

A RADIOAKTIVITÁS TANÍTÁSA, TÁRSADALMI HATÁSOK

Kis Tamás, Heves, Eötvös József Középiskola
Papp Zoltán, DE Környezetfizikai Tanszék

Kevés olyan fizikai jelenség van, mellyel az átlagember érzelmi viszonyt alakít ki. Úgy tűnik, hogy a radioaktivitás és néhány, vele rokon jelenség, fogalom (mint a sugárzás, maghasadás, reaktor, nukleáris) ilyen. E jelenségek, fogalmak sokszor előfordulnak a sajtóban és a médiában. A híradásokban például gyakran hallhatunk a környezetvédő mozgalmak harcáról az atomerőművek ellen, a radioaktív hulladékok tervezett tárolóinak ügyéről, az atomfegyverek felhasználásának esetleges veszélyeiről, vagy a sugárzó anyagok csempészetéről. Így az emberek gyakran találkoznak a „radioaktivitás” szóval és a rokon fogalmakkal, melyek bizonyos érzelmeket is kiváltanak belőlük. A fenti jelenségeknek, fogalmaknak a sajtóban és a médiában való szerepléséből az szűrhető le, hogy a hozzájuk fűződő érzetek, érzelmek túlnyomóan negatívak: közöttük a szorongás, a félelem, az elutasítás dominál. Ez a mindennapokban leginkább az atomenergia békés felhasználásának elutasításában, valamint a nukleáris fegyverek alkalmazásától való félelemben mutatkozik meg. Tudományos ismereteink alapján e negatív érzelmek, félelmek eltúlzottnak tűnnek. A negatív érzelmek okai sokfélék, ezeket mások (több-kevesebb körültekintéssel) már próbálták azonosítani (lásd pl. [1–3]). Az okok között a tudáshiány, az oktatás hibái és hiányosságai is fölmerültek. Jelen írásunkban azt szeretnénk megvizsgálni, hogy a radioaktivitással kapcsolatos tudás, érzetek és érzelmek kialakulásában milyen szerepe van az oktatásnak. Vajon mennyien és mennyire tudják jól, hogy mi a radioaktivitás, mik azok a sugárzások, és mitől kell, illetve nem kell félni? Miket hisznek az emberek a radioaktivitásról? A használható tudás hiányában, és a negatív érzelmi attitűd kialakulásában milyen szerepet játszik a közoktatás, és mit kellene ezen a területen változtatni ahhoz, hogy a helyzet javuljon? Ilyen és ezekhez hasonló kérdésekre próbálunk választ keresni írásunkban.

Honnan szerezhethet információt az átlagember a radioaktivitásról?

E tekintetben a közoktatás mellett alapvetően még két jelentős információforrás jöhet szóba: a sajtó és a média. Azokat a folyóiratokat (*Természet Világa*, *Élet és Tudomány*, *Fizikai Szemle*), melyekben szakmailag igényesen foglalkoznak a témával, csak kevesen olvassák, és ők is többnyire az átlagosnál jóval műveltebb emberek. Az e lapokban megjelenő cikkek feltételeznek is némely előismereteket, ezért megértésük az átlagember számára nem is lenne könnyű. A szélesebb olvasói rétegek informálásáért azok a sajtótermékek tehetnének többet, melyeket

szélesebb tömegek olvasnak. Ezeknél viszont a megnyilatkozó szakember tudálékossága és a laikus újságíró tudatlansága egyaránt komoly gondot okozhat. Ha egy cikkben az olvasó magyarázat nélkül hagyott olyan fogalmakkal és szakkifejezésekkel találkozik, melyek számára ismeretlenek, akkor hamar lemond az olvasottak felfogásáról. A szakkifejezések tudatlanságból származó téves használata is káros lehet. Erre jó példa a hírekben gyakran hallható, ijesztő „sugárfertőzés” szó. (Ennek érzelmi hatása még rombolóbb lehet, ha a következő hír az influenzajárványról vagy az agyhártya-gyulladásról szól.) A televíziós, rádiós hírműsorokban hallható információk is sokszor egyoldalúak, félrevezetőek, megbízhatatlanok, hibákat tartalmaznak. Még szerencse, hogy egyre több nézőhöz jutnak el a tudományos alapokon álló, színvonalas ismeretterjesztő tv-csatornák műsorai, és az MTV-ben is találkozhatunk megbízható, igényes tudományos műsorokkal, mint a nagy múltú *Delta*, vagy a nemrég indult *Mindentudás Egyeteme*. Ezek többségükben a laikus közönség számára is érthető ismereteket közvetítenek, és sokan nézik őket, de még nem elegenden ahhoz, hogy hatásuk átütő lehessen.

