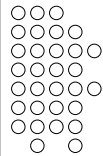


# Igazolás és cáfolás a tudományban

Tudományfilozófia, 2007. 03. 01



## 1. A tapasztalat nyelvi formája

- Ismétlés: a levélsor példája: vannak nem nyelvi természetű következtetések
- De ezek nem ellenőrizhetők logikailag: a logika állítások közti viszonyokat tárgyal
- Ha a tapasztalat támasztja alá a tudományos elméleteket, akkor nyelvi formában kell megjelennie
- Mik azok az állítások, amelyek közvetlen tapasztalatot fejeznek ki?



## A nyelv megtisztítása (Bécsi Kör, pl. Rudolf Carnap)

- Először is *értelmes* állítások kellene
- **Értelmetlen** egy állítás, ha logikailag nem korrekt, vagyis nem formalizálható  
Pl. „A tudomány semmit sem akar tudni a Semmiről” (Heidegger)  
→ ezt nem tudjuk formalizálni: *látszatállítás*
- Vagy **értelmetlen** akkor, ha *látszatzfogalmakat* tartalmaz, melyek alkalmazási kritériumai nem egyértelműek  
Pl. „Gábor egy ember feletti ember (*Übermensch*)”  
→ ezt hogyan tudnám eldönteni???



## Értelem nélküli állítások

- Vannak olyan mondatok, melyek logikai formájuk alapján biztosan igazak (tautológia), függetlenül a világ tényeitől  
Pl. „Gábor azonos Gáborral”,  
„Ha havazik, akkor havazik”  
(Ide tartoznak a **logikai** és a **matematikai** állítások)
- Vannak olyanok, melyek logikai formájuk alapján biztosan hamisak (ellentmondás), függetlenül a világ tényeitől  
Pl. „Szeretek is meg nem is”,  
„Ha havazik, akkor nem havazik”
- Ezek nem szólhatnak a világról, mert nem árulnak el róla semmit, de nem értelmetlenek



## Verifikációs elv 1. (Verifikáció = igazolás)

- Egy mondat csak akkor értelmes, ha nem értelmetlen és nem értelem nélküli: empirikus tartalommal bír
- Egy mondat jelentése abban a különbségben áll, amit a tapasztalati valóságban az jelent, ha a mondat igaz vagy hamis  
→ mindig meg tudjuk állapítani (elvileg), hogy a tények igazazzák-e vagy sem
- „Egy mondat jelentése azonos verifikációjának módjával”



## Mik nem empirikus állítások?

- A törvényjellegű általánosságok nem: ezek tapasztalatok sokaságát összegzik
- Egyedi állítások: pl. „Gábor jó fej”  
↔ ez csak akkor működik a tudományban, ha minden tapasztalati szituációban el tudom dönteni, hogy az „x jó fej” nyitott mondat alkalmazható-e az adott tárgyra, vagy sem  
→ itt nem: nincsenek egyértelmű kritériumok (pl. mérési utasítások): látszatzfogalom  
⇒ a tudományos közösség nem értene egyet



## Mik az empirikus állítások?

- „Gábor tömege 67 kg”: itt már vannak egyértelmű kritériumok, egyetértésre lehet jutni
- De tapasztaljuk-e közvetlenül Gábor tömegét?  
Nem: szigorúan véve azt tapasztalom, hogy milyen számot jelez a mérleg  
⇒ legközvetlenebb tapasztalat: érzetadatok  
„Itt most fekete”, „Itt most meleg”  
↔ viszont ezek szubjektívek!!!
- Protokolltétel-vita: mik azok a legközvetlenebb empirikus állítások, melyekre építhetünk?

## Összefoglalva

- Egy empirikus állítás legyen értelmes:
  - sem értelmetlen (látszatállítás vagy látszatfogalom)
  - sem értelem nélküli (tautológia vagy ellentmondás)
- Legyen egyedi állítás (adott tapasztalati szituációra vonatkozó),
- és legyen adott a verifikálásának módja (objektív igazságfeltételek összessége).
- Problémás, hogy mi verifikálható közvetlenül.

## Verifikációs elv 2.

- Minden elmélet alapját a közvetlenül verifikálható protokolltételek jelentik  
→ ha ezeket verifikáltuk (a megadott verifikációs eljárás segítségével), akkor az egész elmélet igazsága ezekre vezethető vissza
- A protokolltételek igazságából *logikai módon* következik az elmélet igazsága
- De hogyan???

