

»KÁOSZT«? – AZT!

Káoszelmélet a középiskolában

Szatmári-Bajkó Ildikó

Deák Ferenc Középiskolai Kollégium, Budapest

A huszadik század végén a természeti jelenségek megismerésében a kaotikus rendszerek vizsgálata újabb előrelépést jelentett. A kaotikus rendszerekkel nem csak a kutatók, hanem mindnyájan találkozunk hétköznapjaink során, például, ha tejszínt keverünk a kávénkba [1], de a művészetben is megjelent, például *Tom Stoppard Arkádia* című darabjában.¹ Ez megerősített abban, hogy a középiskolás diákoknál érdemes megvizsgálni a kaoszelmélet fogadtatását.

Ez a dolgozat a kaosztudománynak a középiskolai fizika tananyagba való beillesztésének kérdéseivel foglalkozik. Vizsgálatunk tárgyát a középiskolás tanulók káosszal kapcsolatos előképe, és a témának a mechanika tananyag keretében, valamint szakkörön való taníthatósága képezte. Tananyagot fejlesztettünk ki a kaotikus mechanikai folyamatokról, és ezt kipróbáltuk két csoportban egy budapesti két tannyelvű szakközépiskola harminc 13. osztályos diákjával. A nyolc- kilenc órás tanítási modul előtt és után kérdőíveket töltöttünk ki a tanulókkal annak felmérésére, hogy milyen előképpel rendelkeznek, és hogyan változik meg ez a közös munka során. (A tananyag vázlatát, a szűkre szabott keretek miatt csak nagyon röviden, a mellékletben ismertetjük.)

A döntő fogalmak, amelyeket körül kívántunk járni és a tanulói ismeretek szempontjából mélyebben megértetni: *előrejelezhetőség, káosz, bonyolult, valamint kaotikus mozgás, keveredés, reverzibilitás, determináltság*. Ezen felül még egy óra állt rendelkezésünkre a kérdőívek kiértékelésére és beszélgetésre a témáról.

Kaotikus folyamatokat szinte minden természeti jelenséggel kapcsolatban tapasztalhatunk. Nemcsak olyan fizikai folyamatokban, mint a viharos tengerben áramló folyadékártegek keveredése [3], hanem az állati populációkban – például egy ragadozó és lehetséges zsákmánya létszámának változása [4, 5] –, az óceáni plankton térbeli és időbeli változásában [3, 5], oszcilláló kémiai reakciókban [6], a szív működés ingadozásaiban [2]. Az elmélet alkalmazása megkezdődött a társadalomtudományokban is, ám bár inkább csak allegorikus szinten.

A mechanikában nagyon sok egyszerű példa található kaotikusan viselkedő rendszerekre [2]:

- mágneses inga
- felfüggesztési pontjában vízszintesen rezgetett inga
- kettős inga
- két lejtő között pattogó labda stb.

A módszer

Kísérleteken (similabda, azaz nyúlós inga, jójó, mágneses inga,² kettős inga, rezgetett inga³) és *számítógépes szimulációkon* keresztül – egy tanártovábbképző tanfolyam anyaga alapján készült *Kaotikus mozgások* szimulációk

Illýés Gyula *Bartók* című versének első sora: „Hangzavart”? – Azt!

program segítségével [7] – megismerkedtünk a káosz három legfontosabb jellemzőjével [2]:

- a szabálytalan mozgás,
- az előrejelezhetetlenség, azaz a kezdeti feltételekre való érzékenység, valamint
- a rend, a pontos geometriai szerkezet: fraktálszerkezet megjelenése a fázistérben.

Ez a lépésről lépésre történő felfedező folyamat a csoport számos diákjából a tanítási órákon ritkán tapasztalható nagy lelkesedést váltott ki. A fraktálok világa elvarázsolta őket. Ebben nagy szerepe volt a Mandelbrot- és Julia-halmazok tengeri csikóin és örvényein, sziget- és öbölvilágán [8] túl annak a jóleső érzésnek is, hogy a természetben oly gyakran előforduló formákról – felhők, fák, hegyek – is tudunk szólni a tudomány nyelvén.