A sajtó és a média a fentiek szerint többnyire nem működik színvonalas információforrásként, a különféle szakmailag igényes ismeretterjesztő fórumok, „akciók” hatása pedig a teljes népesség szintjén nem kielégítő. Nehezen tűnik összeegyeztethetőnek a szakmai igényesség és pontosság a laikusok számára való érthetőséggel. Ez igencsak felértékeli az intézményes, iskolai oktatás szerepét. Az emberek a radioaktivitással kapcsolatban is leginkább a közoktatásban, középiskolai tanulmányaik során tehetnének szert alkalmas, használható tudásra. Kérdés, hogy ma szert tesznek-e?

Egy felmérés eredményei

A radioaktivitást a tudomány több mint egy évszázada ismeri. Iskolai oktatása csak jóval később kezdődött, de nálunk már több évtizede folyik. A radioaktivitás fogalma a sajtóban és a médiában is gyakori szereplő. Feltehető tehát, hogy az emberek nagy hányadának van valamilyen tudati képe erről a jelenségről. A radioaktivitásról kialakult tudás, vélemények, tévképzetek és érzelmi attitűdök felmérése céljából összeállítottunk egy kilenc kérdésből álló kérdőívet. Annak nem volt értelme, hogy ebben fizikai fogalmak, törvények ismeretét kérjük számon iskolás módon. A célunk inkább az volt, hogy az oktatás, valamint a sajtó és a média által közvetített információk nyomán létrejött „összképet” felmérjük.

A válaszadás könnyítése céljából nyolc kérdés esetében előre megadtunk több válaszlehetőséget, melyek között a helyes válasz(ok) is jelen volt(ak) több más, helytelen, félrevezető válasz mellett. A kitöltés tehát (egy kivétellel) az előre megadott válaszok közül való választást jelentette. A kérdőívek kitöltésére diákokat (20 fő) valamint közép- (56 fő) és felsőfokú (28 fő) végzettséggel rendelkező embereket kértünk meg, összesen 104 személyt. Közülük 16 diplomás budapesti volt, a többiek mind Heves megyei lakosok. A kérdőív kitöltése előtt a következő felhívásokat intéztük hozzájuk: „Kérjük, hogy a kérdőívet utánanézés, tájékozódás nélkül, saját meglévő ismeretei és érzései alapján töltsé ki! Ha az egyes válaszokat nem érzi egymást kizáróknak, vagy bizonytalan a válaszban, minden kérdésnél több válaszlehetőséget is megjelölhet!” A kiértékelt $104 \cdot 9 = 936$ kérdésből csupán kettő maradt válasz nélkül, ezzel szemben többször előfordult, hogy egymást logikailag kizáró lehetőségek közül egyszerre többet is választott a megkérdezett. Az alábbiakban bemutatjuk a kérdőív kérdéseit és a rájuk adott válaszok százalékos megoszlását. (A százalékarányok összege általában több 100%-nál, mivel sokan több választ is megjelöltek.)

1. kérdés: Ismeretei szerint mi a radioaktivitás?

- Egyes anyagok rádióhullámokat bocsátanak ki magukból (a tv- vagy rádióadókhoz, ill. a mobiltelefonhoz hasonlóan).
- A radioaktív anyag részecskéi időnként szerkezeti átalakuláson mennek át, és ennek során nagyon kicsi részecskék repülnek ki belőlük nagy sebességgel.
- A radioaktív anyagban vegyi folyamat megy végbe, melynek során az anyag kémiaiilag átalakul, és közben ultraibolya sugárzást bocsát ki.
- A radioaktivitás biológiai folyamat: az élő testszövetek működésük közben hőt termelnek, és hőszugárzást bocsátanak ki.

