

MEP iskolák és tanítók, sőt az az NNS koncepciójára is hatást gyakorolt. Nő az a hatás is, amit a kísérleti anyagok Internetre helyezése váltott ki angol nyelvterületen, sőt más országokban is. (9) Legújabbán Finnország érdeklődik a magyar matematikatanítás iránt, benne alsós tankönyvek adaptálása iránt. Megtörténhet ugyanakkor, hogy Anglia néhány év múlva megelőz minket, hiszen náluk az első hat évfolyamon 5 a heti óraszám.

International Journal for Mathematics Teaching and Learning (IJMTL) (Nemzetközi folyóirat a matematika tanításáért és tanulásáért) elnevezéssel 2000-ben angol nyelvű elektronikus folyóiratot indított a CIMT (Exeteri Egyetem) és a Nyíregyházi Főiskola Matematika és Informatika Intézete. ([www.intermep.org](http://www.intermep.org))

*(Lapzárta után értesítettünk az OECD PISA 2000 nemzetközi mérés eredményéről. Eszerint értő olvasási, alkalmazási képességek terén a magyar 15+ éves tanulók 31 ország között átlagban a 23. helyen teljesítettek, míg a gyakorlatias matematikai szövegértésben (mathematical literacy) a 20. helyet értük el.*

*Ezt a méréssel kapcsolatban jelentkező, többé-kevésbé jogos kritikai észrevételek mellett is komoly figyelemzetesként kell értékelnünk.*

*Ugyanakkor első ránézésre elmondhatjuk, hogy a „matematikai szövegértésben” mutatott igen gyenge eredmény természetes következménye a még súlyosabb általános értő olvasási gyengeségnek.)*

### Jegyzet

- (1) Jelentés a magyar közoktatásról 1995, 1997, 1999. OKI, Budapest. [www.oki.hu](http://www.oki.hu)
- (2) Általános iskolások tudásszintje. (1996) *Fizikai Szemle*, 11.
- (3) Foxman (1992): *Learning Mathematics & Science: The Second International Assessment of Educational Progress in England*. NFER
- (4) Burghes, D. N. (1995): Hungary is the answer to our maths problem. *The Sunday Times*, 12. Nov.
- (5) Burghes, D. N. (1996): *Kassel Project – Year 3 progress report*. [www.ex.ac.uk/cimt](http://www.ex.ac.uk/cimt)
- (6) *International Project in Mathematics Attainment*. [www.ex.ac.uk/cimt](http://www.ex.ac.uk/cimt)
- (7) *Abacus*. [www.gcschool.org/abacus.html](http://www.gcschool.org/abacus.html)
- (8) Burghes, D. N. (2000): *Mathematics Enhancement Programme (MEP). The First Three Years*. [www.intermep.org](http://www.intermep.org)
- (9) Burghes, D. N. (2001): *A progress report*. [www.intermep.org](http://www.intermep.org)

Szalontai Tibor

## Fizikaórán is hasznos biológiaismeretek

*Manapság, amikor a természettudományok népszerűsége egyre csökken, minden módot meg kell ragadnunk arra, hogy diákjaink számára érdekessé, vonzóvá tegyük őket. A sok közül egyik esélyünk, ha „észrevesszük” a fizikát körülöttünk a természetben. A vizsgálatok szerint a középiskolás diákság körében a fizika megítélése rosszabb a biológiáénál, ezért úgy gondoljuk, hogy minden korosztály számára érdekes és mindkét tantárgy szempontjából hasznos lehet, ha az élővilágot „meghívjuk” a fizikaórára. A biológia és a fizika kapcsolata ugyanis – de vonatkozik ez bármely természettudományos tantárgyra is – sem az alapfokú, sem a középfokú oktatásban nem jelenik meg szembetűnően.*

