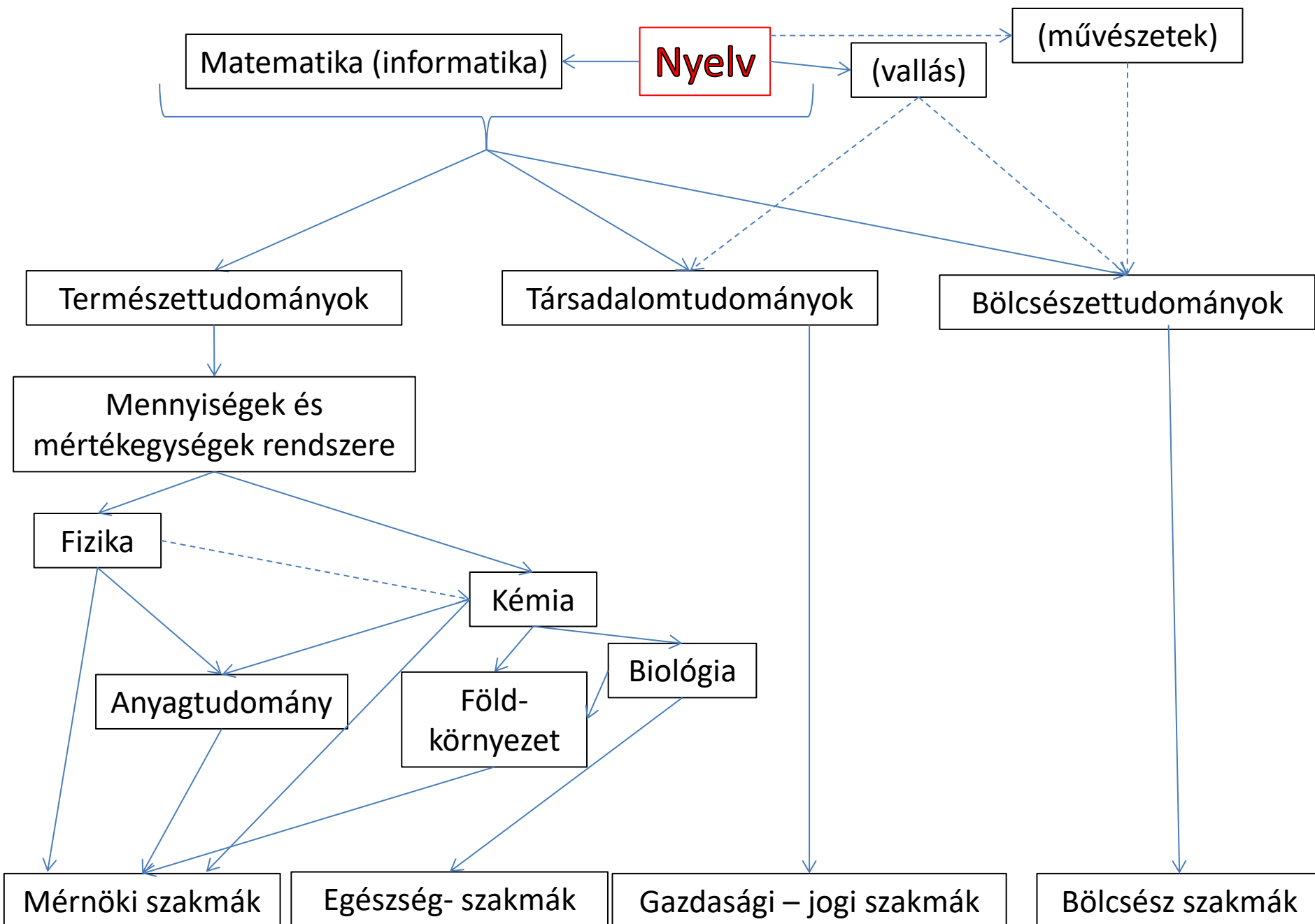


3.rész (2021. szeptember 30.)

