

A minőségbiztosítási rendszernek azonban nem csak a képzési programok egyszeri engedélyezését kell lehetővé tennie. Folyamatosan vizsgálnia kell azt is, hogy a valóságban megvalósul-e, amit az akkreditáció során a képzést szervező intézmény ígért. A távoktatásban nem ismeretlen például az, hogy a tanulók által kitöltött tesztlapok tanári értékelésének helyességét egy központi apparátus rendszeresen elemzi és értékeli.

Biztosítani kell továbbá a képzési programok, illetve modulok tartalmának folyamatos „karbantartását”, korszerűsítését. E munka fő szempontja az, hogy maga a „felvevő piac”, vagyis a munkáltatók, a gazda-

ság képviselői hogyan értékelik, hogyan „igazolják vissza” a képzés során tanultakat.

(1) Az Európában használatos fogalmak: távtanulás (distance learning), nyitott tanulás (open learning), kötetlen tanulás (flexible learning). Az Európai Unió gyakorlatában leggyakrabban használt kifejezés a nyitott távtanulás (Open and Distance Learning, ODL). Míután a magyar nyelvben egyelőre nincs más, széles körben elfogadott kifejezés erre, ezért az egyszerűség kedvéért, a következőkben továbbra is a távoktatás szót használjuk, de a fogalom szélesebb, korszerűbb értelmezésével.

Udvardi Lakos Endre

Szimmetria a természetben

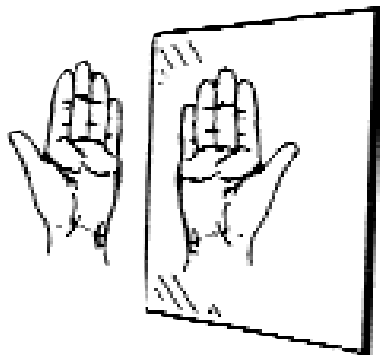
A szimmetria általában fizikai és geometriai alakzatok ama tulajdonsága, hogy az alakzatok meghatározott térbeli műveletek során változatlanok maradnak. Az elméleti fizikában szimmetrián egyes természettörvények azon tulajdonságát értjük, hogy a természettörvény alakja valamely új vonatkozási rendszerben változatlan marad. Biológiai szempontból nem ennyire szigorú a szimmetria jelentése, csupán bizonyos részarányosságot jelent, az élőlények testében tapasztalható, nem szigorúan vett geometriai pontosságú szabályszerűséget. Bármilyen szűken vagy tágan értelmezzük a szimmetria jelentését, e fogalom segítségével az ember hosszú korokon át igyekezett környezetében a rendet, a tökéletességet, a szépséget megértetni és megalkotni.

A geometriai szimmetria leggyakrabban előforduló fajtái a természetben a kétoldali (matematikai szempontból a tengelyes és a középpontos), az eltolási, a forgási, a kristálytani, valamint az ornamentális szimmetria. A szimmetria geometriai fogalma méret és elrendezés szerinti megegyezéseket tartalmaz. A geometriai alakzatok méreteik szerinti megfeleltetését az egybevágóság fogalma segítségével értelmezhetjük. Azokat a geometriai transzformációkat nevezzük egybevágósági transzformációnak, amelyek távolságtartók (ez a feltétel a méret megtartásán kívül az alak megegyezését is biztosítja). Egybevágósági transzformációk: tengelyes tükrözés, kö-

zéppontos tükrözés, síkra vonatkozó tükrözés, forgatás, eltolás.