Válasz	Diák (%)	Középfokú v. (%)	Felsőfokú v. (%)	Összesen (%)
a	20	21,4	17,9	20,2
b	40	35,7	78,6	48,1
c	50	57,1	14,3	44,2
d	5	5,4	0	3,8

Ez a kérdés kifejezetten a fizikai fogalom jelentésére, tartalmára vonatkozott. A diákok még nem tanulták a középiskolában a fizikának ezt a részét, tehát ők csak egyéb forrásból megszerzett információkra támaszkodhattak. (Ez a többi kérdésnél is igaz!) Megdöbbentő, hogy a közép-fokú végzettségűek közül többen tartják a jelenséget vegyi eredetűnek, mint fizikainak. A megkérdezettek közül minden ötödik úgy véli, hogy a radioaktivitás a rádióhullámokkal kapcsolatos. Félő, hogy ez nem csak a két szó hangzásának hasonlósága miatt alakult így. Csak a válaszadók 48%-a ismeri jól a fogalmat, s ezek többsége felsőfokú végzettséggel rendelkezik.

2. kérdés: Ön szerint honnan származnak, és mikor keletkeztek a környezetünkben jelen lévő radioaktív anyagok?

- Kizárólag természetes eredetűek, és már a Föld keletkezése előtt létrejöttek.
- Kizárólag természetes eredetűek, de csak a Föld keletkezése után jöttek létre földi természetes folyamatokban.
- Részben természetes, részben mesterséges eredetűek: egy részük természetes úton keletkezett, másik részüket az emberi tevékenység hozta létre.
- Kizárólag mesterséges eredetűek, az ember technikai civilizációjának fejlődése során keletkeztek évezredek alatt.

- Kizárólag mesterséges eredetűek, az utóbbi száz év során keletkeztek (tudományos kísérletek, nukleáris fegyverkezés, atomerőművek).

Válasz	Diák (%)	Középfokú v. (%)	Felsőfokú v. (%)	Összesen (%)
a	0	3,6	7,1	3,8
b	10	5,4	7,1	6,7
c	50	50	92,9	61,5
d	20	8,9	0	11,5
e	25	41,1	3,6	27,9

A kérdés a jelenség kialakulásának időbeli elhelyezésén túl az eredetére is vonatkozik. A válaszadók csaknem 40%-a gondolja (tévesen), hogy a radioaktivitás egyértelműen mesterséges képződmény! Bizonytalán mérsékelné a radioaktív anyagokkal kapcsolatos túlzott félelmeiket, ha többen tudnának arról, hogy ezen anyagok túlnyomó hányada természetes eredetű, és már az ember előtt, annak működésétől függetlenül is jelen volt a környezetben. A felsőfokú végzettségűek közül többen gondolják a jelenséget természetes eredetűnek, mint mesterségesnek (a másik két csoportnál ez fordított), és itt kiugróan magas a helyes választ adók aránya, de néhányan közülük több, egymást logikailag kizáró választ is megjelöltek.

3. kérdés: A környezetben hol fordulnak elő kimutatható mennyiségben radioaktív anyagok? (Többet is választhat!)

- a talajban
- a kőzetekben
- a folyók, tavak vizében
- a csapadékban
- a levegőben
- az élelmiszerekben
- az ivóvízben
- az építőanyagokban
- a használati tárgyakban
- egyes ipari létesítményekben
- egészségügyi intézményekben
- az emberi testben

Válasz	Diák (%)	Középfokú v. (%)	Felsőfokú v. (%)	Összesen (%)
a	40	60,7	75	60,6
b	30	35,7	92,3	50
c	10	12,5	46,4	21,2
d	0	17,9	46,4	41,3
e	30	53,6	50	48,1
f	0	0	25	6,7
g	0	1,8	32,1	9,6
h	0	14,3	35,7	17,3
i	15	5,4	14,3	9,6
j	85	85,7	78,6	83,7
k	25	46,4	67,9	48,1
l	20	1,8	14,3	8,7