**A tudomány szerkezete és
az új tudás létrehozásának algoritmusai**

3a. A tudomány szerkezete



3b. Mennyiségek és mértékegységek rendszere

Kezdetben volt a mennyiség (és mértékegység)-őskáosz, hasonlóan a nyelvi és fogalmi káoszhoz.

Aztán jött Lavoisier, de Őt sajnos túl korán lefejezték

A természettudományok nemzetközi művelése csak úgy lehetséges, ha mindenki egy nyelvet beszél, legalább a mennyiségek és definícióik szintjén (+ mértékegységek is jó lenne).

A mennyiségek tökéletes rendszeréhez azonban már szinte mindent tudni kellett a természetről, ezért tartott 1960-ig a bevezetése: SI (célja: átláthatóság, egyszerűség). A mennyiségek és mértékegységek alap- és képzett mennyiségekre és mértékegységekre bonthatóak.

Az alapmennyiségek legyenek a lehető legegyszerűbbek, legyen a lehető legkisebb a számuk, legyenek egymástól függetlenek és következzen belőlük minden képzett mennyiség.

Ezek ötven Planck (1900) után: hossz (L, m), tömeg (m, kg), idő (t, s), hőmérséklet (T, K), elektromos töltés (Q, C). A „darab” (N, -) nem alapmennyiség, mert az csak egy szám (matek).

Tetszőleges számok, pl. tucat, Avogadro szám (N_{Av}), adott frekvencia értéke (f^*)

Matematikai átalakítások (pl. $L \cdot m \cdot t \cdot T \cdot Q$)

Prefixumok (k = ezer), mértékegység definíciók

Képzett mennyiségek, mint pl. terület ($A = L^2$), térfogat ($V = L^3$), sebesség ($v = L/t$), gyorsulás ($a = L/(t^2)$), erő ($F = m \cdot a$), energia ($E = F \cdot L$), teljesítmény ($P = E/t$), áramerősség ($I = Q/t$), síkszög (L/L), frekvencia ($f = 1/t$), tucat-tömeg ($= m/12$), anyagmennyiség ($n = N/N_{Av}$), moláris mennyiségek ($?/n$), fényerősség ($I_v = P/L^2$, adott f^* mellett), stb...

Sajnos az SI 7 alapmennyiséget tanít: L, m, t, T, **I**, **n**, **Iv**. Törvényileg arra vagyunk kötelezve, hogy ezt tanítsuk meg évi 100 M gyereknek világszerte (SI = egyházi dogma??).

3c. A tudomány fejlődésének menete

1. lépés. A „nagy” tudomány: fogalmakat – mennyiségeket alkotunk, nevet adva nekik és definiálva azokat. A definícióból következik a mértékegysége is, ha van neki. Általában megkülönböztető jelet is rendelünk hozzá. Erről idővel (de ritkán) közmegegyezés alakul ki, vagy (gyakran) elfelejtődik. Egy új fogalmat akkor fogad be a nemzetközi tudományos közösség, ha az a komplex jelenségek megértése szempontjából hasznos (és ha jó az időzítés és ha szerencsénk van). A fogalmak a tudományos vitában fokozatosan tisztulnak, egyesek idővel eltűnnek, főleg azért, mert idővel kiderül róluk, hogy haszontalanok (pl. éter). ((én eddig csak egy fogalom tisztázásához járultam hozzá: határfelületi erők))