Az élő és élettelen természet bonyolultnak tűnő világában a diákok a hosszú idő óta elfogadott, akadémiai módon felosztott tantárgyszerkezetnek megfelelően a fizika, a kémia, a biológia órán elsajátított ismeretek segítségével próbálnak eligazodni. Könnyebbé tehetjük

e folyamatot, ha felhívjuk a figyelmet e tárgyak kapcsolódási pontjaira. Tehetjük ezt például a fizika néhány törvényének tanítása során azzal, hogy a tanórai fizikai kísérletek mellett „demonstrációként” ismert biológiai jelenségeket is bevezetünk. A megismert fizikai törvények birtokában

azután magát az élővilágot is mélyebben megérthetjük. A tantárgyak nemcsak egymás számára lehetnek hasznosak, a találatok pontok felkutatása, az elméleti és gyakorlati ismeretek összekapcsolása mindennapi világunk, épített környezetünk kialakításában is hasznunkra lehetnek. Felhívhatjuk a figyelmet arra is, hogy például a növények, az állatok felépítésének, működésének alapos vizsgálata nyomán éppen az élővilág „adhat tanácsot” akár egy-egy műszaki feladat megoldásához (bionika) is. A madarak repülésének megismerése a repülőgépek tervezéséhez, a delfinbőr szerkezetének felderítése az úszó testek burkolatának megváltoztatásával sebességük fokozásához járult hozzá. A fa, a parafa, az úgynevezett természetes celluláris szerkezetek felépítése és tulajdonságai közötti kapcsolat felkutatása jó mintául szolgált az ipar számára fontos könnyűszerkezetek, habszerű, új tulajdonságú anyagok fémekből, kerámiákból történő tervezéséhez, gyártásához.

A biológia és a fizika kapcsolata sem az alapfokú, sem a középfokú oktatásban nem jelenik meg szembetűnően annak ellenére, hogy a határtudomány, a biofizika már régen önálló tudományággá vált. Természetesen nem a biofizika szisztematikus oktatására gondolunk, hanem arra, hogy a fizika törvényeinek tanításához tanári demonstrációs lehetőségeként a biológiaórán megszerzett ismeretek jól használhatók.

Manapság nem csak az iskola oktat, nem csak a pedagógus az ismeretek fő forrása. Számos egyéb lehetőség kínálkozik a diákokat a médiából folyamatosan érő információ-áradat fizikaórán történő okos felhasználására is. A fizika törvényeire épülő, a minden tudományágban használatos egyre tökéletesedő vizsgálati technikákkal (nanotechnika) az élővilág eddig nem ismert finom részletei is feltárulnak, amelyekről diákjaink számtalan, igen igényesen illusztrált népszerűsítő könyvből, természetfilmből s az internetről ma már szinte azonnal a felfedezést követően tudomást szerezhetnek. A szaktanárok munkáját megkönnyítik az információ-technológia adta lehetőségek, amelyeket – példá-

ul számítógépes szimulációkat, animációkat stb. – felhasználhatunk a természeti jelenségek jobb megvilágításához. A természettudományok egyes területei közötti kölcsönhatásnak köszönhetően az újabb felfedezések eredményeképpen éppen a diákok szeme láttára kell módosítani egy-egy tantárgy korábban „változtathatlannak” hitt tananyagát. A közelmúltban, a szén módosulatai között, így váltak tananyaggá a fullerének.

Ha élünk az integrációs lehetőségekkel, mutatunk néhány konkrét példát a kapcsolódási pontok felismerésére, kialakíthatjuk a tanulóknak azokat a képességeket, készségeket, amelyek szükségesek az ilyen irányú önálló tudásszerzéshez, ismereteiknek – a megszokottól kissé eltérő módszerrel történő – rendszerezéséhez.

A nevelés során az alkalmazható tudás elsajátítása a cél. E két tárgy említett integrációja példa lehet arra is, hogy megmutassuk az élő természet jelenségei és a fizikai törvények összefüggéseinek feltárása kapcsán az absztrakt formalizmusnak a konkrétvaló kapcsolatait is.

Nem csak egy-egy fizikai törvény tanításához „vehetünk” példát az élővilágból, vihetünk be biológiai ismereteket a fizika órára. Egy-egy élőlény felépítésén, életterének bemutatásán keresztül rávilágíthatunk azokra a fizikai jelenségekre, amelyek az evolúció során hozzájárultak ahhoz, hogy azok éppen az adott formában fejlődtek ki. Ekkor a fizika lehet hasznos „vendég” a biológiaórán. A természettudományokat oktató tanároknak tehát tanmenetük kialakításakor mindenképpen érdemes konzultálniuk tantárgyaik érdekes tanítása érdekében.