Több válaszadónak problémát okozott a kérdés általános vagy konkrét jellege (pl. „a mai Ukrajna területéről származó gombát nem érdemes megenni, de a spanyol narancsban aligha van sugárzó anyag”). A megadott 12 előfordulási lehetőség közül többen is (helyesen) mindet bejelölték. Volt, aki meg is jegyezte, hogy „mindenütt van radioaktív anyag, csak jó detektor kell a kimutatására, és sokáig kell szűrni”. Az élelmiszereket, az ivóvizet, a használati tárgyakat és az emberi testet viszonylag kevesen (<10%) jelölték meg előfordulási helyként, a talajt és az

ipari létesítményeket viszont a válaszadók több mint 60%-a. A mezőgazdaságban, illetve az iparban dolgozók saját termelési águkat nagyobb gyakorisággal jelölték meg. A válaszokból egyértelműen kiderül, hogy a megkérdezettek túlnyomó többsége nem tudja, hogy környezetében szinte mindenütt vannak radioaktív anyagok, sőt, azok saját testében is megtalálhatók.

4. kérdés: *Hogyan hat a radioaktív anyag a környezetre?*

- Zavarja a tv-, rádió-, illetve mobiltelefon-vételt.
- Gyakorlatilag nincs rá hatással, hiszen a keletkező sugárzás akadálytalanul áthatol a környezet anyagán (mint pl. a röntgensugarak az emberi testen).
- Aktivizálja a környezetében lévő anyag részecskéit, vagyis melegíti az anyagot.
- Változásokat okoz az anyag fizikai mikroszerkezetében: megbolygatja az atomok elektronszerkezetét, felbont egyes molekulákat.
- Megváltoztatja az anyag kémiai szerkezetét: hatására vegyi átalakulások mennek végbe az anyagban, új vegyületek keletkeznek.
- Az életműködés felgyorsításával növeli az élőlények aktivitását, javítja a reagáló-képességet.

Válasz	Diák (%)	Középfokú v. (%)	Felsőfokú v. (%)	Összesen (%)
a	15	7,1	7,1	8,7
b	40	21,4	10,7	22,1
c	15	5,4	10,7	8,7
d	50	48,2	85,7	58,7
e	0	26,8	35,7	24,0
f	0	1,8	0	1,0

Csupán egy valaki vélte úgy, hogy a radioaktív sugárzásnak kedvező hatása van az élő szervezetre. A megkérdezettek csaknem 10%-a gondolja azt, hogy a radioaktív sugárzás zavarja a rádiózást. Ez az arány az 1.a válasznál kapott 20%-nak csak a fele, de így is elgondolkodtató eredmény. A többség véleménye szerint a magátalakulások mikrofizikai változásokat okoznak a környezetükben, de jelentős a tábor a hatástalanságnak és a kémiai hatásnak is. Az adatokból megfigyelhető, hogy minél magasabb a válaszadók végzettsége, annál kevesebben mondják azt, hogy a radioaktív anyagok nincsenek kölcsönhatásban a környezetükkel.

5. kérdés: *Milyen a radioaktivitás hatása az élettelen környezetre?*

- Kedvezőtlen, mert számottevően megváltoztatja a természetes, eredeti viszonyokat, rontja a természeti környezet minőségét (pl. mérgező anyagok is keletkeznek).
- Közömbös, mert az élettelen környezet állapotát számottevően nem tudja befolyásolni.
- Előnyös, mert megváltoztatja ugyan a környezet állapotát, de az előidézett változások összességükben kedvezőek a környezet szempontjából (pl. a melegítőhatás).