Közös beszélgetéseken feldolgoztuk az ismert mozgásokat, együtt továbbgondoltuk ezeket. Az óra ingájának szabályos periodikus mozgása rögtön szabálytalanná válik, ha mágnes pólusai közé helyezük; ugyanúgy szabálytalan mozgással találjuk szembe magunkat, ha két ingát egymáshoz kötünk, vagy ha egy inga felfüggesztési pontját szabályosan rezgetjük. A Föld keringése a Nap körül periodikus, de a Plútó pályája már kaotikus [9]. Egy pontszerű test mozgását le tudjuk írni pontosan, de a madártollak vagy a falevelek libegő hullása meghaladja lehetőségeinket. Így közösen láttuk be, hogy gyakran találkozunk a mechanikában – de nem csak ott – kaotikus jelenségekkel. Ezzel párhuzamosan az is kikristályosodott, hogy egyszerű törvények is vezethetnek bonyolult viselkedésre.

A kiválasztott fogalmak

A középiskolában a káosz kapcsán leginkább az *előrejelezhetőség*, megjósolhatóság kérdését érdemes tárgyalni [10]. A napfogyatkozást már az egyiptomiak percre pontosan tudták előrejelezni, az időjárás előrejelzése napjainkban is gondot jelent. De nemcsak az olyan bonyolult jelenség, mint az időjárás, hanem egy mágneses inga mozgásának előrejelzése is problémát jelenthet.

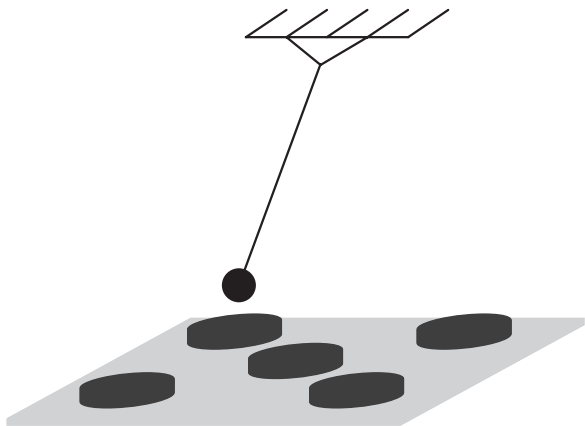
Mágneses ingával⁴ végeztünk kísérletet. Megpróbáltuk követni az inga pályáját egymás után két alkalommal úgy, hogy igyekeztünk azonos kezdőpontból, azonos kitéréssel indítani az ingát. Rövid idő után eltérés mutatkozott, majd a felismerhetetlenségig különbözővé

¹ A Katona József Színházban 1998-ban volt *Tom Stoppard Arkádia* című darabjának a bemutatója.

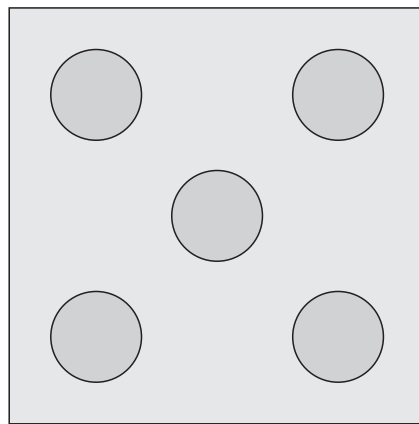
² A mágneses inga egyik változata megrendelhető interneten is: ROMP (Random Oscillating Magnetic Pendulum), például a <http://www.getdigital.de/index/0x> honlapon.

³ A kettős ingát és a rezgetett ingát *Köllő Zoltán* fizikatanár készítette.

⁴ Saját készítésű mágneses ingát, valamint a fenn említett ROMP típusút használtuk a kísérletekben.



1. ábra. Mágneses inga



2. ábra. Mágneses inga pályájának lerajzolásához

vált a két pálya. Ugyanezt vizsgálva a kettős inga és a gerjesztett inga esetében is, hasonlót tapasztaltunk. A diákok egy része azzal magyarázta a megfigyelt jelenséget, hogy nem tudtuk pontosan ugyanabból a kezdőpontból indítani az ingákat a két esetben. Ez még mindig nem indokolta a kevés lépés utáni ilyen nagyfokú eltérést, ezért kísérleti tapasztalatainkat számítógépes szimulációval is ellenőriztük.