Módszerek: logika, megfigyelések,
kísérletek, mérések, modellek

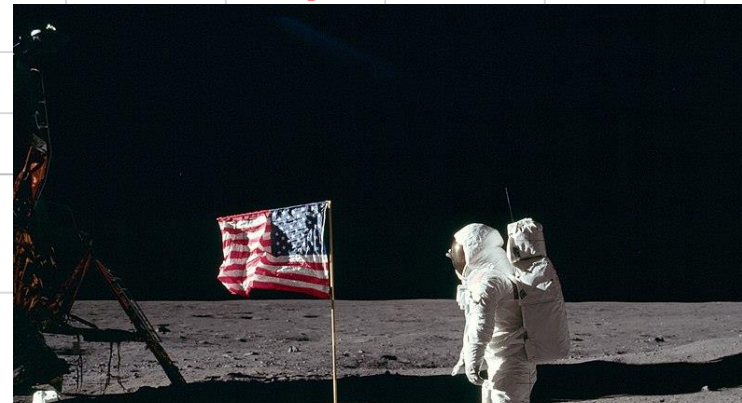
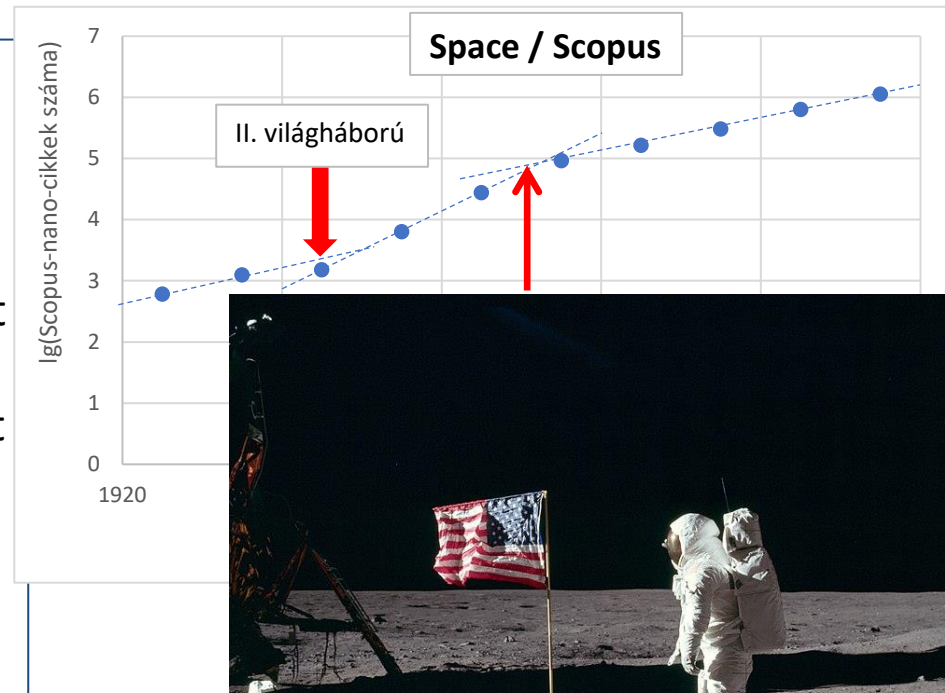
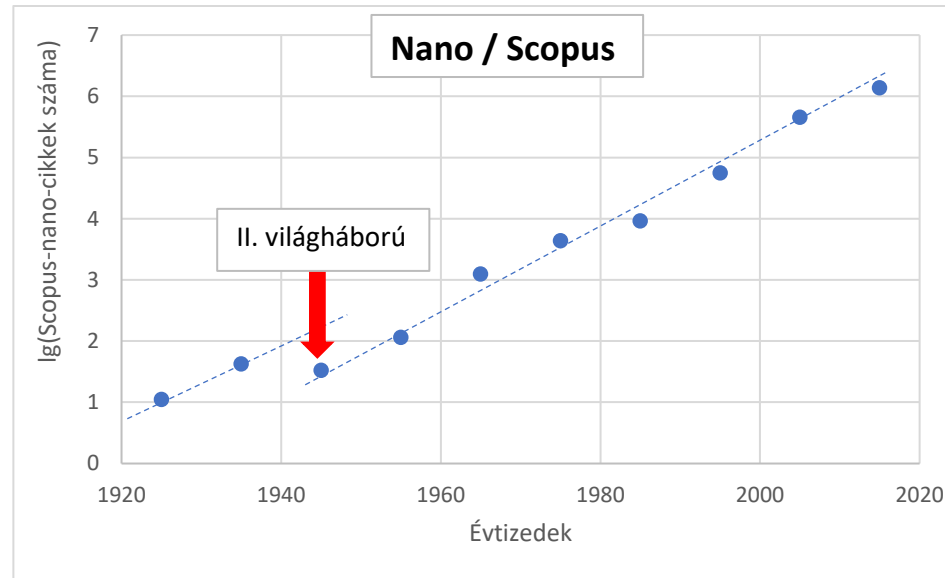
2. lépés. A „kis” tudomány = a kutatás maga = tudományosan bizonyított kapcsolat megteremtése az 1. lépésben definiált fogalmak – mennyiségek között. ((nekem 12 olyan egyenletem / elméletem van, amit legalább 1 Scopus cikkben „Kaptay-x”-ként idéznek; ez sem egyszerű, de lényegesen egyszerűbb, mint egy „nagy” lépést megtenni)). Egy PhD hallgató elsősorban ilyen „kis” lépések megtételére törekedjen, idővel majd eljön a „nagy” lépések ideje is.

