Irodalom
1. Demonstrációs alapkészlet az általános iskola 6–8. osztályos fizika tanításához – TANÉRT, Budapest, 1983.
2. DEDE M., DEMÉNY A., JUHÁSZ S.: *Newton törvényei fényképeken* – Fizikai Szemle *23/6* (1973) 44
3. *Fizikai kísérletek gyűjteménye* (szerk.: *Juhász A.*) – Tankönyvkiadó – TypoTEX, Budapest, 1992.
4. R. WODINSKI, H. WIESNER: *Einführung in die Mechanik über die Dynamik* – Physik in der Schule (Berlin) *32/4,5,6* (1994)
5. W. OEHME, G. SCHNELLENBERG: *Annäherung der Durchschnittsgeschwindigkeit an die Augenblicksgeschwindigkeit – ein experimentelles Problem?* – Physik in der Schule (Berlin) *31/11* (1993) 389
6. H.-D, KOLWIG, V. RICHTER: *Computerunterstützte Experimente in der Mechanik mit der Glasfahrban* – Physik in der Schule (Berlin) *31/2* (1993) 61
7. Lipman Electronic Engineering Ltd.: *Owner's Guide VS-100* – Ramat-Hahayal, Israel, 1995.
8. M. RONEN, A. LIPMAN: *A vektorszkóp* – Fizikai Szemle *54/11* (1995) 395
9. G. SHORTLEY, D. WILLIAMS: *Principles of College Physics* – Prentice-Hall, Inc. Engelwood Cliffs, New Jersey, 1967, pp. 52–55
10. DEDE M.: *Mechanika I.* – Tankönyvkiadó, Budapest, 1991.
11. P. WOLFRAM: *Bemerkungen zum Begriff „Masse“ in der Schulphysik* – Physik in der Schule (Berlin) *33/2* (1995) 51
12. FARKAS ZS.: *A vektorszkóprendszer alkalmazása a kinematikában* – Fizikai Szemle *54/11* (2004) 345

MINDENTUDÁS AZ ISKOLÁBAN

FRAKTÁLOK

Ha körülnézünk a szobánkban, elsőre csupa ismerős, szabályos, „euklideszi” formát látunk: az asztal lábai hasáb vagy henger alakúak, a teteje egy négyzet, vagy téglalap, a kicsit komplikáltabb tárgyak, mint például egy telefon vagy számítógép is néhány egyszerű forma kombinációjából áll. Persze ha szemünk rátéved a falon függő tájképre, már változik a helyzet, hiszen azon általában mindenféle kusza, cizellált formák is előfordulnak: a felhők pereme többnyire nagyon kacskaringós, és a bokrok, fák, hegygerincek ábrázolásai is gazdag, szabálytalan részleteket tartalmaznak.

Tehát az ember egyszerű, szabályos alakú tárgyakat készít, de az élő és élettelen természetben tipikusan nem szabályos, egyszerű formák fordulnak elő, hanem sokkal jellemzőbb rájuk a sok kis részlet, az adott szabályszerűség szerint ismétlődő mintázat. A komplikált alakzatok geometriájának ugyanis megvannak a saját törvényei. Döntő többségük *önhasonló,* ami azt jelenti, hogy egy kis részletük közelről nézve olyan, mint az egész objektum.

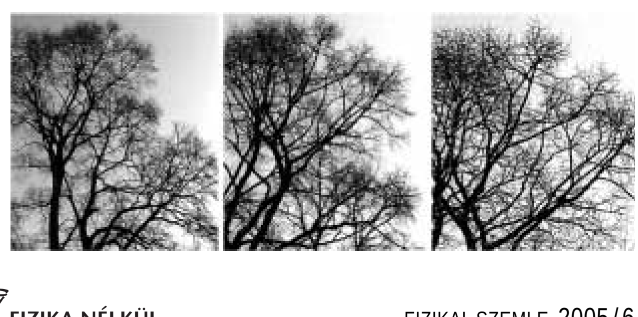
Képzeljünk el egy tipikus, nagyméretű fakoronát, ahogy az télen kinéz: nagyon bonyolult, hiszen sok ezer kisebb-nagyobb ágat tartalmaz. Ha most képzeletben kiragadjuk a fa valamelyik ágát, és éppen annyival nézzük közelebbről, mint ahányszor kisebb, mint az eredeti fa, akkor nagyjából (úgy mondjuk: statisztikai értelemben véve) ugyanazt látjuk, mintha az eredeti fát néznénk. Ezt a tulajdonságot hívjuk önhasonlóságnak, és a tipikus *fraktálok önhasonlóak*. Ha ugyanezt valamilyen egyszerűbb alakzattal próbáljuk megcsinálni, nagyon mást tapasztalunk. Vegyünk például egy számot, a 8-at. „Középtávolságról” egy értelmes jelet, magát a számot látjuk. Ha kivágjuk egy részét, akkor vagy egy kis x-szerűséget, vagy valamiféle görbe vonaldarabot kapunk. Aztán meg, minél közelebbről nézzük (minél kisebb darabját vágjuk ki), annál inkább kezd hasonlítani az, amit látunk, egy egyenes vonaldarabkára. Ezeket azután hiába nagyítjuk fel az eredeti 8-as méretére, az alakjuk teljesen más lesz.