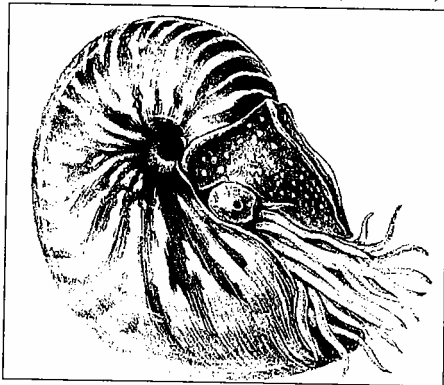
Az iskolai természettudományos nevelés eredményességét feltáró attitűdvizsgálatok szerint a tantárgyak elutasítottóságát illetően a biológia a fizikánál kedvezőbb helyzetben van. (1) Ha egyre több találkozási pontot találunk a két tárgy között, akkor a biológia motiválhatja a fizika tanítását, szolgálhatja akár a fizika iránti nagyobb érdeklődés felkeltését is, miközben rávilágíthatunk a fizika kulcsszerepére a természeti jelenségek megértésében.

„A természet egyszerre nagyszerű művész, kreatív tudós és rendkívül ügyeskező kézműves” – mondja Kurt Nassau. Az idézet igazáról mi magunk is könnyen meggyőződhetünk, ha nyitott szemmel járunk a világban.

Gondos, körültekintő munkával a fizika szinte minden területéhez találhatunk megfelelő, az élővilágból vett példát. A példák a fiatalabb korosztály számára ugyan néha csak figyelemfelkeltő jelleggel használhatók, de fizikai ismeretanyaguk bővülésével a felsőbb osztályokban az élővilág jelenségeinek mélyebb elemzésére is mód nyílik.

Illusztrálásként ismerjük meg a csigáspolip (*Nautilus pompilius*) „kapcsolatát” a fizikával!

A *Nautilus pompilius* vagy csigaházaspolip a lábasfejűek közé tartozik, a polipok közül az egyetlen, amely házat növeszt. A mintegy 20 cm-re megnövő gyöngyházaspolip ma is élő fajja azoknak a puhatestűeknek, amelyek már 550 millió évvel ezelőtt jelentek meg (1. ábra).

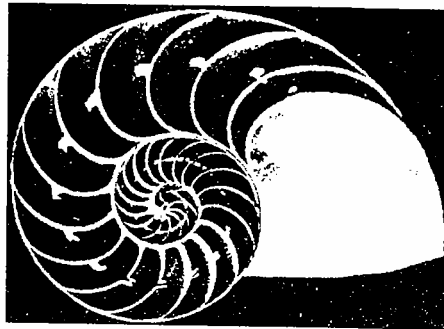


1. ábra. A csigáspolip

### A csigaház felépítése s „egy kis matematika”

A csigáspolip a házat szigorú rend szerint építi. A lapos, szinte egy síkban készült építmény logaritmikus spirális módjára tekeredik. A 2. ábra a csigáspolip házának hosszmetését mutatja.

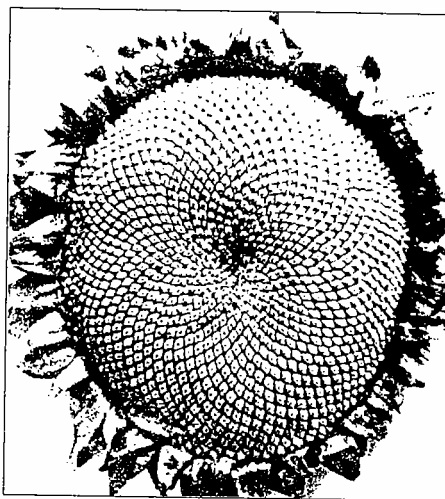
Felhívhatjuk a figyelmet arra, hogy a spirálisok gyakori görbék a természetben.



2. ábra. A csigáspolip házának hosszmetése

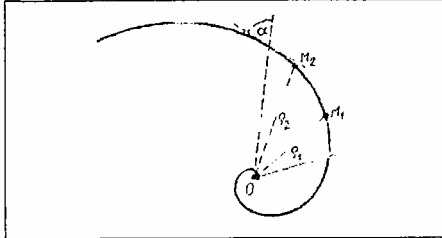
Nemcsak a mindenki által jól ismert csigaházakon fedezhetjük fel, hanem a növények világában is kedvelt forma. A napraforgószemek elrendezése a tányéron talán a legismertebb, de megtalálhatjuk a fenyőtobozon, egyes növények levelei a száron is spirális szerint rendeződnek. Szakavatott szemek még a karfiolvirág felépítésében is fellelik.