Természeti jelenségként észlelhető legtökéletesebb, a legapróbb részletet tekintve is hibátlan szimmetria figyelhető meg síkra történő tükrözés esetén a tárgy és a képe között. Tükörkép keletkezésének lényeges feltétele nyilvánvalóan a tükröző felület létezése. Azaz: tükörképek ott keletkeznek, ahol van tükröző felület, legyen az akár a táj képét „produkáló” tó felszíne, akár egy szép hölgy arcását visszaadó üvegtükör. Lehet a síktükör vízfelület, fényezett fémlap, fonszorozott üveglap: minden tárgy képe ugyanakkora távolságra látszik a tükör síkjától, mint a tárgy és a tükör távolsága, sőt

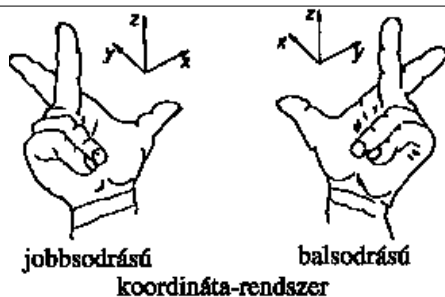
a kép nagysága is megegyezik az eredeti tárgy nagyságával, a tárgy és a képe mégsem teljesen azonos egymással. A siktükör felcseréli a jobb és a bal oldalt. Például a bal tenyerünk képe a siktükörben olyan, mintha a jobb tenyerünk lenne.



1. ábra

A jobb és a bal megkülönböztetésének igénye, illetve megkülönböztethetetlenségének bizonyítása a természettudomány egyik legalapvetőbb problémáinak egyike. Első közelítésben a jobb és a bal között nincs lényegi különbség, legalábbis ez van olyan alapvető, mint például az állatok nőstény és hím egyedei között, vagy az állatok legtöbbször elülső és hátsó része között. A jobb és a bal megkülönböztetése önkényes választáson alapszik. Természetesen, ha egy testre vonatkozóan rögzítésre került a jobb oldal helye, akkor már meg van határozva minden más testre nézve is. A térben a jobb és a bal megkülönböztetését egy csavarozás irányításához köthetjük. A csavarozás jobbméletű (jobsodrású), ha a haladás irányába nézve a körülforgás iránya az óramutató körüljárás irányával ellentétesnek látszik. Az órák mutatóinak forgásirányát nem természettörvény, csupán konvenció szabályozza, éppenséggel az órák mutatói járhatnak az ellenkező irányba is.

A jobb és a bal megkülönböztetésének esetlegességére számtalan példát hozhatunk fel a természetből. Nem véletlen, hogy a természettörvények megadásához használt matematikai apparátus jobsodrású és balsodrású koordináta-rendszereket egyaránt tartalmaz.



2. ábra

Például a fizikában használatos jobbkéz-szabály az elektromos áram és az általa gerjesztett mágneses tér irányát adja meg:

1. ha jobb kezünkkel az áramjárta egyenes vezetőt úgy markoljuk meg, hogy kinyújtott hüvelykujunk az áram irányába mutat, akkor jobb kezünk többi ujjja a mágneses erővonalak irányába mutat;

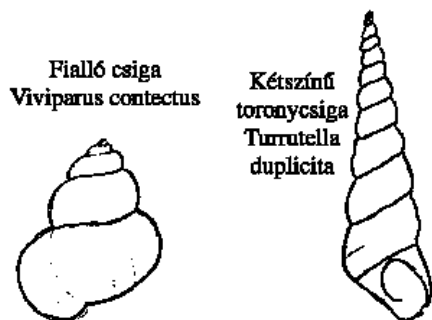
2. ha jobb kezünkkel az áramjárta tekercset úgy markoljuk meg, hogy négy ujjunk (mutató–középső–gyűrűs–kis) az áram irányába mutat, akkor kinyújtott hüvelykujunk a tekercs belsejében kialakuló erőter irányába mutat.

Természetesen balkéz-szabály is van a fizikában. Ez a szabály a mágneses térbe helyezett, áramjárta vezetőre ható erő irányának a meghatározására szolgál: ha bal kezünk középső ujjja az áram, mutatóujja a mágneses tér irányába mutat, akkor hüvelykujunk mutatja az erő irányát, ha e három ujjunk egymásra merőlegesen áll.