Mindezek szintézise: a „lokális” paradigma egy tudományterületen. A végső cél: egy globális paradigma megteremtése, azaz az emberiség teljes tudásának egy közös rendszerbe foglalása. Egy paradigma alapja általában egy elv / egyenlet. A kolloidkémiának Adamson után 4 alapegyenlete volt, ami gyanús. Átalakítottam olyanra, hogy csak 1 alapegyenlet legyen benne.

Válassz magadnak **tudományos vezetőt**, de hogyan? (pl. legyen szimpatikus....). Vigyázat, vele **tudományos témát** is választasz.... Mielőtt több évet pazarolsz rá, nézz utána, pl. Scopus, „Documents = nano*”: vajon a témában megjelent cikkek száma az elmúlt évtizedekben nő, stagnál, esetleg csökken? (lehetséges adatbankok „komolyságuk” sorrendjében: Google Scholar, Scopus, Web of Science). Innen az látszik, hogy a „nano” gyorsabban nő, mint a „space”, tehát a „nano” előnyösebb választás, hacsak nincs több pénz a „space”-ben, hiszen mi profi kutatók vagyunk, akiknek finanszírozás kell.

Mérd fel a **konzulensed tudományos potenciálját** is. Vajon az elmúlt 4 évben hány közleménye jelent meg? Mivel maximum 7 doktorandusza lehet, innen kiderül, hogy Te hány cikkre számíthatsz vele, majd hasonlítsd ezt össze a doktori iskola kritériumaival. Példa: ME MAK előír minimum egy Q2-es elsőszerzős cikket a PhD feltételeként. Scopus, „Authors = Kaptay”: 2017-2020 között: 28 Scopus-cikk, tehát Rád jut: $28/7 = 4$ cikk, ami talán elég. Főleg azért, mert ahol nem elsőszerzős, ott Ő az utolsó szerző.

3d. A kutatóvá válás kezdő lépései



3e. A kutatás kezdete

1. Készíts irodalomkutatást a témában = olvass és jegyzetelj, ki – mikor – mit állított a választott témában? Fókuszálj a kritikus pontokra: hiányzó adatok, vagy modell, hiányos adatok vagy modell, ellentmondásos adatok vagy modell. Ennek eredménye a **tudáshiány** megfogalmazása (ez lehetőleg ne lokális-, hanem globális tudáshiány legyen). Ettől kezdve a **kutatási célod** olyan új tudás létrehozása, ami a tudáshiányt, mint űrt tölti ki.

A feltárt tudáshiány nélküli kutatás = kutatgatás = áltevékenység (betanulás)

2. Készíts egy hipotézist. A hipotézis a legjobb ötleted arra, hogy mi lehet a keresett, hiányzó új tudás, ami kitölti a tudáshiányt. Minden, amit ezt követően teszel, arra irányul, hogy ezt a hipotézist bizonyítsd, vagy elvesd, vagy egy jobbra cseréld (prove / disprove / improve your hypothesis). Ha az első hipotézised nem sikerül tökéletesre, akkor még ne ess kétségbe, így legalább az elérendő eredményed nem lesz magától értetődő. Ha azonban a 10. hipotézised se jön be, akkor menj el szabira, majd kezd előlről az egészet.