A napraforgótányéron elhelyezkedő magvak például két, ellenkező irányban tekeredő spirálsereget tartalmaznak. (3. ábra) (3, 5) A tányéron a balra tekeredő spirálseregek száma úgy aránylik a jobbra tekeredő spirálok számához, mint két egymást követő Fibonacci-szám, például 34/55. Az egymást követő Fibonacci-számok aránya egyre jobban megközelíti a 0.618034 értéket, a határérték az ún.



3. ábra. A napraforgótányér spiráljai

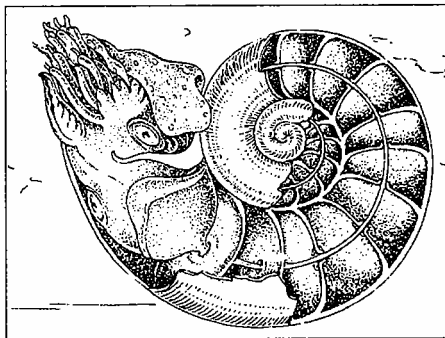
arany metszési szám. A Fibonacci-számok sorozatának bármely eleme az előző két elem összege 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, ... (3) A logaritmikus spirális görbe úgy tekeredik, hogy közben minden pontjának a középponttól mért távolsága, a sugár egyre nő, s a görbe bármely pontjához húzott érintő a sugárral ugyanakkora szöveget zár be. (4. ábra)



4. ábra. A logaritmikus spirális

Külön érdekes szakköri feladat lehet a fent említett matematikai fogalmak, a Fibonacci-számok, az arany metszési szám s a logaritmikus spirális közötti kapcsolat megkeresése, amelyhez matematikus kollégák együttműködése is hasznos. (3)

A csigáspolip házának belsejében kamrák vannak, az állat a legkülső kamrában lakik. Kamráit gázzal tölti meg. Egy fejlett példánynak akár 30 kamrája is lehet. A polip fejlődése során házát szinte szakadatlanul építi, nagyobbítja, a már „kinőtt” helyiséget lefalazza. Kamráival összeköttetésben a spirál kezdőpontjánál lévő kamrához csatlakozó szifonján keresztül van. (5. ábra) (6) A lezárt kamra térfogata arányos megnövekedett testtömegével, így mindig

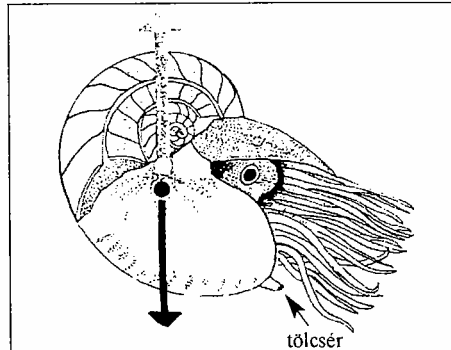


5. ábra. A csigáspolip hosszmetése

képes lebegni. Nem olyan régen váltak ismertté az „építkezés” finom részletei, hogy miként hoznak létre a tengeri élőlények a tengervíz oldott kalcium-karbonát tartalmát beépítve gyönyörű, bonyolult és meglehetősen nagy szilárdságú szerkezeteket. A házat alkotó kalcit- és aragonit kristályok növekedését egy különleges alakú fehérje úgy irányítja, hogy a kristálykák – a téglafal építéséhez hasonló módon – meghatározott dőlési szöggel lapolják át egymást, kirajzolva a spirális formát.

### Élettér

Az állat a legkülső kamrában él, sajátos, jól záró izomgyűrűvel tapad a kamrafalhoz, így a gáz a kamrából nem tud megszökni. Az állat lebeg, mert testének és a gázzal töltött kamráknak az együttes súlya éppen megegyezik a felhajtóerővel. A ház állandó pozícióját az biztosítja, hogy a nehézségi erő támadáspontja a felhajtóerő támadáspontja alatt van. (6. ábra) (6) Ha az állat kibillenne ebből a helyzetből, akkor a megjelenő erőpár forgatónyomatéka – mint egy fizikai ingát – azonnal visszabillenteti eredeti helyzetébe. Nem leng hosszan, mert a vízben a közegellenállásos csillapítás miatt a lengés kitérése exponenciálisan csökken, tehát hamar lecsillapodik.