A természetes szerves világ legfeljebb szimmetrikus alakzatai a kristályok. A molekulák kristályállapotában az atomok egyensúlyi pontok körül rezegnek, oszcillálnak. Az egyensúlyi pontok állandó, szabályos térbeli konfigurációt alkotnak. Ezek az elrendezések többféle szimmetriakövetelménynek is eleget tesznek. A geometriailag lehetséges harminckét kristályszimmetria-osztály legtöbbje a síkra való tükrözést is tartalmazza, de nem valamennyit. E néhány kivétel között található az úgynevezett enantiomorf kristályok, amelyek egymás tükörképeként jobb és bal „változatban” is léteznek. Az optikailag aktív – azaz a poláros fény síkját jobbra vagy balra forgató – molekulákról felte-

hető, hogy ilyen aszimmetrikus szerkezettel kristályosodnak. A jobb és a bal elvi megkülönböztethetlensége azzal jár, hogy ha a természetben létezik jobbra forgató kristály, akkor átlagosan ugyanolyan gyakorisággal balra forgatónak is léteznie kell. Ennek első, a tudomány fejlődésére alapvető hatást keltő kísérleti bizonyítékát Pasteur fedezte fel 1848-ban. Pasteur az optikailag semleges szőlősav nátrium-ammónium sóját vizes oldatából alacsony hőmérsékleten újra kristályosítva, kétfajta apró kristálykákat kapott, amelyek egymásnak tükörképei voltak. Gondosan szétválogatva a kristályokat, a belőlük felszabadított sav mindkét esetben a szőlősavval azonos kémiai összetételűnek bizonyult, csak az egyik optikailag jobbra forgató, a másik balra forgató volt. A jobbra forgatóról kiderült, hogy megegyezik az erjedő szőlőlében található borkósavval. A balra forgatót addig még soha sem észlelték a természetben. A nagyszámú szénvegyületből a legtöbb csak egyik alapon fordul elő a természetben: vagy csak a jobb, vagy csak a bal változatban.

Jobbra csavarodik a dezoxi-ribonukleitsav (DNS) spirálja éppen úgy, mint a csigák háza. A tudomány mai állása szerint ennek oka véletlenszerű feltételekben keresendő.



3. ábra

Az emberi szervezet a glükózból a jobbra forgató változatot, a fruktózból a balra forgató változatot tartalmazza. Az élő szervezetek kémiai felépítésének aszimmetrikus volta teszi lehetővé, hogy az előbb említett Pasteur-féle módszerrel (baktériumok, gom-

bák, élesztőgombák enzimatásával) szétválaszthatók a jobb és a bal változatok.

A természettörvények vizsgálatában legmesszebb jutott tudomány területén, a fizikában sem ismeretesek olyan tények, amelyek a jobb vagy a bal megkülönböztetett szerepére utalnának. A tér összes pontja és iránya egyenértékű, ezért a jobb és a bal is egyenértékű. Hely, irány, jobb és bal egyaránt viszonylagos fogalmak.

A virágok nemcsak színeikkel, hanem forgási szimmetriájukkal is kitűnnek környezetükből. Egy alakzat forgásszimmetrikus, ha létezik olyan 360° -tól és egész számú többszöröseitől különböző elforgatás, amely az alakzatot önmagába viszi át. Egy centrumra vagy tengelyre vonatkozó forgásszimmetria n -ed rendű, ha az alakzat elforgatással n -féleképpen hozható önmagával azonos helyzetbe. Az elforgatásokat csak kezdő- és véghelyzet szerint különböztetjük meg (az „el nem forgatás” is egy változatnak számít). Ha a forgási szimmetria rendszáma páros, akkor az alakzat középpontosan is szimmetrikus. Ilyenkor a forgási szimmetria és a középpontos szimmetria centruma egybeesik. A forgási szimmetria akkor teljes, ha az alakzat a forgástengely, illetve a forgáscentrum körüli bármilyen forgatással önmagába megy át. A pitagoreusok teljes forgásszimmetriája miatt tekintették a legtökéletesebb síkbeli alakzatnak a kört, térbeli alakzatnak a gömböt.