3f. További lépések

3. Készíts kísérleti (szimulációs) tervet. Készíts hozzá döntési mátrixot is, számba véve a lehetséges kimeneteket. Csak az a jó kísérleti terv, aminek eredményeként várhatóan bizonyítani tudod, vagy el tudod vetni a hipotézised. Az a kísérleti terv, amit végrehajtva nem lehet dönteni a hipotézis elfogadása, vagy elvetése mellett = gyenge kísérleti terv. Lehet persze olyan opció is, hogy a tervezett kísérlet eredménye ugyan nem vezet igen/nem eredményre, de legalább a hipotézis finomítására alkalmas. A terv vonatkozhat kísérletsorozatra is, nemcsak egyedi kísérletekre. A kísérletekhez készíts ütemtervet is, figyelembe véve az előkészületek és az utómunkák időigényét is. Minél gyorsabban valósítható meg a kísérleti terv, annál jobb. Egy PhD hallgató lehetőleg ne írjon 4 hónapnál (1 félévnél) hosszabbra nyúló kísérleti tervet.

4. A kísérletek teljesítése és dokumentálása. Készítsd elő és teljesítsd a kísérletet maximális precizitással és maximális pontossággal - részletességgel dokumentáld a történéseket. Fontos, hogy észre vegyél minden olyan mellékjelenséget, amire se a hipotézis felállítása során, se a kísérleti terv készítése során nem gondoltál. Ezek a megfigyelések módosíthatják a hipotézist, vagy akár egy új kutatási irányt is elindíthatnak. Ezért ezeket dokumentáld, de ne kapkodj, maradj fókuszált. Ha szükséges, kérj meg egy (akár több) kollégát, hogy segítsenek a kísérlet elvégzésében és dokumentálásában (kölcsonkenyér visszajár). Mindent mérj le és jegyezz fel, ami feljegyezhető (dátum, helyszín, időpont, tömeg, stb...). Legyen tudományos füzeted, abba írd mindent. Ennek fix (ragasztott) lapjai legyenek és minden oldala legyen beszámozva + dátum + cím minden bejegyzés előtt. Ezt időnként jegyeztessd ellen egy kollégával (az USA bíróságain ezzel bizonyítható egy felfedezés elsőbbsége). A kézzel írt jegyzet alapján később készíts egy elektronikus jegyzőkönyvet is és azt beszéld meg a konzulensseddel. Minden kísérletnek, mintának és jegyzőkönyvnek legyen sorszáma és dátuma.

3g. Lehetséges kimenetek az egyes kísérletek kiértékelése után

Egyetlen kísérlet (kísérletsorozat) sem vehet igénybe túl sok időt (max. 4 hónap = 1 félév). Minden kísérlet(sorozat) után komolyan értékelni kell az eredményeket és a tudományos következtetéseken túl „menedzser-típusú” döntéseket is hozni kell, hiszen optimális esetben egy értekezésben kb. 5 tézis kell, egy tézishoz pedig minimum egy félév, de több nem is jut rá, mert a 8. félév végére disszertációt kell védeni. A lehetséges kimenetek:

A). A kísérlet(sorozat) igazolta a hipotézis jóságát, tehát az adott tudáshiány helyett létrehoztuk a keresett új tudást (HURRÁ). Ezt az új tudást fogalmazzuk meg (= tézis), lehetőleg általánosítsuk (modell) és **írjunk róla cikket**, adjuk elő konferencián, majd keressünk új tudáshiányt, ami lehet, hogy az előzőleg megfigyelt mellékjelenségekből következik (vagy az irodalmazás közben talált 5 tudáshiány közül térjünk rá a másodikra). **Egy dolog tilos**: megfeledkezni az új tudásról, és nem megjelentetni róla egy cikket akár azért, mert titokban akarod tartani, akár azért, mert eszedbe jutott egy másik, érdekesebb téma.