Válasz	Diák (%)	Középfokú v. (%)	Felsőfokú v. (%)	Összesen (%)
a	60	76,8	75	73,1
b	40	41,1	25	36,5
c	0	0	10,7	2,9

Ez a kérdés már nem a hatás anyagi lényegére, mechanizmusára, hanem annak összefoglaló, szubjektív értékelésére vonatkozott. A megkérdezettek közül csupán a felsőfokú végzettségűek 10%-a van azon a véleményen, hogy a radioaktivitás pozitív hatással van az élettelen környezetre. Ezzel szemben a válaszadók csaknem háromnegyed része azt mondja, hogy a sugárzásnak káros

hatásai vannak, ami negatív elfogultságot mutat. Érdekes, hogy a helyes választ (b) a felsőfokú végzettséggel rendelkezők választották a legkisebb arányban.

6. kérdés: *Milyen a radioaktivitás hatása az élőlényekre?*

- Káros, mert a keletkező sugárzás roncsolja az élő szöveteket, és ez növeli egyes betegségek kialakulásának esélyét (a sugárzás erőssége függvényében).
- Gyakorlatilag nincs rájuk hatással, mert a keletkező sugárzás akadálytalanul áthatol a testükön.
- Előnyös, mivel kedvező élettani hatásai folytán az életműködéseket gyorsítja, az ellenálló-képességet növeli, az élettartamot meghosszabbítja.

Válasz	Diák (%)	Középfokú v. (%)	Felsőfokú v. (%)	Összesen (%)
a	95	98,2	96,4	97,1
b	5	3,6	10,7	5,8
c	0	0	17,9	4,8

Ez az előzőhöz hasonló jellegű kérdés volt az élővilágra vonatkozóan. A felsőfokú végzettségűek véleménye jobban megoszlik, mint a másik két csoporté, közülük többen mindhárom (egymást logikailag kizáró) választ megjelölték. Csak ezen válaszadók közül jelölték meg néhányan azt, hogy a radioaktív sugárzásnak pozitív hatása is van az élő szervezetre (ami kis dózisosknál, a kutatások jelen állása szerint akár még igaz is lehet). Azon megkérdezettek többsége, akik az előző kérdésnél úgy vélték, hogy a sugárzás nincs különösebb hatással az élettelen környezetre, az élőlények esetében már káros hatásokat feltételeztek.

7. kérdés: *Használnak-e ma radioaktív anyagokat szándékosan, mesterséges célokra? Ha igen, hol?*

- nem használnak
- használnak (az alábbiakból kiválasztandó, többet is megjelölhet):
 - az egészségügyben
 - az élelmiszeriparban
 - az energiatermelésben
 - a hadiiparban
 - az építőiparban
 - a rendőrségnél
 - a fémgyártásban
 - mobiltelefonokban
 - a közlekedésben
 - a régészetben

Válasz	Diák (%)	Középfokú v. (%)	Felsőfokú v. (%)	Összesen (%)
a	0	1,8	0	1,0
b (1)	60	58,9	89,3	67,3
b (2)	10	3,6	25	10,6
b (3)	95	89,3	82,1	88,5
b (4)	65	82,1	92,9	81,7
b (5)	5	5,4	7,1	5,8
b (6)	5	0	17,9	5,8
b (7)	25	7,1	14,3	12,5
b (8)	5	19,6	14,3	15,4
b (9)	5	3,6	10,7	5,8
b (10)	15	3,6	53,6	19,2

A 104 közül mindössze egyetlen ember gondolta úgy, hogy nem használnak radioaktív anyagokat a gyakorlatban. A legismertebb alkalmazási területek közül az energiatermelést inkább a diákok, a hadiipart pedig elsősorban a felsőfokú végzettséggel rendelkezők választották. Meglepő, hogy az utóbbi csoportba tartozók majdnem

1/5 része a rendőrséget is megjelölte (talán a lézeres sebességmérőre gondoltak?!). A megkérdezettek 15,4%-a szerint a mobiltelefonokban szándékosan használnak radioaktív anyagokat. Ez a tévképzet az 1.a és a 4.a válasszoknál is megfigyelhető volt, körülbelül hasonló arányban. A régészetet mint alkalmazási területet az alacsonyabb végzettségűek közül kevesen választották.