A virágok között leggyakoribb az ötödrendű forgási szimmetria, bár harmad-, negyed-, hatodrendű esetekre sem nehéz példát találni. Harmadrendű forgási szimmetria figyelhető meg az *Iris tectorum* (Kínából származó nőszirom fajta) szokatlan rajzolatú és különleges színárnyalatú virágain. Negyedrendű forgási szimmetriát mutat a *Frances Rivis* (korán nyáló iszalag fajta kúszónövény) négy lilás-kék szirma. Ötödrendű forgási szimmetria látható a *Helleborus Rosea asceus* (rózsaszínű hunyor) virágjain. Ez a ritka fajta hunyor a tél derekán akár még a hóban is gazdagon és hosszan virágzik. Hatodrendű forgási szimmetria található a *Golderi Harvest* (legismeretebb nárciszfajta) mélysárga, trombita alakú virágjain.

A szerves világban gyakori ötödrendű forgási szimmetria a szerves természet legtökéletesebb szimmetriájú produktumai, a kristályok között nem fordul elő. A kristályoknál csak másod-, harmad-, negyed- és hatodrendű forgási szimmetria létezik. Első közelítésben ez azért meglepő, mert egyenlő oldalú ötszögekkel határolt testek ismeretesek. Az ötödrendű forgási szimmetriával rendelkező kristályok hiánya azzal magyarázható, hogy a teret bizonyítottan nem lehet ötértékűségre felépülő elemi cellákkal fedés- és hézagmentesen kitölteni. A kristályok szimmetriája rendszerint nem ismerhető fel azonnal, mivel a kristályok gyakran torzultak, így az azonos szimmetria ellenére megjelenési formájuk, valamint lapkombinációjuk igen különböző lehet. A szimmetria viszont nem a kristályfelületek számától vagy méretétől függ, hanem az egymással azonos értékű lapok által bezárt hajlásszögtől. Ezt az összefüggést fogalmazta meg már 1669-ben *Stensen Niels* dán krisztallográfus, mint a szögállandóság törvényét, amely szerint egy konkrét vegyület kristályaiban az azonos lapok által bezárt hajlásszögek mindig egyenlők. A kristályok szerkezetének vizsgálatával, szimmetriatulajdonságaik szerinti csoportosításával, kristályosztályokba, valamint kristályrendszerekbe sorolásával külön tudományág, a kristálytan foglalkozik. Ezért írásom célszerű terjedelmének korlátait figyelembe véve csak egy szép példát említek: a hatodrendű forgási szimmetria legismertebb példányait, a hókristályokat.



4. ábra

A természetben található ornamentális szimmetria legszebb példái közé tartozik a méhek építette lépnek, az emberi szem renehártyája pigmentjének, a kukorica parenchimájának, a kovamoszatok kovapáncéljának a mintázata. Ezek síkmetszetét tekintve közel szabályos hatszögekkel hézagmentes egyrétegű lefedése tapasztalható a vizsgált felületnek. Az ornamentálisan szimmetrikus szerkezet kialakulásának folyamatát a méhek által épített lép esetében a következőképpen lehet modellezni. Miként a közel egyforma testmretű méhek építik lépjük sejtjeit, forgolódnak benne, így e sejtek szoros illeszkedésű hengerek alakját öltik. Amíg dolgoznak a méhecskék, addig a viasz képlékeny (nagyreszt folyékony) állapotban van, így a méhtestektől kifejtett nyomásnál általában nagyobb kapilláriserők a köröket köréjük írt hatszögekké változtatják.



5. ábra

Az ornamentális szimmetriák másik jellemző példája sok enzim teljesen szimmetrikus szerkezete. Külön-külön az egyes polipeptid láncok rendszerint nem szimmetrikusak. Viszont számos enzim páros számú egyforma polipeptid láncból áll, amelyek szerkezetileg úgy helyezkednek el, hogy különféle tükörképi komplexumokat alkotnak. A legtöbbször nem szimmetrikus polipeptid láncok azért fordulnak elő lényegesen gyakrabban szimmetrikus szerkezet-

be épülve, mint aszimmetrikusba, mert a szimmetrikus alakzatoknak nagyobb a reprodukciós képességük. Ugyanis előnyös sajátosságaik több molekuláris alegységükben egyidejűleg vannak meg. Míg az aszimmetrikus molekuláris szerkezeteknél bármilyen előnyös változás csak egy – az éppen megváltozott – alegységben jelenik meg.

