista szociológiával”. In: Schwendtner T., Ropolyi L. és Kiss O. (szerk): *Hermeneutika és a természettudományok*. Budapest: Áron Kiadó, 2001. 351-384. oldal)
- Forgácsné Dajka E. 2000: „ A Nap és a neutrínók”. *Fizikai Szemle* L/4. 124-130. oldal.
- Ihde, D. 1998: „Philosophy of Technology as Hermeneutic Task”. In: *Expanding Hermeneutics*. Evanston, Illinois: Northwestern University Press. 39-49. oldal (Magyarul: „A technika filozófiája mint hermeneutikai feladat” In: Schwendtner T., Ropolyi L. és Kiss O. (szerk): *Hermeneutika és a természettudományok*. Budapest: Áron Kiadó, 2001. 175-187. oldal)
- Latour, B. 1987: *Science in Action*. Harvard University Press. (Különösen az „Appealing (to) Nature” című fejezet.)
- Pinch, T. 1981: „The Sun-Set: The Presentation of Certainty in Scientific Life”. *Social Studies of Science* 11/1.
- Pinch, T. 1986: *Confronting Nature: The Sociology of Solar-Neutrino Detection*. Dordrecht/Boston: D. Reidel.
- Polányi, M. 1994: *Személyes tudás*. Budapest: Atlantisz.
- Sokal, A. és J. Bricmont 1998: *Fashionable Nonsense. Postmodern Intellectuals' Abuse of Science*. New York: Picador USA. (Magyarul: *Intellektuális impostorok*. Budapest: Typotex Kiadó, 2000.)

# Függelék: Ábrák



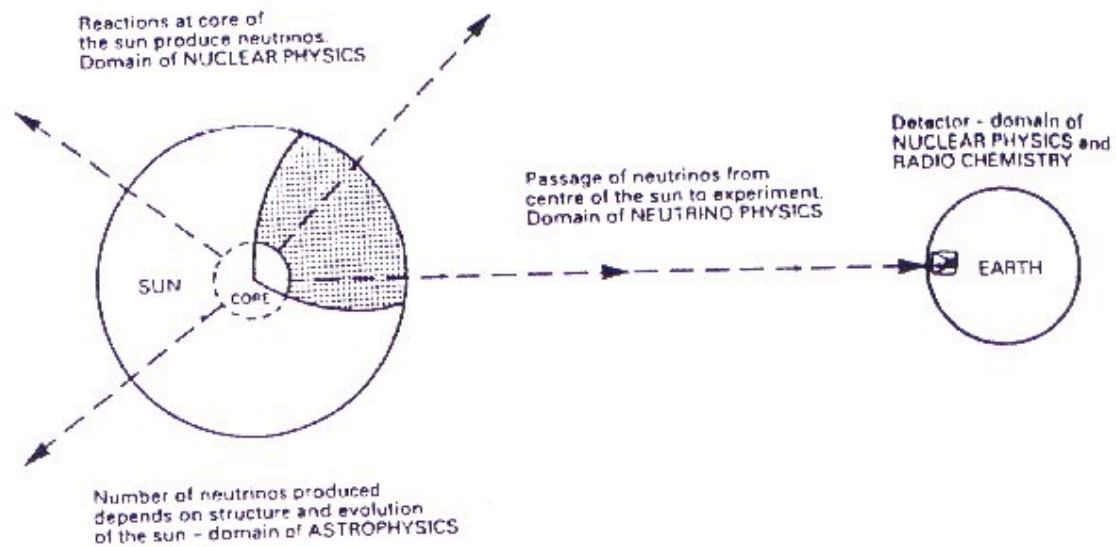
1. ábra: A Napban végbemenő reakciók ún proton-proton ciklusa.

Ebben a reakció-sorozatban négy H-atommagból (protonból) végül egy He-atommag keletkezik. A pp-ciklusnak három ága van. Az ábráról leolvasható, hogy az egyes reakciók mekkora valószínűséggel mennek végbe, valamint hogy a bennük keletkezett neutrínóknak ( $\nu$ ) mekkora az energiája (E).



