

VALÓBAN?



Tóth Zoltán

Janus-arcú axiómáink: a p-primek

A p-primek (fenomenologikai primitívek) olyan tapasztalatokon nyugvó naiv axiómák, melyek igazságtartalmát gondolkodás nélkül elfogadjuk. A fogalmat diSessa vezette be a tanulók fizikai fogalmakkal kapcsolatos megértési problémáinak és hibás feladatmegoldásainak értelmezésére (diSessa, 1993). A p-prim nem egy tanult fogalom, hanem a mindennapi tapasztalatból levont következtetés, amely egy-egy jelenséget ír le. Amikor egy természettudományos problémát kell megoldanunk, akkor gyakran nyúlunk ezekhez a rövidített gondolkodási sémákhoz – nem ritkán sikerrel. A p-primek egyik nagy haszna, hogy gyors döntést, válaszadást tesznek lehetővé. Ugyanakkor, mivel gondolkodás nélkül elfogadjuk őket, ezért számos esetben helytelen döntésre jutunk, ha nem elemezzük a megoldandó probléma finom szerkezetét. A p-primek döntést befolyásoló hatását a reklámszakemberek is ismerik és sokszor ki is használják. A p-primekről azért is jó tudni, mert ismeretükben egyrészt megjósolhatjuk egy adott problémakörben várható hibás válaszokat, másrészt kevésbé vagyunk kitéve annak a veszélynek, hogy a p-primektől befolyásolt döntésünk csapdájába esünk. A következőkben áttekintjük a legismertebb, leggyakoribb p-primeket, és megnézzük, hogyan befolyásolhatják ezek természettudományos (főleg kémiai) jellegű problémákra adott válaszainkat.

1. p-prim: „A közelebbi erősebb”

Számos tapasztalat alakítja ki bennünk ezt a naiv axiómát: ha közelebb vagyunk a meleg kályhához, erősebbnek érezzük a meleget; ha közelebb vagyunk a szag forrásához, erősebbnek, intenzívebbnek érezzük

azt; ha közelebb vagyunk a hangforráshoz, erősebbnek (jobban) halljuk a hangot stb.

1. probléma:

Miért van nyáron meleg és télen hideg?

Tipikus hibás válasz:

Mert nyáron a Nap közelebb van hozzánk, télen pedig távolabb.

A helyes válasz:

Mert nyáron az északi féltekén hosszabbak a nappalok és nagyobb a napsugarak beesési szöge. A tengelyferdeség és a Nap körüli keringés közös hatása az évszakok kialakulása a felszínen. Amikor az északi féltekén nyár van, valójában akkor van a Föld a legtávolabb a Naptól.

2. p-prim: „A több az jobb (hatékonyabb)”

Sok mindennel úgy vagyunk, hogy ha több van belőle az jobb, mintha kevesebb lenne. Gondoljunk például a pénzre, a tudásra, a munkaerőre, a technikai felszereltségre stb.

2. probléma:

Mikor lesz melegebb a víz, ha 5 percig forraljuk, vagy ha 15 percig forraljuk?

Tipikus hibás válasz:

Ha 15 percig forraljuk a vizet, akkor melegebb lesz, mintha csak 5 percig forralnánk.

A helyes válasz:

Az valóban igaz, hogy ha tovább melegítjük a vizet, akkor valószínűleg a hőmérséklete magasabb lesz, mintha csak rövid ideig melegítjük. De forrás során a folyadék (és így a víz) hőmérséklete nem változik. Tehát fölösleges energiapazarlás a vizet forrás után is tovább forralni.

3. probléma:

Melyik erősebb bázis: a piridin vagy a pirimidin?

Tipikus hibás válasz:

A pirimidin, mert abban két nitrogénatom is van.

A helyes válasz:

A piridin. Ugyanis a báziserősség attól függ, hogy a nitrogénatomon található nemkötő elektronpár mennyire lazán kötött. A pirimidinmolekulában a két nitrogénatom miatt a nemkötő elektronpárok erősebben kötöttek, mint a piridinmolekulában. Ezért a piridin az erősebb bázis.

3. p-prim: „A több az nagyobb”

Ha több almánk, könyvünk, ruhánk van, az nagyobb kupac alma, könyv és ruha. Ez mindennapi tapasztalat.

4. probléma:

Hogyan változik az atomok mérete a rendszámmal a periódusokban az s- és a p-mezőben?

Tipikus hibás válasz:

Mivel a rendszámmal nő az atommagban található protonok száma, valamint az elektronburokban lévő elektronok száma, azért az atomok mérete a rendszámmal nő.