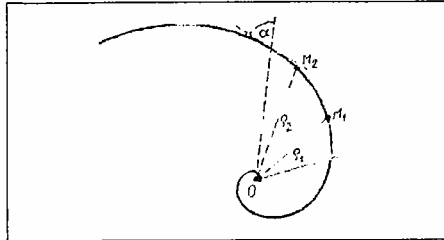


6. ábra. A csigáspolipra ható nehézségi erő

### A Nautilus „élő tengeralattjáró”

A csigaházaspolip szívesen tartózkodik akár 400 méter mélyen, de előfordulhat közvetlenül a vízfelszín alatt is. A merü-

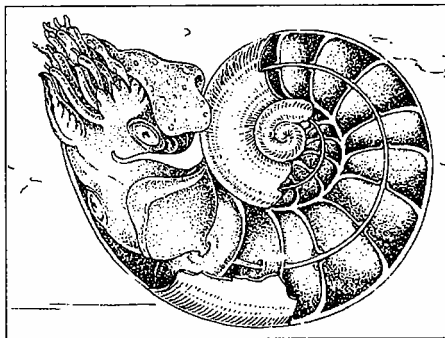
arany metszési szám. A Fibonacci-számok sorozatának bármely eleme az előző két elem összege 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, ... (3) A logaritmikus spirális görbe úgy tekeredik, hogy közben minden pontjának a középponttól mért távolsága, a sugár egyre nő, s a görbe bármely pontjához húzott érintő a sugárral ugyanakkora szöveget zár be. (4. ábra)



4. ábra. A logaritmikus spirális

Külön érdekes szakköri feladat lehet a fent említett matematikai fogalmak, a Fibonacci-számok, az arany metszési szám s a logaritmikus spirális közötti kapcsolat megkeresése, amelyhez matematikus kollégák együttműködése is hasznos. (3)

A csigáspolip házának belsejében kamrák vannak, az állat a legkülső kamrában lakik. Kamráit gázzal tölti meg. Egy fejlett példánynak akár 30 kamrája is lehet. A polip fejlődése során házát szinte szakadatlanul építi, nagyobbítja, a már „kinőtt” helyiséget lefalazza. Kamráival összeköttetésben a spirál kezdőpontjánál lévő kamrához csatlakozó szifonján keresztül van. (5. ábra) (6) A lezárt kamra térfogata arányos megnövekedett testtömegével, így mindig

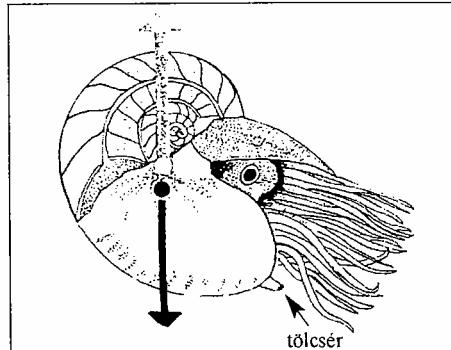


5. ábra. A csigáspolip hosszmetése

képes lebegni. Nem olyan régen váltak ismertté az „építkezés” finom részletei, hogy miként hoznak létre a tengeri élőlények a tengervíz oldott kalcium-karbonát tartalmát beépítve gyönyörű, bonyolult és meglehetősen nagy szilárdságú szerkezeteket. A házat alkotó kalcit- és aragonit kristályok növekedését egy különleges alakú fehérje úgy irányítja, hogy a kristálykák – a téglafal építéséhez hasonló módon – meghatározott dölési szöggel lapolják át egymást, kirajzolva a spirális formát.

### Élettér

Az állat a legkülső kamrában él, sajátos, jól záró izomgyűrűvel tapad a kamrafalhoz, így a gáz a kamrákból nem tud megszökni. Az állat lebeg, mert testének és a gázzal töltött kamráknak az együttes súlya éppen megegyezik a felhajtóerővel. A ház állandó pozícióját az biztosítja, hogy a nehézségi erő támadáspontja a felhajtóerő támadáspontja alatt van. (6. ábra) (6) Ha az állat kibillenne ebből a helyzetből, akkor a megjelenő erőpár forgatónyomatéka – mint egy fizikai ingát – azonnal visszabillentí eredeti helyzetébe. Nem leng hosszan, mert a vízben a közegellenállásos csillapítás miatt a lengés kitérése exponenciálisan csökken, tehát hamar lecsillapodik.