B). A kísérlet(sorozat) csak részben igazolta a hipotézist, ezért azt módosítani kell. Ekkor a módosított hipotézissel újabb kör indul. Ha feltárunk egy jelenséget, utána azt „körbe kell löni”, azaz kísérletileg / elméletileg / szimulációval ki kell jelölni annak érvényességi határait (pl. egy adott megfigyelés csak adott összetétel-tartományban, vagy csak a fehér férfiakra érvényes).

C). A kísérlet(sorozat) kizárta a hipotézis valódiságát. Ilyenkor az esetek többségében a felgyűlt tapasztalatok alapján megfogalmazható egy új hipotézis. Mivel az eredeti kísérleti terv nem erre vonatkozott, ezért az új hipotézisre általában új kísérleti terv és új kísérletek kellenek. Ha ez nemcsak néhány, hanem túl sok körben fordul elő egymás után (azaz ha ördögi körbe kerülsz), akkor valami nagyon nem működik. Ilyenkor ad-abszurdum még a témaváltás, vagy a konzulens-váltás sem kizárt, de ez csak egy teljes végigdolgozott és sikertelen év után lehet indokolt (addig a türelem általában rózsát terem).

3h. Az új tudás értelmezése és általánosítása = Modellezés

Születésekor minden tudás a vizsgálat konkrét körülményeire vonatkozik. Ez ugyan hasznos, de így, empirikusan és konkrétan csak keveseket érdekel. Érdeked azonban a majdani független hivatkozások maximalizálása céljából, hogy az új tudás minél többeket érdekeljen. Ehhez azt értelmezni és általánosítani kell = modellezés.

A. A hadonászós / gesztikuláló (hand-waving) modellezés - értelmezés: kreálj egy szöveges sztorit az empirikus megfigyelések köré, amiben próbáld legalább szövegesen elmagyarázni, hogy mi miért történt és hogyan. Néhány sematikus ábra segíthet. A túl nagy hangerő és a túl nagy gesztusok visszaüthetnek (ez kultúrafüggő).

B. Félempirikus modellezés: a bonyolult jelenséget leíró kísérleti pontjaidra (y) illessz egy minél egyszerűbb függvényt a kísérleti paraméterek függvényében (x), pl. EXCEL segítségével. Megfelelő egyezés esetén (ha R2 értéke 1 körüli) innen pl. **a** és **b** értékei az **$y = a + b \cdot x$** függvényben. Ez a fentihez képest egy lépés előre. De még nem értjük se azt, hogy miért lineáris a függvény, se azt, hogy **a-b** értékei miért olyanok, amilyenek.

C). Elméleti modellezés: a „semmiből” kijön a lineáris összefüggés és **a-b** elméleti értékei is (10 %-on belül reprodukálva a kísérletet). Egy modell annál jobb, minél kevesebb félempirikus paraméter marad benne (1. szint: az összefüggés lineáris; 2. szint már **a** is kijön; 3. szint: már **a-b** is kijön). Egy elmélet mindig az egyszerűsítő feltételek tisztázásával indul, ez adja meg annak érvényességi tartományát (pl. vizsgáljunk egyforma gömböket, vagy fekete alabamai nőket). Az eredmény más lesz, ha kockákat, vagy ha fehér miskolci férfiakat vizsgálunk. Az elméleti modell tehát előzőleg definiált fogalmak / mennyiségek között teremti egyszerűsített, logikusan levezetett matematikai kapcsolatot adott feltételek mellett. Legjobb elméleti modell = nulla feltétel és paraméter.

3i. Egy példa az elméleti modellre és a feltételekre

Tegyük fel, hogy ismerjük az Avogadro számot ($N_{\text{av}} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$) + egy elem moláris térfogatát ($V(\text{Al}) = 1,00 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$ - főnév = számláló, jelző = nevező), készítsünk elméleti modellt az adott elem atomsugarára (a mért érték: $r(\text{Al}) = 0,143 \text{ nm}$).