Számítógépen vizsgáltuk a gerjesztett inga pályáját. A programot kétszer egymás után lefuttattuk, két, egymástól sokadik tizedesben eltérő kezdőfeltétellel. Kinyomtattuk a pályákat és összehasonlítottuk. A szimuláció is hamar divergáló pályákat adott, noha itt pontosan tudtuk, hogy mennyire kicsi a különbség a két kezdőfeltétel között. Bebizonyosodott, hogy hiába ismerjük az egyenleteket, a gerjesztett inga mozgása nem előrejelezhető, mivel a rendszer nemlineáris és nagyon felnagyítja a kezdeti kis hibát.

A kezdeti feltételekre való érzékenység kapcsán szó esett a pillangó-effektus kifejezésről, amely *Gleick*nek a káoszról írt népszerűsítő könyve [11] nyomán tett szert világhírré, ugyanakkor megbeszéltük azt is, hogy az elnevezésben milyen meglepetés veszélye rejlik [2].

Az utolsó órai beszélgetésünkön parázs vita keletkezett: ha ismerjük az egyenleteket, amelyek leírják a mozgást, hogyhogy nem jelezhető előre a rendszer viselkedése. Nagyon stabil determinisztikus világképpel szembesültem. Megbeszéltük, hogy a rendszert leíró egyenletekben található nemlineáris tag az, ami annyira felnagyítja a kezdeti kis hibákat, eltéréseket. Míg lineáris egyenletek esetében a hiba csak lineárisan nő, itt exponenciálisan. Ebből adódik a kezdeti feltételekre való érzékenység. Akkor jött a következő kérdés: miért beszélünk káoszról – ami a hétköznapi szóhasználatban összevisszaság, a rend hiánya – ha ismerjük az egyenleteket. Erre csak egy lehetséges válasz volt: a jelenséget determinisztikus káosznak nevezzük. Pontosan a determinisztikus jelző az, ami tudunkra adja, hogy többről van szó, mint összevisszaságról. Elfogadták a magyarázatot, ennek ellenére az egyik csoportban felkérték abbéli véleményük továbbítására, hogy nem volt túl bölcs – és főleg nem a megértést segítő – dolog a káosz nevet adni ennek a jelenségcsoportnak, és ha van rá mód, ez változtassák meg.

A kérdőív egyik – visszatérő – kérdése az alábbi kísérletünkhöz kötődik.

Mágneses inga: egy mágneses testből készített fonálinga, az asztallapon kis mágneses korongokat helyezünk el, melyek taszítják az inga végén levő testet.

Milyen mozgást fog végezni az *1.ábrán* látható mágneses inga, ha középről nagyon kis kitéréssel indítjuk (a mágnesek taszítják az ingatestet)? Írd le a mozgást, illetve jelöld a *2. ábrán*!

A kérdésre adott válaszokat táblázatban foglalom össze:

	szabályos mozgás	szabálytalan, össze-vissza, (kaotikus) mozgás	megjegyzés
a tanítási modul előtt	20	10	össze-vissza mozgás
a tanítási modul után	3	27	14 – kaotikus mozgás 10 – össze-vissza 3 – érzékeny a kezdeti feltételekre

A tanítási modul, és ezen belül a kísérletek elvégzése után a diákok számára elfogadottá vált, hogy a kevés összetevőből álló rendszerek mozgása is lehet bonyolult (pl. a mágneses inga bolyongása.)

A *káosz* fogalmára rákérdeztünk:

Mit értesz azon, hogy káosz? Fejtsd ki röviden!

.....

A káoszt a témával való ismerkedés előtt az összes gyerek a hétköznapi szóhasználat szerint definiálta, azaz rendezetlenségnek, rendetlenségnek, összevisszaságnak stb. Nagyon kevesen, a harminc tanuló közül hárman, az összevisszasággal együtt az előrejelezhetetlenséget is megnevezték. A záró kérdőív esetén a válaszadók közül már csak öt tanuló azonosította a káosz fogalmát kizárólagosan a rendezetlenséggel, összevisszasággal. A többiek káoszfogalma elmozdult, árnyalódott: 24 válasz tartalmazta az előrejelezhetetlenséget, jósolhatatlanságot, ebből 7 pontos definíció volt, és négyen voltak, akiknél az összevisszaság és az előrejelezhetetlenség együtt volt jelen.

