

TUDOMÁNYOS MÓDSZERTAN





SZÉCHENYI TERV

TUDOMÁNYOS MÓDSZERTAN

**Készült a TÁMOP-4.1.2-08/2/A/KMR-2009-0041 pályázati projekt keretében
Tartalomfejlesztés az ELTE TátK Közgazdaságtudományi Tanszékén
az ELTE Közgazdaságtudományi Tanszék,
az MTA Közgazdaságtudományi Intézet,
és a Balassi Kiadó
közreműködésével.**



Nemzeti Fejlesztési Ügynökség
www.ujszechenyiterv.gov.hu
06 40 638 638



MAGYARORSZÁG MEGÚJUL



A projekt az Európai Unió
támogatásával valósul meg.

ELTE TáTK Közgazdaságtudományi Tanszék

TUDOMÁNYOS MÓDSZERTAN

Készítette: Kőhegyi Gergely, Kutrovácz Gábor,
Margitay Tihamér, Láng Benedek, Tanács János
és Zemplén Gábor

Szakmai felelős: Kőhegyi Gergely

2011. január

TUDOMÁNYOS MÓDSZERTAN

5. hét

Tudományos elméletek megerősítése és elvetése

Készítette: Kőhegyi Gergely, Kutrovácz Gábor, Margitay
Tihamér, Láng Benedek,
Tanács János és Zemplén Gábor

Szakmai felelős: Kőhegyi Gergely

Tudományos elmélet mint ismeretelméleti probléma

- A tudomány is egyfajta megismerési forma.
 - Megismerési forma még a kávézaccból jósolás, vagy a „jók és rosszak harca” képzet is.
- A tudomány (propozicionális) tudás igényű megismerési forma.
- Tehát a tudományos tudás is egyfajta tudás: propozíció formájában megfogalmazott, (1) fallibilisen igazolt (2) igaz (3) vélekedésekből kell, hogy álljon.

Tudományos elmélet mint ismeretelméleti probléma

- (3) Honnan származik a vélekedés? → Felfedezés kérdése (lásd később)
 - Pl.: Úgy vélem, hogy $F = m \times a \dots$
- Propozicionális jelleg: A kognitív folyamatok a nyelvben testet öltenek (Bécsi Kör véleménye).
- (2) Igazak-e az elmélet állításai? Tényleg úgy működik-e a világ, ahogy az elmélet leírja?
→ Tudományos elméletek és valóság viszonyának kérdése (lásd később).
- (1) Mi biztosítja, hogy hitünk az elméletben fallibilisen igazolt? → Tudományos elméletek megerősítésének kérdése (**lásd most!**)

Az igazolás problémája

- Pl. A: Ez a kréta fehér.
 - Logikai forma: A (nulladrendű), F(k) (elsőrendű)
 - Az állítás igazsága közvetlenül tapasztalatilag ellenőrizhető.
- Pl. A: Ez a konkrét keresleti görbe a kereslet törvényének megfelelően viselkedik.
 - Logikai forma: A (nulladrendű), F(k) (elsőrendű)
 - A igazsága egy sor premissza igazságából következik (mikroökonómiai elmélet): $(P_1 \& P_2 \& \dots \& P_n) \supset A$
 - Ha P_1, P_2, \dots, P_n igaz, akkor A is igaz (logikai szükségszerűség).

Az igazolás problémája

- Pl. A: Minden alma a hűtőmben piros.
 - Logikai forma: $A = \forall x[a(x) \supset p(x)]$, tárgyalási univerzum: hűtőm, vagy $\forall x[(a(x) \& h(x)) \supset p(x)]$
 - Ha az a_1, a_2, \dots, a_n hűtőbeli almákra (véges sok eset) mind igaz, hogy $p(a_1), p(a_2), \dots, p(a_n)$ (egyedi állítások), akkor A univerzális állítás is igaz.
- Pl. Normál jószág esetén minden keresleti görbe a kereslet törvényének megfelelően viselkedik.
 - Logikai forma: $A = \forall x[k(x) \supset t(x)]$, tárgyalási univerzum: ?
 - Mik azok az egyedi állítások, amelyek igazsága esetén A igaz? Végtelen sok ilyen van!
 - Ugyanolyan, mint a hollós példa! A tudományos törvények ilyenek (lásd korábban).

Verifikációs elv 1.