A mellékelt képet ennek a cikknek az írása közben készítettem (lementem az utcára és kerestem egy a célnak megfelelő fát, majd egy képszerkesztővel kivágtam és felnagyítottam belőle részeket), ezzel is próbálván demonstrálni, hogy mennyire spontán módon kerülhetünk kapcsolatba fraktálokkal, és győződhetünk meg geometriájuk önhasonlóságáról.

Ha most a hagyományos eszközeinkkel jellemezni akarnánk a fa geometriáját, és a burkolójára koncentrálnánk, gömbszerűnek neveznénk, míg ha az ágacskákat tartanánk jellemzőbbnek, akkor inkább a vonal fogalmát használnánk, bár nyilvánvaló, hogy a valódi szerkezet valahol a kettő között van. A gömb háromdimenziós, a vonal egydimenziós, de hány dimenziós a fa koronája? Képzeljük most el, hogy az alakzataink kis egységekből állnak. Ha most összehasonlítjuk, hogy egy kétszer akkora lineáris kiterjedésű vonalban hányszor több részecske van, azt találjuk, hogy kétszer annyi. Egy kétszer akkora kiterjedésű (átmérőjű) gömbben pedig nyolcszor annyi részecske van, mert a közönséges objektumokban levő részecskék száma $N(L)$ (tömegük, térfogatuk) a kiterjedésük (L) egész számú hatványával nő:

$$N(L) \sim L^d \qquad (d = 1,\ 2 \text{ vagy } 3),$$

ahol ~ az arányosság jele. Ha azonban most elképzeljük, hogy a fa koronájának egyre nagyobb kiterjedésű részeiben határozzuk meg a „részecskék” számát (az ágakat úgy tekinthetjük, mintha egységnyi térfogatú kis részekből áll-



nának), azt tapasztaljuk, hogy az így mért részecskeszámra (tömegre, térfogatra) az alábbi összefüggés áll fent:

$$N(L) \sim L^D,$$

ahol D egy tört szám valahol 1 és 3 között. Ez a szám tört (latinul *fractio*), és az alakzat tömegének mérésére használt formulánkban ott szerepel, ahol euklideszi alakzatokra a közönséges dimenzió, ezért D-t *fraktáldimenzió*nak nevezzük. Egy fa jellegű, nagyon komplikált, önhasonló alakzat dimenziója tehát tört szám. Ezt nehéz elképzelni, de ugyanakkor ésszerűnek is tűnik. Az eredmény, amit a dimenzióra kapunk, ugyanis valahol a vonalra jellemző 1 és a gömbre vonatkozó 3 között van, és valóban, ez igaz arra a benyomásra, amit a fa koronája kelt bennünk.

Ha csak a fák és a felhők volnának fraktálszerkezetűek, valószínűleg nem volna az érdeklődés olyan nagy az ilyen fajta geometria iránt. Azonban számos olyan fizikai és élővilágbeli folyamat van, amelyek fraktáltulajdonságai meghatározóak a hétköznapjaink szempontjából is. Az áramlásokkal és az általuk nagyban befolyásolt időjárással kapcsolatos jelenségek számos törtdimenzójú struktúrát generálnak. Elég a turbulens folyadékok által kirajzolt komplex örvénymintázatokra vagy a rövid, de középtávon is véletlenszerűen fluktuáló, rendkívül részletgazdag hőmérsékleti grafikonokra gondolnunk. De a tőzsdei árfolyamok ingadozása is fraktálgörbét rajzol ki.