## 2. Elméletek ellenőrzése

- Az ellenőrzés 2 alapvető eredményre vezethet:
  - 1) igazolás (verifikáció): az elmélet igaz  
Pl. a Mars pozícióinak mérési adatai igazolják azt a Kepler-törvényt, mely szerint a bolygók ellipszis alakú pályán mozognak: valóban egy ellipszist rajzolnak ki
  - 2) cáfolás (falszifikáció): az elmélet hamis  
Pl. a Michelson-Morley kísérlet eredménye cáfolja az éterelméletet

## Induktív igazolás

- Az empirikus tényeket kifejező megfigyelési állítások logikailag bizonyítják az elméletet  
Pl. A veréb madár és tud repülni.  
A gólya madár és tud repülni.  
A vöcsök madár és tud repülni.  
Minden madár tud repülni.
- De: Hume indukció-kritikája: ez sohasem lehet egy logikai viszony! (Mondja a strucc.)
- A nagy „induktív bázis” (egyéb feltételek mellett) valószínűvé teheti az elméletet, de sosem teheti biztossá → Nem bizonyítja

## Hipotetikus-deduktív igazolás

- 2) Az elméletet a következményei által igazoljuk  
Pl. Elmélet (hipotézis): Minden madár tud repülni.  
Kezdeti feltétel: A vöcsök madár.  
Következmény: A vöcsök tud repülni.
- Az elméletet „igazoltuk”. De: itt sem lehetünk benne biztosak, hogy nem találkozunk majd egy cáfoló esettel.
- Jobb azt mondani: az elméletet megerősítettük (*korroboráltuk*). Minél több következménye igazolódik, annál valószínűbb, hogy igaz.

## A konfirmáció foka (pl. későbbi Carnap)



- Oké, akkor egy elméletet nem lehet empirikusan bizonyítani, de minden újabb korroboráló eset növeli a valószínűségét
- Vezessünk be valószínűségi értékeket egy elmélet igazságára, és alkalmazzunk egy logikai-valószínűségi kalkulust (pl. tautológiák valószínűsége 1, ellentmondásoké 0, minden másé 0 és 1 között, pl. a newtoni axiómáké  $1-\varepsilon$  ( $\varepsilon$  nagyon kicsi, mert annyi az alátámasztó tapasztalat))
- Praktikusan persze aligha kivitelezhető...

## Cáfolás (Karl Popper)



- Egy deduktív elméletet nem tudunk igazolni, de akár egyetlen hamis következmény is cáfolja!
- Pl. Minden tudományfilozófus buta. *(hipotézis)*  
Gábor tudományfilozófus. *(segédhip.)*  
 Gábor buta. *(konklúzió)*
- DE Gábor nem buta! *(tapasztalat)*
- Tehát nem minden filozófus buta: a hipotézis cáfolata

## Az igazságértékek öröklődése



Érvényes következtetés: Ha a premisszák igazak, akkor a konklúzió is igaz. Tehát a premisszák igazsága „öröklődik” a konklúzióra.

Ha esik az eső, nedves az út.  
Esik az eső.  
 Nedves az út.

Mi a helyzet, ha a konklúzió igaz? Semmi: az igazság visszafelé nem öröklődik.

Ha ork vagyok, akkor  $2+2=4$ .  
Ork vagyok.  
 $2+2=4$ .

És ha a premisszák hamisak? Attól még a konklúzió lehet igaz (meg persze hamis is)!

Lásd fent.

És ha a konklúzió hamis? Akkor legalább az egyik premisszának hamisnak kell lennie! (Lásd érvényes köv. fogalma) Tehát a konklúzió hamissága öröklődik a premisszákra.

Lásd legfelül.

## Falszifikációs modell (falszifikáció = cáfolás)



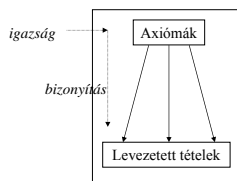
- Ha tehát az elméletek
  - csak deduktívák lehetnek
  - és ha deduktív módon nem lehet igazolni őket a tapasztalat segítségével
  - akkor az elméleteket csak cáfolni lehet
- Vagyis elmélet és tapasztalat összevetésének egyetlen logikus módja a cáfolás  
 → a tapasztalati tudománynak az elméletek cáfolására kell törekednie, bizonyítani úgysem tudja őket

## A bizonyító és cáfoló tudományok idealizált modelljei

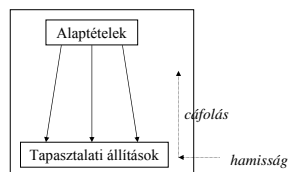


„Euklideszi” tudomány:  
*bizonyító*

„Popperi” tudomány:  
*cáfoló*



Ma a matematika ilyen



Ma a tapasztalati tudományok ilyenek

## Probléma 1: nem így működik a matematika



- (Lakatos Imre: *Bizonyítások és cáfolatok*)
- Descartes-Euler-féle poliéder tétel:  
 $c - é + l = 2$  (csúcsok, élek és lapok száma)
- Sejtés alapja: **indukció** (pl. kocka, tetraéder, gúla, stb.)
- „Ami engem illet, be kell vallanom, hogy még nem tudtam szigorú bizonyítást konstruálni erre a tételre... Mivel azonban oly sok esetben bizonyult igaznak, nem lehet kétséges, hogy minden testre vonatkozóan igaz. Az állítást tehát, úgy látszik, kielégítően megindokoltuk.” (Euler, 1758)