A fizikai törvények szimmetriáján azt értjük, hogy alávetve valamilyen transzformációnak a törvényt, az változatlan marad. E definíció szerint azonos értelemben használhatjuk a szimmetria és az invariancia szavakat. Ahogyan a természettörvények lehetővé teszik számunkra, hogy előre lássunk eseményeket más eseményekre vonatkozó ismereteink alapján, az invariancia-elvek úgy teszik lehetővé, hogy az események között új összefüggéseket állapítsunk meg, az események között már megállapított összefüggések ismerete alapján. Ezért a fizikai rendszerek vizsgálatánál minden esetben előnyt jelent, ha a rendszer rendelkezik valamiféle szimmetriatulajdonsággal. Ugyanis a szimmetriatulajdonságok figyelembevételével egyrészt olyan általános összefüggésekre tudunk következtetni, amelyek függetlenek a rendszer alkotóelemei közötti kölcsönhatások konkrét természetétől (így a rájuk vonatkozó ismereteinktől is), másrészt lehetőség van a konkrét számítások nagyfokú egyszerűsítésére.

Az invarianciaelvek szigorú összefüggéseket posztulálnak a természettörvények által meghatározott összefüggések között, azaz a lehetséges természettörvények próbakövét képezik. Valamely természettörvény csak akkor fogadható el érvényesnek, ha az összefüggések, melyeket posztulál, összeférnek az elfogadott invarianciaelvekkel. Ilyen invarianciaelvek:

Az invarianciaelvek szigorú összefüggéseket posztulálnak a természettörvények által meghatározott összefüggések között, azaz a lehetséges természettörvények próbakövét képezik. Valamely természettörvény csak akkor fogadható el érvényesnek, ha az összefüggések, melyeket posztulál, összeférnek az elfogadott invarianciaelvekkel.

a) az idő homogén: az időszámítást bármikor kezdhethetjük, a fizikai törvények a kezdeti időpont önkényes megválasztásával szemben invariánsak. Természetesen az egyes eseményeket a kezdeti időpont bármely választása esetén ugyanolyan időtartamok választják el egymástól;

b) a tér homogén: nincsenek a térnek kiüntetett pontjai, a koordináta-rendszer origója eltolható, az eltolással szemben a fizikai törvények invariánsak;

c) a tér izotrop: minden iránya egyenértékű, a koordináta-rendszer tengelyeinek irányítása tetszőleges lehet, az elforgatással szemben a fizikai törvények invariánsak.

Nem lehetett volna felismerni a természettörvényeket, ha azok nem tennének eleget a fenti invarianciaelveknek. Például helyről helyre változnának, vagy különböző időpontokban más és más természettörvények volnának érvényben.

Az invarianciaelveiből fontos fizikai törvények, a megmaradási tételek vezethetők le. A levezetések elméleti matematikai módszereket igényelnek (például a klasszikus mechanika Lagrange-formalizmusát) és azt, hogy a levezetendő törvény (melynek egzakt alakját nem kell ismernünk) összhangban legyen az invarianciaelvekkel. A középiskolai fizika tananyagában az energia, a lendület (impulzus), a perdület (impulzuszórány), a tömeg és az elektromos töltés megmaradásának törvénye fordul elő. A felsorolt megmaradási törvények nem mindegyikét tanítják explicit formában, de a törvények alapjául szolgáló fizikai jelenségeket a tanterv értelmében tanítani kell.