(Verifikáció = igazolás)

- Tehát az univerzális állítások igazságát is egyedi állítások biztosítják.
- Egy egyedi állítás (propozíció) csak akkor értelmes, ha empirikus tartalommal bír.
- Egy propozíció jelentése abban a különbségben áll, amit a tapasztalati valóságban az a különbség jelent, ha a mondat igaz vagy hamis
→ mindig meg tudjuk állapítani (elvileg), hogy a tények igazzá teszik-e az állítást vagy sem.
- „Egy mondat jelentése azonos verifikációjának módjával” (Pierce).

Mik nem empirikus állítások?

- A törvényjellegű általánosságok nem empirikus állítások: 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) ⇒ a tudományos közösség nem értene egyet ennek verifikálási módjában (lásd később).

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 építkezhetünk?

Összefoglalva

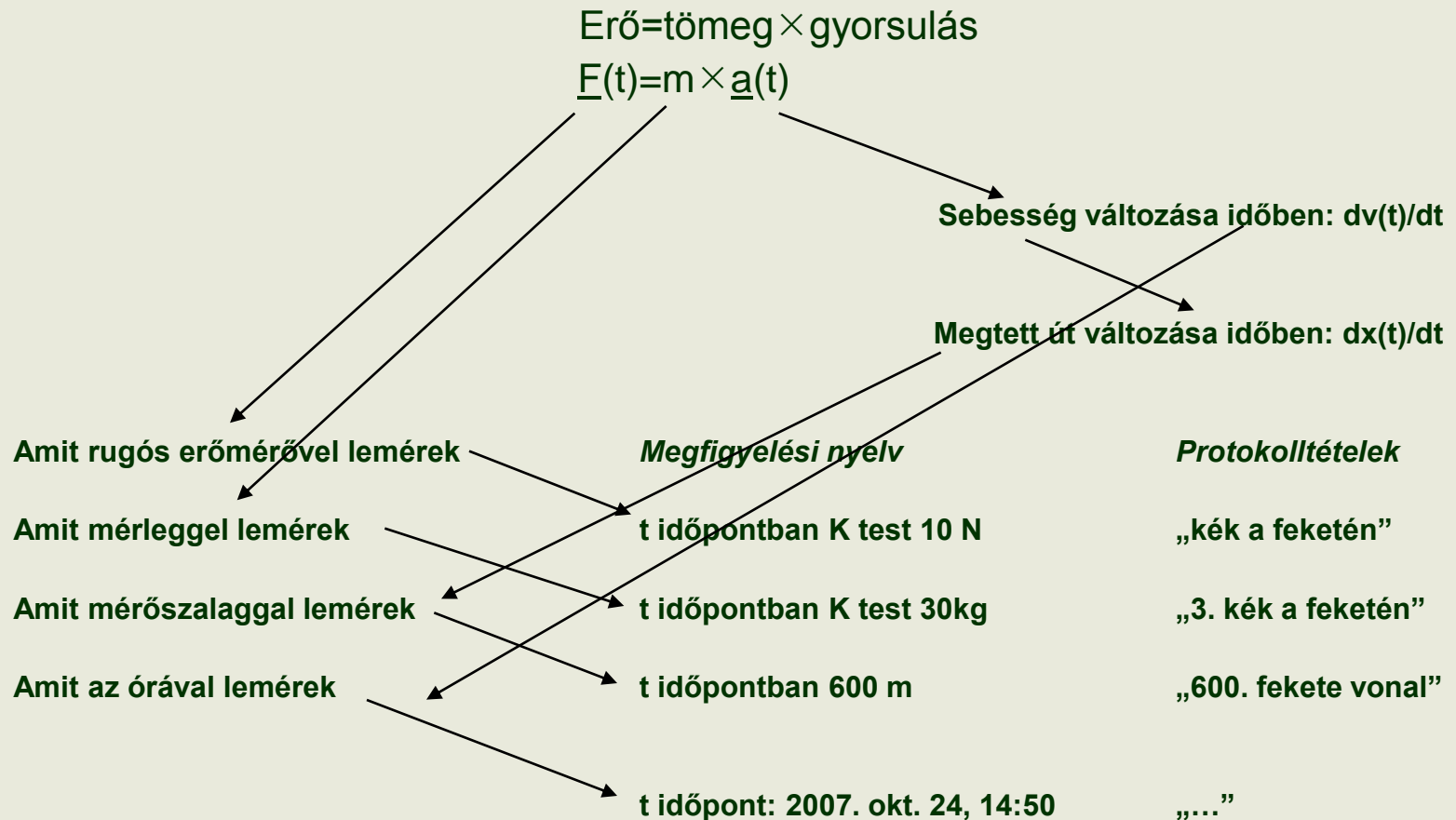
- A verifikáció alkalmazásának feltételei:
 - Legyen egyedi állítás (adott tapasztalati szituációra vonatkozó),
 - és legyen adott a verifikálásának módja (objektív igazságfeltételek összessége).
 - Problémák, ha lehetőségünk van közvetlen verifikációra:
 - Véges sok egyedi állítás nem verifikálhat egy végtelen sokaságra vonatkozó állítást.
 - Az egyedi állítások verifikációjánál is szubjektív érzetadatokba ütközünk. Ezek nehezen (vagy egyáltalán nem) objektivizálhatók.
 - De azt is nehéz megmondani, hogy mi verifikálható közvetlenül.
 - Például a tudományos törvények biztos, hogy NEM!