Ugyancsak a kaotikusságot járta körül egy másik kérdésünk is:

óra sorszáma	téma	tartalom, fogalmak
1.	Kérdőív kitöltése tanítás előtt	
2.	Fraktálok	Természetes fraktálok, matematikai fraktálok (Cantor-halmaz, Sierpinski háromszög)
3.	A káosz fogalma	Periodikus – kaotikus mozgás Linearitás – nemlinearitás Előrejelezhetőség – érzékenység a kezdeti feltételekre Determinisztikus káosz
4.	Hasznos-e a káosz?	Mikor hasznos a káosz? – Keveredés Irreverzibilitás Instabilitás Káoszkontroll
6.	Számológépes iterációk	Számológépes iterációk – Játsszunk káoszt! (x^2 , $\cos x$, $2x^2 - 1$, $kx^2 - 1$), bifurkációs diagram
7.	Példák kaotikus mozgásokra – Kísérletek 1	Mechanikai példák kaotikus mozgásokra: kísérletek (gerjesztett rezgés, gerjesztett inga), csillagászati példák (meteorit) – előrejelezhetőségi idő
8.	Példák kaotikus mozgásokra – Kísérletek 2	Mechanikai példák kaotikus mozgásokra – kísérletek: mágneses inga Keveredés Fraktál vonzási tartomány Átmeneti (tranzien) káosz
9.	Példák kaotikus mozgásokra – Számítógépes szimulációk	Számítógépes szimulációk: – valódi térbeli pálya – kitérés – fázistérbeli mozgás – paraméterek beállítása – jóslhatóság (érzékenység a kezdeti feltételekre)
10.	További példák. Összefoglalás, ismétlés	Stabilitás-instabilitás Példák bemutatása rövidfilmen: kaotikus áramkör, vízikerek
11.	Kérdőív kitöltése tanítás után	
12.	Beszélgetés	

A következő rendszerek közül melyiket nevezné kaotikusnak (*több választ is bekarikázhat*):

- egy nagyon rendetlen szoba
- egy rosszul szervezett futóverseny
- festékek keveredése
- időjárás

Összefoglalom táblázatban a kérdésre adott válaszokat.

	a	b	c	d
a tanítási modul előtt	15	16	10	10
a tanítási modul után	6	8	27	18

Ezekből a válaszokból egyértelműen látszik az elmozdulás a káosz hétköznapi eredeti fogalmától a tudományos felé, de ugyanakkor az is kiderül, hogy többeknél együtt él ez a két fogalom.

A *keveredést* majdnem mindenki, huszonheten jelöli meg a determinisztikus káossal való ismerkedést követően mint kaotikus folyamatot, nagyon helyesen. Sok figyelmet fordítottunk a folyadékok keveredésére – amint látszik, nem hiába –, hiszen itt lehetett megragadni a rend, a pontos geometriai szerkezet megjelenését. A fraktálmintázat a kaotikus folyamatok esetében mindig megjelenik egy absztrakt térben, a fázistérben, így rejtve marad a közvetlen megfigyelés előtt. A keveredés a kivétel: a fázistér egybeesik a valós térrel, így megfigyelhető a

hétköznapiakban is: a kávéba öntött tej vagy tejszín, a tejbegrízbe öntött málnaszörp, az áramló folyadékok felszínén sodródó szennyeződések vagy festékfoltok bonyolult, szálas szerkezetű alakzattá folynak sőt és megjelenik a fraktálmintázat.

Hasonlóan látványos mintázatokat szül két vagy három különböző színű gyurmaud hajtogatása és nyújtogatása. Még a középiskolás tanulóknak is nagy öröme szolgál a szép fraktálszerkezetek saját kezű kialakítása. Az is kiderült számunkra, hogy nagymamáink nem hiába hajtják össze és nyújtják a tésztát (pék leképezés), hiszen ők már rég tudják azt, amit az utóbbi időben a tudomány is megfogalmazott, hogy a legjobb keveredést ez az algoritmus, a nyújtás-összehajtás adja. A keveredés a leghatékonyabb akkor, ha kaotikus a folyamat: így a káosz egyik hasznosításáról is szót ejtettünk.

Otthoni játéknak vagy további szakköri tevékenységnek ajánlottuk a „márványozás”-nak nevezett technikát is. A lányok nagyon lelkesedtek, amikor kiderült, hogy papírlapon és gyertyán kívül nagyon szép kendőket is lehet így festeni 2–3 színes festék keverésével.⁵ Itt ismét alkalmunk volt visszakanyarodni a természetben előforduló mintázatokhoz, hiszen nem hiába keresztelték el márványozásnak ezt a technikát, a természetben található márvány mintázatait idézi.