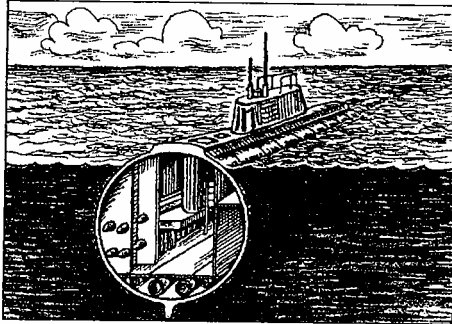


6. ábra. A csigáspolipra ható nehézségi erő

### A Nautilus „élő tengeralattjáró”

A csigaházaspolip szívesen tartózkodik akár 400 méter mélyen, de előfordulhat közvetlenül a vízfelszín alatt is. A merü-

léshez sajátos automatikát használ. *Robert Hooke* már 1696-ban felhívta a figyelmet arra, hogy a csigáspolip képes a kamráinak töltésére és ürítésére. Mivel a ház térfogata s emiatt a felhajtóerő a mélységtől függetlenül mindig ugyanakkora, a függőleges helyváltoztatáshoz tömegét kell változtatnia. Süllyedéskor kamráiba vizet enged, az átlagsűrűsége megnő, a nehézségi erő a felhajtóerőnél nagyobbá válik, lemerül. Felemelkedéshez pedig az általa termelt nagy nyomású gázzal a vizet a kamrák egy részéből kiszorítja. A csökkenő átlagsűrűség miatt a felhajtóerő a nehézségi erőnél nagyobb lesz, felemelkedik. Házában az adott mélységnek megfelelő túlnyomásnak kell lennie, ellenkező esetben gyöngyházból készült építménye a nagy külső nyomás (a nyomás 10 méterenként kb. 100 kPa-lal nő) miatt összeroppanna. A csigáspolip tökéletesebb, mint a pontosan ezen az elven működő tengeralattjáró, hiszen a gázt maga termeli. A tengeralattjáró ugyanis a víz kiszorításához használt sűrített levegőt többsúlyként magával viszi. (7. ábra)



7. ábra. Tengeralattjáró

### Sugárhajtással halad

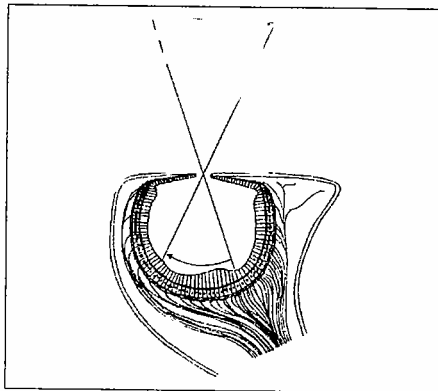
A rakéta-meghajtás elméletét *Ciolkovszkij* a 19. század végén dolgozta ki. A rakétákat az üzemanyaguk elégetésekor keletkező „hátrafelé” kiáramló gázok reakcióereje hajtja előre. A polipok, kalmárok, tintahalak, amelyek igen aktív vadászok, helyváltoztatáshoz a vízszugár-meghajtást már sokkal régebben használják. Meneküléskor a testük nagy hányadát elfoglaló kö-

penyüregükbe vizet szivattyúznak, s azt tölcsérré alakult szervükön keresztül kilövellik, s ők az impulzus-megmaradás törvényének megfelelően az ellenkező irányba elmozdulnak. A tölcsért az állat izomzatával görbítheti, amellyel az irányváltást is megoldja. (lásd 6. ábra)

### A csigáspolipok szeme egyszerű lyukkamera

A lyukkamera, a sötétkamra, a camera obscura (latin) szinonimák. A sötétkamra működése a fény egyenes vonalú terjedésének egyik bizonyítéka. A külvilágban lévő tárgyakról fény a kamrába az egyik falon lévő piciny nyíláson át jut, a szemközti falon a tárgy fordított állású, fényes képe figyelhető meg. Minél kisebb a lyuk mérete, a kép ugyan fényesegény, de annál élesebb. Egy bizonyos lyukméretnél újra elmosódottság tapasztalható, amelynek magyarázata a fény hullámtulajdonságával (fényelhajlás) kapcsolatos.