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 (mert az elméletnek logikailag konzisztens kell lennie).
- De hogyan?

Egységes tudomány fizikai nyelven (R. Carnap)

- Pl. Newton II. tv.: (elméleti nyelv)



Egységes tudomány fizikai nyelven (R. Carnap)

- Pl. Gossen II. tv.: (elméleti nyelven)

Csökkenő határhaszon elve

$$U'(x) > 0, U''(x) < 0$$

$$dU/dx; dU'/dx$$

$U(x)$

Pszichofiziológiailag mérhető

Preferenciákat reprezentál

Emberi racionalitás megjelenítése

Pszichológiai fogalom

Kísérletileg mérhető

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.
PI. A veréb madár és tud repülni.
A gólya madár és tud repülni.
A vöcsök madár és tud repülni.
Minden madár tud repülni.
- De: Hume indukciókritikája: ez sohasem lehet egy logikai viszony! (Mondja a strucc.)
- A nagy „induktív bázis” (egyéb feltételek mellett) valószínűvé teheti az elméletet, de sosem teheti biztossá → Tehát sosem bizonyítja!

Hipotetikus-deduktív igazolás

- 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)

- 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 van, pl. a newtoni axiómáké $1-\varepsilon$ (ε 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 holló fekete. (*hipotézis*)
Zokni egy holló. (*segédhip.*)
Zokni fekete. (*konklúzió*)

DE Zokni nem fekete! (*tapasztalat*)

Tehát nem minden holló fekete → 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 helyes következtetés fogalma a logikában). Tehát a konklúzió hamissága öröklődik a premisszákra.

Lásd legfelül.

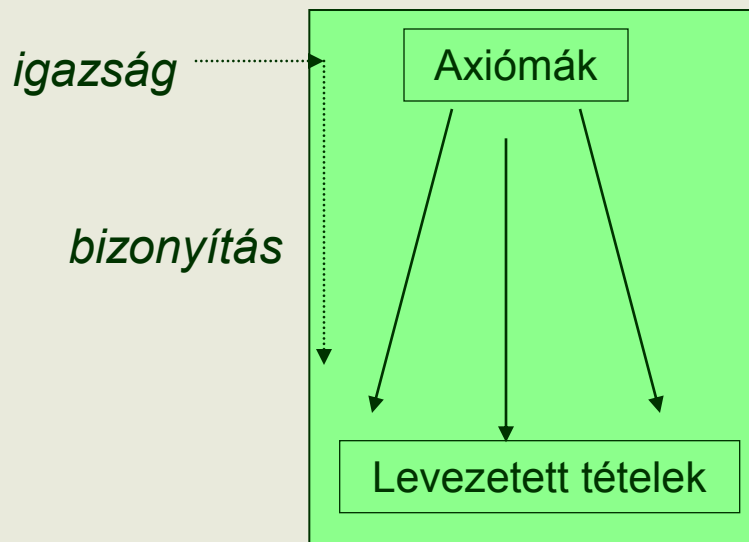
Falszifikációs modell (Karl Popper)

(falszifikáció = cáfolás)

- Ha tehát az elméletek
 - csak deduktívak 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.