A geometriai szimmetriacsoport (a négydimenziós téridő az alapul választott geometriai tér) felhasználásával az időbeni homogenitásból az energia, a tér homogén voltából a lendület, a tér izotrop voltából a perdület meg-

maradásának a törvénye vezethető le. Az elektromos töltés megmaradásának törvénye a dinamikai invarianciák közé tartozó, az elektromágneses kölcsönhatásra vonatkozó mértékinvariancia felhasználásával kapható.

A tömegmegmaradási törvény áramló folyadékokra és gázokra vonatkozó kontinuitási egyenlet alapján szerepel a fizika tananyagban, míg a kémiában helytelenül anyagmegmaradási törvénynek nevezett *Lavoisier-tétel*ként ismeretes. Mivel a relativitás elmélete szerint a tömeg és az energia arányos egymással (*Einstein-féle* egyenlet), kettőjük megmaradását egyetlen tételként helyes értelmezni.

A geometriai természetű invarianciatranszformációk csoportjába tartozik még az egyenletes transláció (megmaradó tulajdonság: tömegközéppont mozgása, amellyel szemben a fizikai törvények szintén invariánsak, azaz érvényes a relativitási elvben kimondott egyenértékűség a tehetetlenségi rendszerekre.

A geometriai invarianciatranszformációk nem változtatják meg az eseményeket, csu-

pán térbeli elhelyezkedésükön és mozgáslapotukon változtatnak. Ezért adott vonatkoztatási rendszerrel mindazon koordináta-rendszerek egyenértékűek, amelyeket az előbbiekhöz viszonyítva az origó, illetve a kezdeti időpont eltolása, a tengelyek elforgatása, valamint egyenesvonalú egyenletes sebességű translációval történő eltolása által nyerünk.

A cikkben említett – és terjedelmi okok miatt nem tárgyalt – biológiai tények egyaránt azt sugallják, hogy a biológiai szimmetriák és aszimmetriák bármely más biológiai sajátosságához hasonlóan, az élővilág evolúciója során alá vannak rendelve a természetes kiválogatódás törvényének. Másrészt a természettörvények vonatkozásában a szimmetriaelvek következetes keresése és alkalmazása a természet leprásának olyan szintézisét eredményezte, amely jelenlegi befejezetlenségében is a tudománytörténet legnagyobb áttöréseivel egyenértékűt.

Takács Gábor

Gnóthi szeauton

Az ókori görögországbeli delphoi templom felirata, amely a delphoi jósda jelmondataként vált ismeretessé, magyarul így hangzik: Ismerd meg önmagadat! A delphoicától jóslást kértek az emberek, a jövődjükre, a sorsukra voltak kíváncsiak. A jósz az felelte: ismerd meg önmagadat, és tudni fogod a sorsodat. Mert a sorsod te vagy. Nem külső erők uralkodnak rajtad, az istenek benned vannak, és jellemed, személyiséged alakítja, formálja jövődet. Változtass magadon, és változni fog a sorsod is. Fogadd el magadat, és el tudod majd fogadni sorsodat is. Ez a „gnóthi szeauton” igazi értelme. Az önmagunk ismeretéből sorsunkra való következtetés bizonyára helytálló, ha egy népre, vagy egy egész nemzetre vonatkoztatjuk.

Mindenesetre alapjaiban véve elfogadjuk a magyar önismeret tekintetében is.

Az önismeret, a magyarság megismerése nem más, mint a magyar nép eredetének, keletkezésének, harcának ismerete kezdettől napjainkig. Csak történelme egészének ismerete ad megbízható alapot arra, hogy időtálló megállapításokat tegyünk, következtetéseket vonjunk le és prognosztizáljuk jövőnket. A magyarságismeret magában foglalja szokásainak, ha-

gyományainak, gondolatjárásának, kultúrájának ismeretét. Ezeken keresztül válik sajátunkká népünk szelleme, jelleme, erkölcsi arculata, ethosza. Mindez munkájában, magatartásában, viszonyrendszerében, valamint ideáljaiban tükröződik. Abban is, hogy milyenek a vezetőik, hőseik, példaképeik, milyeneknek rajzoljuk meg őket, mitet és kiket fogad el eszményképeink.