⁵ Hobbyboltokban több kiadásban is találhatóak segédkönyvek, például *Hannelore Otto: Márványozás*, CSER Kiadó, Budapest, 2004.

A kezdeti kérdőívet több iskolában, több osztályban is kitöltöttük (több mint háromszáz tanulóval). Bármelyik osztályban is voltam, mindig tudtam, mikor értek a tanulók a „tejbegríz-keverés” kérdéshez. Ez a kérdés a *reverzibilitás* fogalmát feszegette és mindig mosolyt fakasztott a diákokban:

Lassan, néhány mozdulattal elkeverjük a málnaszörpöt a tejbegrízben.

1. Ha lassan ugyanilyen mozdulatokkal visszafelé keverjük, visszakerül-e a málnaszörp az eredeti helyére:

- igen
- nem

2. Ez a mozgás előrejelezhető-e?

.....
A harminc tanuló válasainak összesítését a következő táblázatba foglaltuk:

	igen	nem	megjegyzés
Visszakerül-e az eredeti helyére?	0	30	
Előrejelezhető-e a mozgás?	17	13	Az egyik nem választ adó kifejti: a körülmények teljesen pontos ismeretében előrejelezhető lenne.

A válaszok összesítéséből kiderül, hogy minden diák számára egyértelmű, hogy a folyamat irreverzibilis, még ha magát a kifejezést nem is ismeri esetleg.

A záró kérdőívben visszatértünk erre a témára:

Lassan, néhány mozdulattal elkeverjük a málnaszörpöt a tejbegrízben. Ha lassan, ugyanilyen mozdulatokkal visszafelé keverjük, tudjuk, hogy a málnaszörp nem kerül vissza az eredeti helyére.

Ennek ismeretében mit gondolsz, van-e köze a káosz-nak ahhoz, hogy a valóságban a folyamatok mindig csak egy kitüntetett irányban zajlanak (irreverzibilitás)?

A válaszok a nyitott kérdésre változatosak voltak, a magyarázatok nagyon szórta, összesítve 23-an gondolták úgy, hogy van köze a káosznak az irreverzibilitáshoz. Kiemelnék egy választ, amely megértésről tanúskodik: *Elméletileg, ha ugyanazt a mozgást végezzük visszafelé, ugyanazon az úton, akkor visszafordítható a folyamat. De ez a gyakorlatban nem lehetséges.*

A determinizmus fogalmának alakulását a következő kérdéssel terveztük megragadni:

A fizikai jelenségek világa szerinted melyikhez van közelebb:

- olyan világ, ahol a kiindulási állapot pontosan meghatározza, mi fog történni később, vagy
- olyan világ, ahol az óhatatlanul jelen lévő kis bizonytalanságok felnőnek, s ezért szerepe van a véletlennek.

A válaszokat ismét táblázatban foglalom össze:

	determinisztikus világkép	véletlenek szerepének, a kis eltérésekre való érzékenység elfogadása	előbbi kettő egy- időben
a tanítási modul előtt	25	5	0
a tanítási modul után	15	12	3

A fenti számok önmagukért beszélnek. Egyrészt látható a kis eltérésekre való érzékenység, a véletlenek szerepének az elfogadottságában a növekedés, másrészt megjelenik a két világgép együttélése három válaszadó esetén.

Összefoglalás

Tapasztalataink azt mutatják, hogy akár szakközépiskolás diákok részére is lebilincselő a káosz. A káosz képi világa és formai lehetőségei mágnesként vonzza a diákok tekintetét, felébreszti kreativitásukat. Ezek a hétköznapi, mindenki számára érthető, megfogható folyamatok segítenek a természettudományos gondolkodás elmélyítésében.

Hasznos lenne, hogy a középiskolás diákok halljanak a kaotikus jelenségekről. A modern fizika olyan fejezetéből kaphatnának ízelítőt, amely könnyen megközelíthető, mert a természettudományok nagyon sok területén megtalálható a fizikától a biológián át a környezettudományokig, s mindez makroszkopikus skálán. Az elmúlt évek hazai tapasztalatai azt mutatják, hogy középiskolás diákok publikálásra érett eredményeket érhetnek el a káosz kísérleti vizsgálata témakörében [12–14].