1. **Tegyük fel**, hogy az atomok gömb alakúak. Ekkor egy atom térfogata $= \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$. Egy mol atom térfogata ugyanez $\cdot$ Avogadro szám. Innen: $r = (1,00 \cdot 10^{-5} / (\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 6,02 \cdot 10^{23}))^{1/3} = 1,58 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,158 \text{ nm}$. Kísérleti érték $= 0,143 \text{ nm}$ (eltérés: $+10,4 \%$?).

2. **Lehet, hogy az atomok kocka alakúak?** $V_{\text{m}} = a^3 \cdot N_{\text{av}}$, innen $a = (1,00 \cdot 10^{-5} / 6,02 \cdot 10^{23})^{1/3} = 2,55 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,255 \text{ nm}$. Kísérleti érték $0,143 \cdot 2 = 0,286 \text{ nm}$ (eltérés: $-10,8 \%$?).

1+. **Lehet, hogy az atom mégis gömb alakú, de azokkal nem tölthető ki a tér 100 %-ban.** Egyforma gömbökkel a lehető legszorosabb illeszkedéssel a tér $74,0 \%$ -a tölthető ki (geometria). Ekkor: $r = (1,00 \cdot 10^{-5} \cdot 0,740 / (\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 6,02 \cdot 10^{23}))^{1/3} = 1,43 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,143 \text{ nm}$. A kísérleti érték $0,143 \text{ nm}$ (eltérés: 0%). Ebből az egyezésből valószínű, hogy az Al-atomok gömb alakúak és az Al kristályszerkezet olyan típusú, amiben az atomok maximálisan kitöltik a teret. Ez most még csak egy hipotézis, amit kísérletileg bizonyítani kell (ez megtörtént). Megjegyzés: az egyforma kockák képesek 100% -ban kitölteni a teret, tehát ez a térkitöltési ötlet a kocka-modellen nem tud javítani, pláne, hogy ott az eltérés - előjelű.

Cogito ergo sum = Gondolkozom, tehát vagyok

A portrait of René Descartes, a French philosopher, mathematician, and scientist. He is depicted from the chest up, wearing a dark garment with a white collar. He has long, dark, wavy hair and a small, neatly trimmed mustache. His expression is serious and contemplative, looking slightly to the right of the viewer. The background is dark and indistinct.

3j. René Descartes (1596 – 1650): A módszer

1. Csak azokat az információkat fogadd el, amiket értelmed helyesnek lát (ismerd meg, de ne fogadd el feltétlenül a nagy öregek véleményét, azaz légy kritikus mindennel és mindenkivel)
2. Bontsd le a problémát a lehető legegyszerűbb rész-problémák halmazára (írd le a rész-problémákat és győződj meg arról, hogy nem felejtettél ki semmit)
3. Minden részproblémát oldj meg külön-külön (ne legyints semmire, bármilyen egyszerűnek tűnik is, mert semmi sem nyilvánvaló), majd fűzd össze a részeket és összegezz.
4. Írj le mindent, először kézzel, majd gépbe, a lehető legegyszerűbb stílusban és mondatszerkesztéssel. Írj rövid mondatokat (1 mondat = 1 állítás, vagy 1 magyarázat).

3I. A tézis megfogalmazása

Publikálni (meg szabadalmaztatni is) csak tézist (= szabadalmi igénypontot) lehet. Ez az Általad létrehozott új tudás végső, leírt formája (a pont az **i**-n), amit körültekintően kell megírnod, hogy később meg tudd védeni a támadásoktól

(az a legrosszabb, ha nem támadják, mert az azt jelenti, hogy ignorálják).

A tézis optimális esetben egy kijelentő mondat, de lehet akár egy oldal is több mondattal, sőt, ha ez segíti a megértést, akkor akár tartalmazhat egyenletet, ábrát, táblázatot is. A tézis nem tartalmazza a bizonyítást. A tézis ezért a mű végén van, és ami előtte van, azt mind azért írjuk, hogy bizonyítsuk a tézist. Minden egyéb szöveg a műben = szószátyárkodás és szellemi környezetszennyezés.