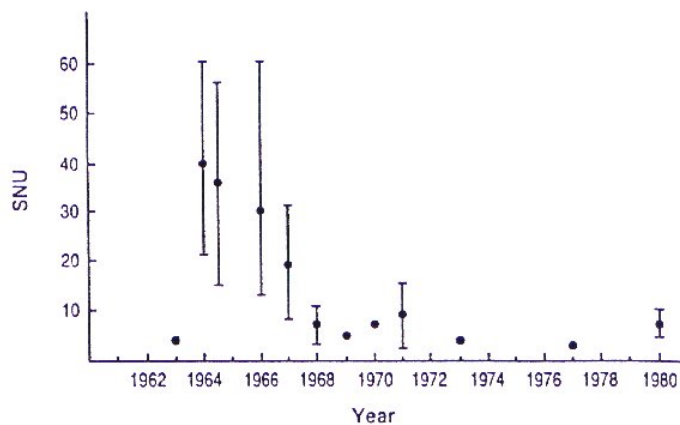
2. ábra: A Napból érkező neutrínók spektruma és a detektorok érzékenysége.

Az ábrán a különböző napneutrínók fluxusának eloszlását láthatjuk az energia függvényében. Az egyes neutrínók „elnevezése” arra a reakcióra utal, amelyben az adott neutrínó keletkezik (lásd 1. ábra). Az ábra tetején fel van tüntetve néhány fontosabb neutrínó-detektor érzékenységi tartománya (Davis kísérletére a „ ${}^{37}\text{Cl}$ ” jelzés vonatkozik).



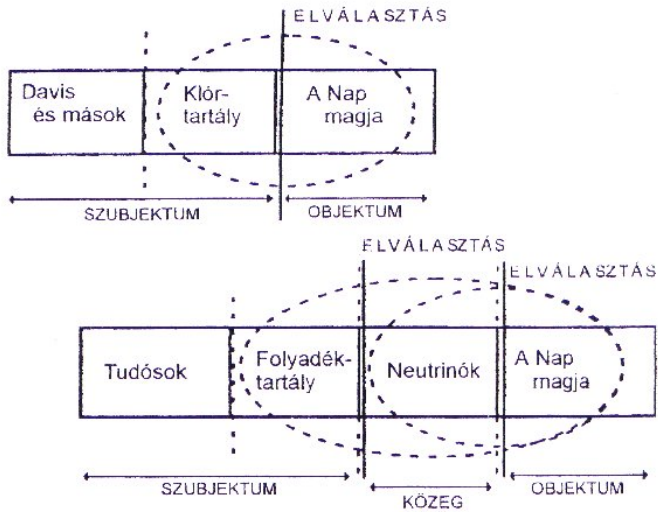
3. ábra. A napneutrínó-kutatásokban résztvevő tudósok csoportjai részdiszciplínák szerint.

Pinch négy, a kutatásban alapvető szerepet játszó diszciplínát azonosít, melyek a vizsgált jelenségek területei szerint különülnek el: (1) a magfizikusok a Napban és a detektorban végbemenő atommagreakciókat vizsgálják; (2) az asztrofizikusok a Napban uralkodó viszonyok leírására vállalkoznak; (3) a neutrínófizikusok a szabad neutrínók vizeledését kutatják; és (4) a radiokémikusok az észlelési berendezés működési mechanizmusával foglalkoznak.



4. ábra. Az elméletek által jósolt detektálható napneutrínó-fluxus változása.

Pinch értelmezése szerint az 1968 előtti időszakban látható folyamatos csökkenés annak köszönhető, hogy a kutatók – az egyre pesszimistább becslések ellenére – megpróbálták az adatokat egy olyan határ felett tartani, amely biztosan a berendezés érzékenységi tartományába esik, így a detektor megépítése nem tűnhet fölöslegesnek. A támogatás elnyerése után ez a szempont érdektelenné vált.



5. ábra. Szubjektum és objektum tartományai és azok változása a napneutrínók észlelésében.

Eger és a tudományhermeneuták szerint az objektum és a szubjektum régiói maguk is interpretáció tárgyát képezik. A kettő közötti elválasztó határvonal nem merev és rögzített, hanem a probléma felvetésének módjától és irányától függ. A tárgy- és énmegértés párhuzamos folyamatai során az elválasztás ide-oda tolódik, és ez a mozgás a megértés ún. hermeneutikai köreit rajzolja ki.