8. kérdés: *Megszavazná-e, hogy (megfelelő hatásvizsgálatok után) radioaktív hulladék-lerakót építsenek lakóhelye közelében?*

- Nem támogatnám, mert nem érezném magamat biztonságban.
- Nem támogatnám, mert a hatásvizsgálatok eredményében nem bízna meg, azt úgyis a különféle érdekek szerint alakítják.
- Nem mennék el szavazni, mert nem érdekelne az ügy.
- Nem mennék el szavazni, mert nem értek a témához.
- Igennel szavaznék, mert nem tartom veszélyesnek, és lakóhelyem támogatásához jutna, új munkahelyek is létesülnének.
- Igennel szavaznék, mert úgy ítélem meg, hogy alapos vizsgálatok után, hozzáértéssel megépített tárolóban ezek az anyagok biztonságosan tárolhatók.

Válasz	Diák (%)	Középfokú v. (%)	Felsőfokú v. (%)	Összesen (%)
a	50	73,2	53,6	63,5
b	30	42,9	21,4	34,6
c	0	0	0	0
d	10	3,6	3,6	4,8
e	5	0	0	1,0
f	30	3,6	25	14,4

Ezzel a kérdéssel a már kialakult véleményeket és a hozzájuk tartozó érzéseket kívántuk feltérképezni. Az „a” és „b” válasz egyértelműen elutasító. Többen mindkettőt megjelölték; ezt figyelembe véve a válaszadók körülbelül 85%-a szavazna „nem”-mel. Szomorú, hogy egyharmad részük nem bízna meg a hatásvizsgálatokban. Az, hogy a „c” és „d” lehetőséget nem, vagy alig választották, arra utal, hogy az emberek nem lennének közömbösek egy ilyen kérdés eldöntésénél. Igennel csupán a megkérdezettek 15%-a szavazna a hulladéktemető megépítésére. Ezek nagyobb hányada diák (aki még feltehetően nem veszítette el bizalmát) és felsőfokú végzettségű (aki valószínűleg több ismerettel rendelkezik). Valós esetben azonban a szavazók többsége szakmunkás vagy érettségizett személy lenne.

9. kérdés: *Írjon három olyan szót, amely a radioaktivitásról az eszébe jut!*

Szavak, szócsoportok	Gyakoriság
atomenergia, atomerőmű, reaktor	47
atombomba, nukleáris fegyverek	37
betegség, daganat, rák	33
sugárzás	22
Csernobil	14
hulladék	9
röntgensugárzás, tüdőrák	9
káros	8
Paks	8
sugárterápia, gyógyászat	8

A megadott szavak közül az azonos jelentésűeket ugyanabba a „szócsoportba” soroltuk. A 104 megkérdezett 65féle szócsoportot adott meg, a tíz leggyakoribbat tüntettük fel a táblázatban. Ezek között jóval több a negatív, mint a pozitív érzelmi töltetű. Várható volt, hogy az atomerőmű és

az atombomba fordul elő legtöbbször. A csernobili katasztrófa még most is élénken él az emberek emlékeiben; három diák is választotta, annak ellenére, hogy ők már a bal eset után születtek. Valószínűleg kevesen tudják a megkérdezettek közül, hogy a röntgensugárzás és a radioaktivitás között nincs szoros kapcsolat, erre utal a tüdőrák. Néhány további szó az összegyűlteknél (zárójelben az előfordulás száma): radioaktív izotóp (7), Curie-házaspár (4), maghasadás (3), uránérc (3), láthatatlan veszély (3), Hiroshima (3), sugárfertőzés (2). Érdekes képzettársítások: rádió (3), mobiltelefon (2), ultraibolya sugárzás (2), tv (1), szmog (1), zöld (1), elektromágnes (1), adóvevő (1).