De a fraktálok jelentőségét leginkább talán azzal lehet érzékeltetni, hogy számba vesszük, hányféle fraktálalakzat létezik mindannyiunk testében. A fák szerkezetéhez hasonlít érhálózatunk, és sokszorosan elágazó nyúlványokkal rendelkező idegsejtjeink is. A fraktáltulajdonság az időben is megjelenik. Egy adott idegsejt pillanatszerű elektromos impulzusokat produkál, úgy mondják, tüzel. Megfigyelték, hogy ezeket az impulzusokat időben (tehát egy vízszintes tengely mentén) ábrázolva fraktál ponthalmazt rajzolnak ki.

Egy nemrég felfedezett biológiai példával zárom a természetben előforduló fraktálokra vonatkozó illusztrációk sorát. Bizonyára sokan gondolják, hogy a gekkók azért tudnak a falakon vagy függőleges üvegfelületen is szaladni, mert a lábuk végén valamiféle szívókorongok vannak. Valójában azonban másról van szó. A gekkók lábujjainak végén amolyan mikroszkopikus fastruktúraként több szinten át elágazó, a végső lépcsőben már nanométeres tartományig vékonyuló bolyhok (ágacskák) vannak, és ezek a mikroágacskák illeszkednek bele azokba a mikroszkopikus hasadékokba, amelyek minden felületre jellemzőek, hiszen – miért is lenne épp ez másképp – megmutatható, hogy nagyon közelről nézve szinte minden felület fraktálgeometriájú.

Vicsek Tamás
ELTE, Biológiai Fizika Tanszék

VÉLEMÉNYEK

A FÖLD FELSZÍNÉN MÉRT GRAVITÁCIÓS ERŐTÉRVÁLTOZÁS NAPFOGYATKOZÁS ÉS ÚJHOLD ALKALMÁVAL

Gobbi István
Budapest, rpke@inf.elte.hu

A „Magyari-effektus”

Még az 1961. évi napfogyatkozás idején a hazai műsorszóró rádiózás kiváló úttörője, *Magyari Endre* (az első magyar villamosmérnök-doktor) saját elgondolását követve megfigyelte, hogy az akkor, február 15-én reggel bekövetkezett napfogyatkozás mintegy két és fél órányi tartama alatt a budapest-lakihegyi rádióadó 314 m magas antennatornya, mutatóként követte a Nap előtt elvonuló Holdat körülbelül 30 cm-es kilengéssel. Ismételt megfigyelést már csak Magyari halálát követően, az 1999. évi eklipszis alkalmával végezhettünk el az önként, *ad hoc* összeállt munkatársakkal, többek között ugyanannál az adótoronynál. Így készült az *1. ábrá*n látható fotomontázs. Már önmagában ezen kontrollmegfigyelések pozitív eredménye is indokolttá teszi, hogy ezt a napfogyatkozások idején megfigyelhető jelenséget „Magyari-effektus” néven említsük, és tegyük közismertté. Annál is inkább, mert – téves nézetek mellett – többen is tagadták a jelenség létezését, és sokan nem is tudtak róla.

Magyari azonban még az 1961. évi észlelését követő beszámolójában elkövette azt az ismeretelméleti hibát, hogy a jelenség, észlelés, megfigyelés és tézis sorrendje helyett előrebocsátotta a teóriát. Ezt azonban még a hatvanas évek elején, előadását követően olyan tudományos tekintély, mint a relativitáselméletet is eredményesen művelő *Novobátzky Károly* professzor, valamint az akkor még fiatal *Marx György* hozzászólásukban megcáfolták.

A *Fizikai Szemle* Szerkesztő Bizottsága az 1972-ben meghirdetett *Vélemények* sorozatát az olvasók kérésére tovább folytatja ez évben is. A Szerkesztő Bizottság állásfoglalása alapján „a Fizikai Szemle feladatául vállalja, hogy teret nyit a fizikai kutatásra és a fizika oktatására vonatkozó véleményeknek, ha azok értékes gondolatokat tartalmaznak és építő szándékúak, függetlenül attól, hogy egyeznek-e a lap szerkesztőinek nézetével, vagy sem”. Ennek szellemében várjuk továbbra is olvasóinknak, várjuk a magyar fizikusoknak leveleit.