A helyes válasz:

Valóban nő az atommagban lévő protonok és az elektronburokban található elektronok száma. Azonos periódus esetén azonban ezek az elektronok ugyanazon az elektronhéjon találhatóak. A rendszám növekedésével tehát egyre több pozitív töltésű és negatív töltésű részecske közötti vonzás érvényesül, ami az atom méretének csökkenését vonja maga után.

Egy érdekes kitérő:

Miért nitrogéngázzal töltik a versenyautók gumibroncsait és nem levegővel? Miért állítják azt a gumikereskedők, hogy a levegővel töltött gumibroncsokban gyorsabban csökken a nyomás, mint a nitrogéngázzal töltött gumibroncsokban?

Ez a probléma azért probléma, mert a gázmolekulák diffúziósebessége a molekulatömeg négyzetgyökével fordítottan arányos. Ez alapján tehát az várnánk, hogy a kisebb molekulatömegű nitrogéngáz fog hamarabb kidiffundálni a kerékből. Csakhogy ebben az esetben a gumiabroncs pórusain keresztül történő diffúzióról van szó. Annak sebessége pedig a pórusok és a részecskék méretétől is függ. A 3. probléma tárgyalásánál láttuk, hogy az oxigénatomok mérete kisebb, mint a nitrogénatomoké. Ebből ugyan nem következik szigorúan, de az oxigénmolekulák mérete is kisebb, mint a nitrogénmolekuláké. Ezért enged le hamarabb a levegővel töltött gumiabroncs a nitrogénnel töltöthöz képest.

4. p-prim: „A keményebb stabilisabb”

Számos tapasztalatunk van arról, hogy egy tárgy keménysége és stabilitása gyakran együtt járó fogalmak. Ráadásul a hétköznapi értelemben stabilitás inkább az állandóságra, a változásokkal szembeni ellenállásra vonatkozik, és nem annyira a termodinamikai stabilitásra.

5. probléma:

A szén két kristályos módosulata, a gyémánt és a grafit közül, melyik a stabilisabb?

Tipikus hibás válasz:

A gyémánt, mivel az a legkeményebb ásványi anyag.

A helyes válasz:

A grafit belső energiája kisebb a gyémánténál, ezért – szokásos körülmények között – a grafit a stabilisabb módosulata a szénnek. Ha a gyémánt lenne a stabilisabb, akkor valószínűleg nem lenne annyira ritka és értékes.

Egy érdekes kitérő:

Ezek szerint a gyémántnak nagyobb az égéshője, mint a grafitnak. A nagy értékkülönbség miatt azonban balga dolog lenne gyémánttal fűteni szén helyett.

Ha a grafit stabilisabb a gyémántnál, akkor nem kell-e attól tartanunk, hogy a gyémántból készült ékszereink egyszer csak átalakulnak a sok-

kal értéktelenebb grafittá? Szerencsére ennek az átalakulásnak nagyon nagy az aktiválási energiája, ezért évmilliárdok alatt következik be. Ettől tehát nem kell tartanunk.

5. p-prim: „A nedves nehezebb”

Szintén hétköznapi tapasztalataink alakítják ki ezt a naiv axiómát. A nedves homok, a nedves ruha, a nedves fa valóban nehezebb, mint a száraz homok, ruha vagy fa.

6. probléma:

Melyik a nehezebb? Az azonos térfogatú, hőmérsékletű és nyomású száraz levegő vagy nedves levegő?

Tipikus hibás válasz:

Mivel a nedves levegőben víz is van, ezért az a nehezebb.

A helyes válasz:

Mivel a két gáz állapota megegyezik, ezért – Avogadro törvénye értelmében – bennük a molekulák száma is megegyezik. A vízmolekulák tömege viszont kisebb, mint az oxigénmolekulák vagy a nitrogénmolekulák tömege, tehát a száraz levegő a nehezebb.

Egy érdekes kitérő:

Ezért van az, hogy nedves légtömegek beáramlása esetén (amikor eső közeleg), a légnyomás csökken („a barométer esik”).

6. p-prim: „A természetes egészség”

Számos tapasztalat és különösen reklám alakítja ki bennünk ezt a naiv axiómát. Mintha az életerő-elmélet modern változatával állnánk szemben. Az élő szervezet által előállított anyagokban van valami plusz, ami a mesterséges anyagokból hiányzik.

7. probléma:

Melyik az egészségesebb: a paprikából kivont C-vitamin, vagy a gyógyszergyárban szintetikus előállított C-vitamin?