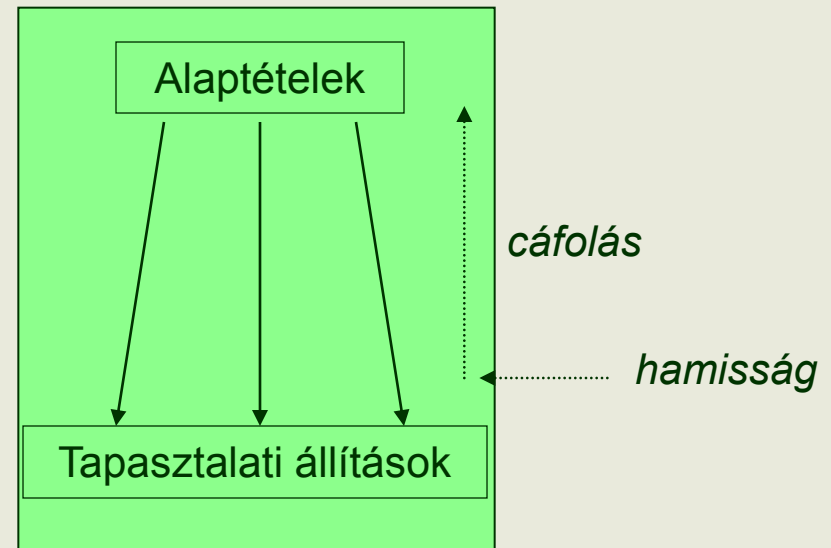
A bizonyító és cáfoló tudományok idealizált modelljei

„Euklideszi” tudomány:
bizonyító



Ma a matematika ilyen.

„Popperi” tudomány:
cáfoló



Ma a tapasztalati tudományok
ilyenek.

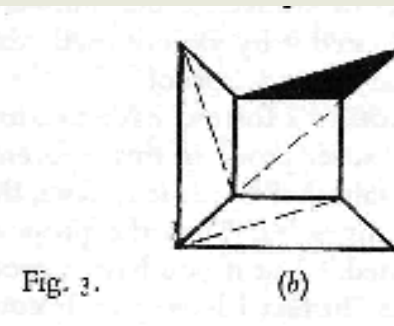
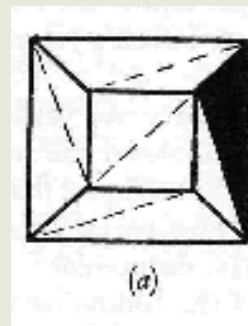
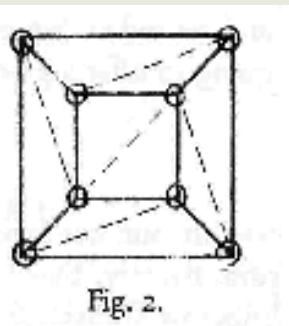
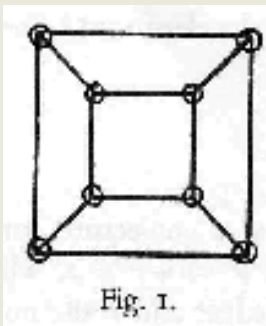
Probléma 1:

nem így működik a matematika

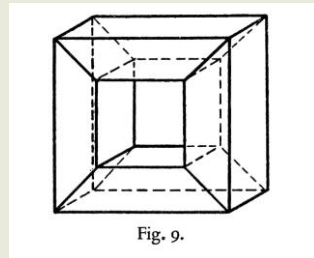
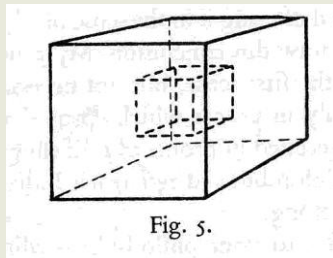
- (Lakatos Imre: *Bizonyítások és cáfolatok*)
- Descartes-Euler-féle poliéder tétel:
 $c - é + l = 2$ (csúcsok, élek és lapok száma)
- Sejtés alapja: **indukció** (pl. kocka, tetraéder, gúla, stb.)
- „Ami engem illet, be kell vallanom, hogy még nem tudtam szigorú bizonyítást konstruálni erre a tételre... 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)