Már nemcsak a természettudományok művelői foglalkoznak azzal, hogy ezeket a fogalmakat be kellene vezetni a középiskolai oktatásba, hanem az *Új Pedagógiai Szemle* is. Megerősíti bennünk ezt *Csorba F. László* felvétele is az *Új tudomány: A káosz* [15] cikkében. Három szempontot említ, ami szerinte indokolná, hogy a tanítási órákon is legyen szó a káoszról. Szempontjai egybecsengenek az általunk megfogalmazottak és az általunk tapasztaltak egy részével:

- az esztétikai-érzelmi kötődés lehetősége
- alkalom reflektálásra néhány – alapvető – filozófiai alapelve: determináció, jóslhatóság (előrejelezhetőség), történetiség
- a számítógép kreatív és tervezhető bekapcsolása a hagyományos tantárgyak oktatásába.

Marx György Az iskola új feladata [16] című előadása így foglalta össze már 1995-ben a káosz „időszerűségét”: „A 20. század bevezetett a kvantumelméletbe és a statisztikus fizikába, komplementer modellek használatára nevelt és csupán valószínűségi anticipációt engedett meg. De most a századvégen felfogjuk világunk nemlineáris jellegét. Ha az Ohm-törvény hirtelen érvényessé válna félvezetőkre is, elnémulna minden rádió, megállna minden számítógép és elektronikus eszköz; lineáris optikában a fényszálak is elveszítenék nagy információmennyiséget továbbító képességüket. A fizikában is káosz lett a divat, akárcsak a (szintén nemlineáris) piacon és a politikában. Kiugróan nagy értékek és intenzitások, éles és gyors változások esetén a kezdeti feltétel parányi különbségei jelentős eltéréseket eredményezhetnek a végkifejletben.”

Bár tudjuk, hogy nagyon nehéz ezeket a jelenségeket középiskolai szinten oktatni, mert a tudományos igényű matematikai apparátus nem használható, ugyanakkor mégis nagyon fontosnak tűnik, mert a természet leírásának túlságos leegyszerűsítése elveheti a tanulók hitét a

természettudományok erejében. Ezért hasznosnak tartjuk a kitekintéssel való próbálkozást és a tanári közösség együttműködését ezen a területen.

Irodalom

1. TÉL T.: *Káosz egy csésze kávéban* – Természet Világa 127 (1996) 386
2. TÉL T., GRUIZ M.: *Kaotikus Dinamika* – Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002.
3. NEUFELD Z.: *Káosz és keveredés a légkörben és óceánban* – Természet Világa 134 (2003) március
4. DOMOKOS G.: *Püthagorász, Rényi és a lemmingek, avagy a káosz irracionálitása 1–2* – Természet Világa 133 (2002) szeptember, október
5. SCHEURING I.: *Káosz az élőközösségekben. Nemlineáris jelenségek kompetitív rendszerekben és táplálékláncokban* – Természet Világa 133 (2002) augusztus
6. GÁSPÁR V.: *Játsszunk Káosz! Káosz: determinisztikus rendszerek véletlenszerű viselkedése* – Természet Világa 133 (2002) július
7. HÓBOR M., GRUIZ M., GÁLFI L., TÉL T.: *Kaotikus mozgások* – szimulációs program, ELTE TTK Elméleti Fizika Tanszék 2001.
8. KECSKÉS L.: *Egy öhnyi végtelen* – Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002.
9. F. DIACU, PH. HOLMES: *Égi találkozások. A káosz és a stabilitás eredete* – Akkord Kiadó, Budapest, 2003.
10. F. HERRMANN, L. MINGIRULLI, P. MOREWIETZ: *A káosz tanítása iskolákban* – Fizikai Szemle 38 (1988) 301 (eredeti szöveg F. HERRMANN, L. MINGIRULLI, P. MOREWIETZ: *Teaching Chaos in Schools* in Marx György ed.: *Teaching Non-linear Phenomena – Chaos in Education*, National Centre for Educational Technology, 1987.)
11. J. GLEICK: *Káosz, egy új tudomány születése* – Göncöl Kiadó, Budapest, 1999.
12. SÓTÉR A.: *Lorenz modelljének kísérleti vizsgálata és a kaotikus vízi-kerék* – Természet Világa melléklete, Diákpályázat, Természet Világa 135 (2004) május
13. BÉKÉSSY L.I., BUSTYA Á.: *A fizikai kettős inga vizsgálata. Kaotikussá vált mechanikai síkmozgás egy példája* – Fizikai Szemle 55/5 (2005) 185
14. BÍRÓ I.: *Mágneses ingák kísérleti tanulmányozása. Kaotikussá váló mechanikai síkmozgás egy példája* – Fizikai Szemle 56/1 (2006) 13
15. CSORBA F.L.: *Új tudomány: A káosz* – Új Pedagógiai Szemle 2000/9
16. MARX GY.: *Az iskola új feladata* – Gyorsuló idő 4 – Fizikai Szemle 45/9 (1995) 289