Tipikus hibás válasz:

A paprikából kivont C-vitamin, mivel az természetes eredetű.

A helyes válasz:

Amennyiben mindkét különböző forrásból származó C-vitamin kellően tiszta, akkor élettani hatásukban semmiféle különbség nincs.

Egy érdekes kitérő:

Ha a kérdést úgy tesszük fel, hogy melyik az egészségesebb: C-vitamin-szükségletünket zöldségek és gyümölcsök fogyasztásával fedezni, vagy C-vitamin-tabletták szedésével pótolni, akkor már árnyaltabb a kép. A zöldségekkel és gyümölcsökkel ugyanis nem csak C-vitamint viszünk be a szervezetünkbe, hanem egyéb, létfontosságú anyagokat (ásványi anyagokat, antioxidánsokat). Persze, ebben az esetben is van egy kockázati tényező, mégpedig az, hogy vagy a növénytermesztés során nem szakszerűen használt növényvédőszeres, műtrágyák és bomlástermékek is jelen lehetnek a fogyasztott zöldségben, gyümölcsben, vagy éppen a növényvédelem elmaradása miatt elszaporodott gombák toxin-anyagai okozhatnak ebben az esetben egészségkárosodást. A szintetikus előállított C-vitamint tartalmazó tabletták pedig – kis mennyiségben – tartalmazhatnak a gyártás során képződött köztitermékeket.

7. p-prim: „Az egyensúly egyenlőség”

A hétköznapi gyakorlatban gyakran egyenlőségjelet teszünk az egyensúly és az egyenlőség közé. Például a mérleg akkor van egyensúlyban, ha a serpenyőiben egyenlő tömegű anyag van.

8. probléma:

Hogyan változik egy egyensúlyra vezető folyamatban a kiindulási anyagok és a termékek koncentrációja?

Tipikus hibás válasz:

A kiindulási anyagok koncentrációja csökken, a termékeké nő, és egyensúlyban a koncentrációk megegyeznek.

A helyes válasz:

A dinamikus egyensúly jellemzője, hogy az oda- és visszaalakulás sebessége egyezik meg, de az anyagok koncentrációja nem (vagy legalábbis nem feltétlenül).

Egy érdekes kitérő:

Az egyensúly szemléltetésére ezért nem a legjobb példa a mérleges analógia. Sokkal jobb például az, hogy a földalatti alagútja és a felszín között akkor van egyensúly, ha időegység alatt ugyanannyi utas megy a felszínre, mint amennyi lemegy az alagútba. De ez nem jelenti azt, hogy a felszínen és az alagútban ugyanannyi ember lenne.

Vagy egy másik hasonlat: a zsonglőr produkciója közben időegység alatt ugyanannyi labdát dob a levegőbe, mint amennyit elkap. De a levegőben lévő és a kezében lévő labdák száma nem szükségképpen egyezik meg.

8. p-prim: „A káros az csúnya”

Gyerekesekben, romantikus történetekben a gonosz általában csúnya. A csúnya élőlényektől az emberek többsége fél, azokat félelmetesnek tartja.

9. probléma:

Mi lehet az ún. méregtelenítő lábfürdőkben képződő csúnya, barna színű csapadék?

Tipikus hibás válasz:

A szervezetünkől kiáramló méreganyag.

A helyes válasz:

A lábfürdőben külső egyenáramú áramforrás és vas anód esetén képződő vas(III)-hidroxid csapadék.

Egy érdekes kitérő:

Ezt a trükköt – nyugodtan nevezhetjük csalásnak is – alkalmazzák a víztisztító-berendezésekkel házaló ügynökök is. Az általunk használt ivóvízbe elektródokat – köztük vasból készült anódot – helyeznek, majd egyenáram hatására beindul az elektrolízis, melynek során az anódon a vas oxidálódik, a katódon pedig hidroxidionok képződnek.

Ezek eredményeként alakul ki a barna színű vas(III)-hidroxid csapadék. Ez tehát nem a víz szennyezettségére utal!

Összefoglalás

A p-primek ismerete hozzásegíthet bennünket bizonyos hibás válaszok okának felderítéséhez. Tanításuk, tudatosításuk csökkentheti az ebből adódó fogalmi megértési problémákat és megvédhet bennünket a reklámok – olykor szélhámosságig fajuló – hatásaitól.

Köszönetnyilvánítás:

A tanulmány az OTKA (K-105262) támogatásával készült.

Irodalomjegyzék:

di Sessa, A. A. (1993): Towards an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10 (2-3), 105-225.