A tézis az alapja minden kifelé való tudományos kommunikációnak (szabadalom, cikk, monográfia, konferencia előadás, PhD disszertáció, stb.). Amíg nincs tézis, addig ne kommunikálj kifelé semmit. A tézist optimálisan először írásban publikáld, majd csak azt követően ismertesd szóban. Így ha valaki érdeklődését felkelted az előadásoddal, a kezébe tudod nyomni a cikket / monográfiát, amire Ő aztán hivatkozni tud. Ha nem tudsz a kezébe nyomni semmit, akkor önsorsrontó módon jársz el, mivel független hivatkozások nélkül sosem leszel elismert kutató.

3m. A jó tézis kritériumai

A jó tézis **kijelent és nem sztorit mesél**. A rossz tézis arról mesél, hogy heroikusan kutattál valamit (kit érdekel?). A jó tézis leírja a feltárt új tudást, korrekten felsorolva minden körülményt, melyek között ez az új tudás igaz.

A jó tézis **újszerű**, azaz más által előtted nem publikált, vagy a más által előtted publikált tézisekből nyilvánvalóan nem következik (ezt a követelményt a PhD disszertációk bírálatánál csak a PhD kezdeti időpontjáig vesszük nagyon komolyan, de a folyóiratcikkek bírálatánál ennél keményebbek vagyunk és a bírálat időpontjában értékeljük az újdonságot - ha szerencsénk van, akkor a bírálónk nem olvas és nem ír, csak bírál).

A jó tézis **bizonyított**, a bizonyításról szól a megelőző mű. Ehhez le kell írni minden felhasznált anyagot (a vizsgálat tárgyát) és minden technológiai lépést (aminek a vizsgálat tárgyát a vizsgálat előtt alávetettük), illetve a vizsgálati módszert olyan részletességgel, hogy más azt reprodukálni tudja és meg tudjon győződni arról, hogy a tézisünk valóban helytálló-e, legalábbis a megadott körülmények között.

A jó tézis **jobb** a meglévő tudáshoz képest avagy rosszabb / gyengébb kijelentést könnyebb tenni a meglévő tudáshoz képest, de az senkit nem érdekel. Jobb tézis = pontosabb mérés / a kijelentés érvényességének szélesebb köre / a modell jobb egyezése a kísérleti adatokkal / ugyanaz az egyezés kevesebb félempirikus paraméterrel / egyszerűbb, olcsóbb, környezetkímélőbb, takarékosabb technológia – mérés – eljárás.

Tehát a jó tézis kijelent, újszerű, bizonyított és jobb, mint bármi, ami előtte volt.

3k. Kimeneti opciók kész tézis esetén

- A). Az eredményből akár meg is lehet gazdagodni, ezért a publikálás előtt érdemes azt szabadalmaztatni (PhD hallgatóknak nem ajánlott, mert túl sok időt visz el és ráadásul drága is).
- B). Ha szabadalmaztatni nem lehet, vagy nem érdemes, vagy már megtörtént:
publikáljuk az eredményt a világ legjobb szaklapjában.
- C). Megfeledkezel az egésztől, mert közben jobbnak tűnő ötleted támadt. Kérlek, ezt ne tedd, gyakorolj önkontrollt, és először küldd be publikálásra ezt az eredményed, mielőtt mással kezdenél foglalkozni. Ne kövesd az én hibámat (100+ asztalfiókban felejtett, sosem publikált eredmény, ami akkor idegesít a legjobban, amikor 20 évvel később valaki ugyanazt publikálja).
- D). Tarts az egészet titokban. Kérlek, NE. Tedd minden új tudásod minél hamarabb publikussá, de ésszel. Először publikálj, majd csak ezután beszélj róla széles körben és tarts róla konferencia előadást.

Köszönöm a figyelmet



Kaptay György (George)

kaptay@hotmail.com

+36 30 415 0002