A nautilus kehelyszeme is sötétkamra, amelynek alján található látósejtek. (8. ábra) A látósejtek a környezetből annál tökéletesebben vannak elszigetelve, minél mélyebb a kehely, és minél kisebb nyíláson jut be a fény. E két körülmény azt eredményezi, hogy az ideghártyán ugyan éles kép jelenik meg, de a kép nagyon fényesegény.



8. ábra. A csigáspolip szeme lyukkamera

Egyetlen élőlényvel kapcsolatban említettünk meg néhány olyan jelenséget, amelyet jobban megértünk, ha összekap-

csoljuk biológiai ismereteinket a fizika törvényeivel. Érdekes „nyitott szemmel” jární a természetben, s a látottakkal kapcsolatban minél több kérdést feltenni. Ha elgondolkodunk a válaszon, szükségesnek érezzük, hogy minden ismeretünket – függetlenül attól, hogy hol és mikor szereztük azokat – számba vegyük ahhoz, hogy az egységes természet tényeit megértsük.

### Jegyzet

(1) Papp Katalin (2001): Ami a számszerű eredmé-

nyek mögött van...”. *Fizikai Szemle*, 51. 26–34  
 (2) Lundsgaard, H.: *Mathematics of a Nautilus Shell*.  
[www.mat.dtu.dk/persons/Hans...\\_Lundsgaard](http://www.mat.dtu.dk/persons/Hans..._Lundsgaard)  
 (3) Knott, R.: *Fibonacci Numbers and Nature*.  
[www.mcs.surrey.ac.uk/personal/R.Knott](http://www.mcs.surrey.ac.uk/personal/R.Knott)  
 (4) Stewart, Ian (1995): *A természet számai*. Világ-  
 Egyetem, Kulturtrade Kiadó, Budapest.  
 (5) Weyl, Herman (1982): *Szimmetria*. Gondolat Ki-  
 adó, Budapest.  
 (6) Greguss Ferenc (1976): *Eleven találmányok*. Móra  
 Könyvkiadó, Budapest.

*Rajkovits Zsuzsanna*

## A kémiai fogalmak természete

*Számos felmérés és attitűdvizsgálat bizonyítja, hogy a kémiát a tanulók nehéznek találják, és nem szeretik. Az okok között szokták emlegetni a tanulókísérletek háttérbe szorulását, a tananyag túlzottan elméleti és tudományos jellegét, eltávolodását a napi alkalmazásoktól. Újabban azonban egyre több szó esik arról, hogy a nehézségek egyik okát a kémia sajátos, sok szempontból a többi természettudományos tárgyétól eltérő fogalomrendszerében kell keresni.*

**A**z elmúlt évtizedek kutatásai mutat-  
 tak rá, hogy a kémia tanítása és tanulása során feltétlenül tekintettel kell lennünk a kémiai fogalmaknak a következő sajátosságaira (Taber, 2001a, 2001b):

- a kémiai fogalmak többsége az ún. tudományos vagy szabályok által meghatározott fogalmak körébe tartozik;
- a kémiai fogalmaknak általában többszintű (makroszintű, szubmikro- vagy részecskeszintű és szimbólumszintű) jelene van;
- számos kémiai fogalom jelentése megváltozott a kémia fejlődése során, de az eredeti jelentéshez kötődő elnevezés megmaradt;
- a kémiai fogalmak egy része nem jól definiált, jelentése kontextus-függő;
- a kémia egész elméleti rendszerére jellemző az egymás mellett élő, egymást kiegészítő úgynevezett többszörös modellek használata.

### Spontán (természetes) és szabályok által meghatározott (tudományos) fogalmak

Mint ismeretes, a természettudományos fogalmakat két nagy csoportra oszthatjuk: spontán vagy természetes fogalmakra (például: Föld, erő, élőlény, égés) és tudományos vagy szabályok által meghatározott fogalmakra (például: geoszféra, entropia, plazmolízis, oxidáció). A spontán vagy természetes fogalmakkal az ember a mindennapi életben találkozik először, ezzel szemben a tudományos vagy szabályok által létrehozott fogalmakat elsősorban az iskolai oktatás során ismerjük meg. Az előbbieket ilyen módon szerves részét képezik életünknek, míg az átlagember az utóbbiak ismerete nélkül is elboldogulhat az életben. (Taber, 2001a, 2001b)

Ellentétben a többi természettudománnyal, a kémia legtöbb alapvető fogalma (például kémiai és fizikai változás, ato-