AZ ORSZÁGOS SZILÁRD LEÓ FIZIKAVERSENY FELADATAIRÓL

Ujvári Sándor

Lánczos Kornél Gimnázium, Székesfehérvár

Szilárd Leó születésének centenáriumi évében, 1998-ban Marx György professzor országos fizikaversenyt kezdeményezett. Az Országos Szilárd Leó Fizikaverseny az eredeti kiírás szerint az atommagfizika, a nukleáris energetika, a környezet- és sugárvédelem fejezeteiből meríti feladatait. Az utóbbi két évben a verseny kibővült a modern fizika többi részével. Az idejéről szóló cikket a *Fizikai Szemle* augusztusi számában olvashatták.

A tematikus verseny új dolog, ezért a feladatokat kitűző bizottság a kezdetektől figyelte a feladatmegoldások eredményességét. Az, hogy minden feladatot meg tudott valaki oldani, és sok, nehéznek tűnő feladatot a diákok jó ötletekkel, komoly tudással nagy százalékban oldottak meg, igazolta a feladatkitűzés gyakorlatát.

A verseny eredményességét vizsgáltam meg részletesebben, nem csak a jó megoldások százalékában kifejezett arányát figyelve. A kétfordulós verseny első fordulójában minden évben több száz tanuló vett részt. Ezekhez a – különböző iskolákban megírt – dolgozatokhoz azonban nem fértem hozzá, így az elemzésemet csak a verseny második fordulójának (döntőjének) feladataira kellett korlátoznom. Ez – természetesen – a vizsgált dolgozatok maximális számát is meghatározta, hiszen a versenybizottság – a verseny szabályainak megfelelően – maximum 20 fő I. kategóriás (11–12. osztályos), és 10 fő „Junior” (8–10. osztályos) diákot hív be a döntőbe minden évben.

A döntő archivált elméleti feladatainak megoldásait elemeztem a feladatok típusai és az eredményesség szempontjából a versenysorozat kezdetétől 2005-ig (két év, 1998 és 2003 kimaradt, mert a dolgozatok nem voltak elérhetők).

Az elemzés szempontjai

A verseny eddig kitűzött feladatait három szempont szerint csoportosítottam:

- *típus*: a feladat témája,
- *jelleg*: elméleti (szöveges megoldást igényel) vagy kiszámolandó, esetleg elméleti és kiszámolandó együtt,
- *komplexitás*: a komplexitás nem kizárólag a feladat megoldásának nehézségével kapcsolatos. Egyszerűnek neveztem azokat a feladatokat, amelyek a fizika egy fejezetének ismeretével megoldhatóak, közepesnek, ahol ehhez még egy fejezetet kellett ismerni, komplexnek az olyan feladatot minősítettem, ahol három, vagy annál több témához tartozó ismeret kombinálására volt szükség a megoldáshoz.

Meghatároztam a kitűzött feladatok nehézségét is, melyet a pedagógiai szakirodalomból vett módon definiáltam: a helyes megoldások száma osztva az összes megoldók számával. A nehézségi érték skálája így 1 (nagyon könnyű, mindenki megoldotta) és 0 (nagyon nehéz, senki nem oldotta meg) között helyezkedik el. Részletesebben megvizsgáltam a legkönnyebbnek és a legnehezebbnek bizonyult döntő feladatsorát, és ebből próbáltam következtetni arra, mi könnyű és mi nehéz a megoldók szempontjából.

A feladatsorok

A versenybizottság összesen 87 feladatot adott fel 2005-ig a döntők során. Az eddig kitűzött feladatok a következő témákhoz sorolhatók: könnyű atommagok, nehéz atommagok, izotópok, radioaktivitás, bomlási sorok, radioaktív órák, detektorok, orvosi fizika, sugárvédelem, mag-