## Egy bizonyítás (Cauchy, 1813)



- 1) Ha a test „gumilapokból” áll, távolítsunk el egyet, és terítsük ki a síkba  $\rightarrow c - \acute{e} + l = 1$  ( $-1$   $l$ )
- 2) Minden lapot vágjuk háromszögekre  $\rightarrow +1$   $\acute{e}$ ,  $+1$   $l$   
 $\rightarrow c - \acute{e} + l = 1$  érvényes marad
- 3) Vegyük el a háromszögeket egyenként  $\rightarrow$  két eset lehetséges (lásd ábra), de az összefüggés mindkettőben érvényes marad
- 4) végül egy háromszög marad, és arra igaz.



Fig. 1.



Fig. 2.



(a)

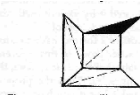


Fig. 3. (b)

## Ellenpéldák

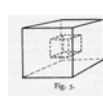


Fig. 4.



Fig. 5.

- „kockadvas kocka”:  $c - \acute{e} + l = 4$
- „képkeret”:  $c - \acute{e} + l = 0$

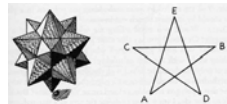


(a)

Fig. 6.

(b)

- lapok, illetve élek mentén önmetsző tetraéder:  $c - \acute{e} + l = 3$



- csillagdodekaéder:  $c - \acute{e} + l = -6$

## Megoldások



- „bűnös lemmák” keresése (mit tettünk fel a bizonyításban, ami nem igaz?), a poliéder definíciójának módosítása (az ellenpéldák nem is igazi poliéderek), kimagyarázás, toldozás-foltozás...
- A matematika sem tisztán bizonyító, hanem a cáfolatoknak is fontos szerepe van! (Itt is van „tapasztalat”: szemlélet, intuíció...)

## Probléma 2: nem így működik a tudomány



- Van egy cáfoló tapasztalat: a Napból érkező neutrínók száma jóval kisebb a vártnál
- Mit cáfol ez?
  - Elméleti napfizika: pontosan milyen magreakciók mennek végbe a Nap központi területein
  - Numerikus modellek: milyen belső hőmérséklet, nyomás stb. tételezhető a felszíni adatok alapján
  - Részecskefizika: hogyan viselkednek a neutrínók a Nap és a földi detektor között
  - Radiokémia: milyen reakciók mennek végbe a radioaktív folyadékot tartalmazó detektorban

## Aluldetermináltsági tézis (Pierre Duhem, Otto Neurath, Willard van O. Quine)



- Az elméletek mindig összefüggő rendszereket alkotnak, és cáfoló tapasztalat esetén sosem tudjuk, melyik részt cáfoltuk meg
- Akár már logikailag: a konklúzió hamissága esetén azt tudjuk, hogy *legalább az egyik* premissza hamis, de azt nem, hogy melyik

Pl. Ha Gábor ananászlét iszik, mindig megbetegszik.  
Gábor tegnap ananászlét ivott.  
Gábor ma beteg.

## Duhem (korai) kritikája... ... a falszifikáció ellen



- a kísérletező fizikus egy sor elméleti kijelentés igazságát fogadja el munkája során
  - „... a fizikus sohasem végezheti el egyetlen, kiragadott hipotézis kísérleti tesztjét, csak egy egész csoportét; amikor a kísérlet az előrejelzésekkel nem egyezik, csak annyit tud meg, hogy a csoportot alkotó hipotézisek közül legalább egy elfogadhatatlan és módosítandó; de a kísérlet nem mutatja meg, melyiket kellene megváltoztatni” (Duhem 1954. *The aim and structure of physical theory*. Princeton, N.J.: Princeton University Press. 187. o.)