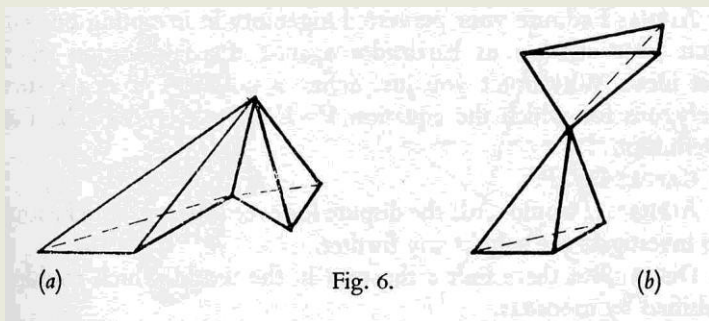
1. Ha a test „gumilapokból” áll, távolítsunk el egyet, és terítsük ki a síkba $\rightarrow c - é + l = 1$ (-1 l).
2. Minden lapot vágjunk háromszögekre $\rightarrow +1$ $é$, $+1$ l
 $\rightarrow c - é + l = 1$ érvényes marad.
3. Vegyük el a háromszögeket egyenként \rightarrow két eset lehetséges (lásd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



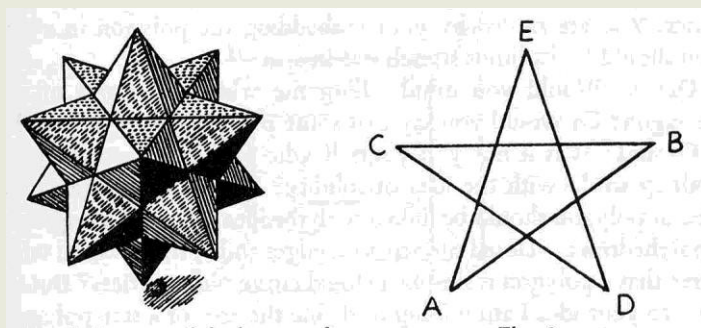
Ellenpéldák



- „kockaodvas kocka”:
 $c - é + l = 4$
- „képkeret”:
 $c - é + l = 0$



- lapok, illetve élek mentén
önmetsző tetraéder:
 $c - é + l = 3$



- csillagdodekaéder:
 $c - é + l = -6$

Megoldások (Lakatos I.)

- „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 (szemlélet, intuíció, stb.).

Probléma 2: nem így működik a tapasztalati tudomány

- Nap-neutrínó vita
 - 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.

Probléma 2: nem így működik a tapasztalati tudomány

- Keresleti függvények meghatározása ökonometriai módszerekkel:
 - Cáfoló tapasztalat: az illesztett regresszióban a termék saját árához tartozó paraméter szignifikánsan pozitív, azaz nem teljesül a kereslet törvénye.
 - Mit cáfol ez?
 - Rossz a regressziós becslés (pl. nem teljesülnek a regressziós feltételek).
 - Rossz a függvényforma.
 - Rossz a mikroökonómiai elmélet, amelyből a kereslet törvénye adódik.
 - Rosszak a mikroökonómiai elmélet axiómái (pl. nem is racionálisak az emberek).

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
- Premisszák: P_1, P_2, \dots, P_n
- Konklúzió: K
- Törvény: $(P_1 \& P_2 \& \dots P_n) \supset K$
- Cáfoló tapasztalat: K hamis
- Logikai következmény: $P_1 \& P_2 \& \dots P_n$ hamis (azaz VALAMELYIK premissza hamis, de nem tudjuk, hogy melyik!)
- Pl. Ha Gábor ananászlét iszik, mindig megbetegszik.
Gábor tegnap ananászlét ivott.
Gábor ma beteg.

Duhem (korai) kritikája a falszifikációról

- 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.).

Duhem (korai) kritikája a falszifikációról

- 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 hibás) – az elméletet nem tudjuk „a labor ajtaja előtt hagyni”.

Willard van Orman Quine: Aluldetermináltság

- „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 állítástípusok módosítása által; és fordítva is ez a helyzet: egyetlen állítás sem immunis 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?” Quine: Az empirizmus két dogmája

Willard van Orman Quine: Aluldetermináltság

- „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://nyitottegyetem.phil-inst.hu/tudfil/ktar/forr_ed/quine.htm

- 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, így az *robustus* lesz.
⇔ ez logikai értelemben nem konkluzív (nem lesz
bebizonyítva), de praktikus értelemben kevés
okunk lesz kételkedni benne (beágyazódik a
működő tudásunk összességébe, esetleg
alapjaiba).