- Ez a híres Duhem-féle holizmus tétele. Duhem érvelése alátámasztotta konvencionalista, holista pozícióját, amely szerint a fizikus dönteni tud a hipotézisek egy kitüntetett csoportjának elfogadásáról, és ez a választás – mivel több ilyen lehetséges hipotézishalmaz választható – aluldeterminált
- Így a kísérlet sikertelensége esetén nem tudja eldönteni, hogy melyik feltételezés hibás (csak annyit tud, hogy legalább egy) - az elméletet nem tudjuk „a labor ajtaja előtt hagyni”

### ... az indirekt verifikáció ellen



- nem tudjuk az összes hipotézist, amelyek potenciálisan megmagyarázzák a jelenségeket
- így nem tudjuk kiszűrni azt az egyetlen hipotézist, amely „verifikálódhatna” az eljárás során

### ... a direkt verifikáció ellen



- Hogy egy kísérleti törvényt szimbolikus törvénné alakítsunk, a fizikusnak egy sor elméletet el kell fogadnia
- Mivel a kísérleti törvények közelítő jellegűek, végtelen számú szimbolikus „fordítás” képzelhető el
- Így az elképzelhető szimbolikus törvények számosak, amelyeket mind igazolnak az empirikus általánosítások és a kísérleti törvények.

### További gondok – O. Neurath



- „De még a kezdő állításai sem kötöttek a sikeres tudománynak, hiszen különféle egységes nyelvek lehetnek kiindulási alapjaink, amelyek közvetlenül nem fordíthatók le egymásra. És még ha többé-kevésbé kötöttek is lennének az egységes nyelvek – valójában a tegnap és a ma, egy könyv elején és végén megjelenő állítások is gyakran kissé különböző nyelvekhez tartoznak –, még akkor is különböző rendelkezésre álló és növelhető számú megfigyelési állítás közül választhatunk, hogy pontos predikciókat tegyünk. Amit az egyik személy lényegtelennek tart – és aztán ennek megfelelően alakítja fogalmait –, az a másik számára elengedhetetlennek tűnhet. Például Goethe amiatt kritizálta Newtont, hogy az a spektrum képének elmosódó széléit elhanyagolta, míg saját elméletének ez volt az egyik kiindulópontja.
- Így áll a helyzet a tudományos munka *minden 'szintjén'* – nem csak a hipotézisek szűkebb tartományában, ahogyan amellet Poincaré és Duhem oly meggyőzően érvelt.”

• (Neurath 1935. Einheit der Wissenschaft als Aufgabe. Erkenntnis 5:16-22.)

### És végül W. v. O. Quine: Az empirizmus két dogmája



- „Bármely kijelentést igaznak tarthatunk minden körülmények között, ha a rendszer egy másik részének megváltoztatása eléggé radikálisan történik. Még egy, a perifériához közel eső állítást is -- a makacs tapasztalás dacára -- igaznak tarthatunk, a hallucinációra való hivatkozás, vagy a logikai törvényeknek nevezett állítás-típusok módosítása által; és fordítva is ez a helyzet: egyetlen állítás sem immúnis a revízióval szemben. Még a „kizárt harmadik” logikai törvényének módosítását is javasolták a kvantummechanika egyszerűsítésének céljából; és milyen elvi különbség van egy ilyen változtatás és az olyanok között, amely által Kepler rendszere kiszorította Ptolemaioszét, Einsteiné a newtonit, vagy Darwiné az arisztotelészt?”

- „Mindegyikünk számára adottak tudományos hagyományok, és az érzéki ingerek szolgáltatva zárótűz; és azok a megfontolások, amelyek arra indítanak bennünket, hogy a folyamatos érzéki ösztönzést hozzáidomítsuk ezekhez a tudományos hagyományokhoz, ahol racionálisak, egyben pragmatikusak is.”

• [http://nyltothegelem.phil-inst.hu/tudfil/ktar/forr\\_ed/quine.htm](http://nyltothegelem.phil-inst.hu/tudfil/ktar/forr_ed/quine.htm)

## Ahol a logika elégtelen



- A szigorú igazolás lehetetlen, de vannak meggyőző esetek:
- Előrejelzés.  
Pl. Ha Kepler elmélete pontosabban előrejelzi a bolygók helyzetét, mint Ptolemaioszé, akkor valószínűleg igaz.  
Vagy: Neptunusz felfedezése.
- Nem várt következmények beigazolódása.  
Pl. A Dirac-egyenlet és a pozitron felfedezése
- „Együttes megerősítés”, egyesítés.  
Pl. Kepler elméletét le lehet vezetni abból a newtoni mechanikából, amiből a szabadesés törvényét, az árapály magyarázatát. stb. is le lehet vezetni.

- Vegyes igazolás  
kísérleti trv1  
kísérleti trv2 → Elmélet → Kísérleti trv n  
kísérleti trv3  
→ egy korábban nem ismert kísérleti törvény egyezése a tapasztalatokkal megerősíti az elméletet
- Mindezek gyakorlati szempontból megerősítik az elméletet, *robosztus* lesz  
⇔ ez logikai értelemben nem konkluzív (nem lesz bebizonyítva), de praktikus értelemben kevés okunk lesz kételkedni benne (beágyazódik a működő tudásunk összességébe, esetleg alapjaiba)