Közvetlen tanulságok

A kérdőívek kiértékelése nyomán egyértelműen kiderült, hogy a kérdések által érintett témakörökben a megkérdezettek többsége nem rendelkezik helytálló, a hétköznapiakban megbízhatóan használható tudással. Azok, akik a magátalulást vegyi folyamatnak gondolják, vagy azt hiszik, hogy a mobiltelefonok működéséhez radioaktív anyagokra van szükség, minden bizonnyal ebbe a csoportba tartoznak. A kitöltés során néhányan megjegyezték, hogy nem értenek a témához. Nyilvánvaló, hogy egy esztendővel vagy egy magyar szakos tanárnőtől nem várható el, hogy ismerje a bomlástervezést vagy az egy nukleonra jutó kötési energiára vonatkozó összefüggéseket. De akkor milyen ismeretekre lenne szükségük?

A radioaktivitástól sokan félnek. Úgy tűnik, hogy e mögött jelentős részben az ismeretlentől való félelem húzódik meg: a helytálló tudás, a megbízható információk hiánya vezet a túlzott félelemhez. Nem lehet és nincs is értelme megszerettetni az emberekkel a radioaktivitást, de egyes információk közlésével az ellenérzések jelentősen enyhíthetők lennének. Ilyen szempontból jó lenne, ha az átlagember is tudna egy keveset arról, hogy

- honnan származnak a radioaktív anyagok, és mióta léteznek,
- a természeti környezetben hol fordulnak elő, és milyen célokra használja őket az ember,
- mekkora veszélyt jelent a radioaktivitás az élőlényekre,
- mik azok az ionizáló sugárzások, és hogyan hatnak az anyagra,
- milyen összetevői vannak a lakosságot érő sugárterhelésnek, és ezek közül milyen a mesterséges és természetes eredetű komponensek aránya.

Ezeket a tudáselemeket a felnőttekhez már csak nehezen tudjuk eljuttatni, de a felnövekvő generációk még hozzájuthatnának ezekhez az információkhoz az iskolákban. Látható tehát, hogy nagy felelősség hárul az oktatásra.

A radioaktivitás az iskolában, a követelmények oldaláról

A radioaktivitás a felfedezéséért kapott 1903-as fizikai Nobel-díj után vált szélesebb körben ismertté, a középiskolai tananyagban azonban csak majd fél évszázaddal később jelent meg. A középiskolai oktatásba csak az egy-

szerűbb, viszonylag kevés matematikai ismeretet igénylő anyagrészek épülhettek be.

A II. világháború előtt, illetve az azt követő években csak néhány jól felkészült, lelkes pedagógus tanította a témát középiskolában saját kezdeményezéséből. Ők az általuk készített jegyzetből, saját módszereikkel, tankönyv nélkül oktattak. Az általunk fellelt első tankönyv, mely a témát tárgyalja, az *Öveges József* által írt, 1954-ben megjelent *Kis fizika II.* A hivatalos állami tantervbe az 1960-as években került be a téma. *Sas Elemér* 1974-ben felvételizőknek írt könyvében (*Beszélgetések a fizikáról*) az atomfizikán belül két oldalt szentel a radioaktivitásnak. Az 1975 után íródott középiskolai fizika tankönyvek (nem önálló fejezetként) már részletesen bemutatják a jelenséget.

Az 1996/97-es tanévben megjelent Nemzeti Alaptanterv (NAT) szerint minden általános- és középiskolában el kellett készíteni a helyi tantervet. A radioaktivitást a NAT *Ember és természet* műveltségi területe Fizika tantárgyának tanterve tartalmazza. *Az atommag és szerkezete* című témakör a tanterv szerint 11 órát kap. A tantervben nem esik szó a radioaktivitás környezeti előfordulásáról, viszont említésre kerül a sugárvédelem.

Az 1999/2000-es tanévben megjelent Kerettanterv újítása, hogy a fizikától elvett egy évet a középiskolában, és még egy évet az általános iskolában. Tehát a tanterv alapján fizikát 7. osztálytól 11. osztályig kell tanulni, szemben a korábbi gyakorlattal, mely szerint 6.-tól 12.-ig (vagyis IV-ig) oktatták a tárgyat. A kerettantervben csupán 8 óra marad a teljes magfizika megtanítására. Ilyen leépítés mellett nehéz elérni, hogy a tanulóknak megfelelő kép alakuljon ki az atommaggal kapcsolatos jelenségekről.

2004-ig fizikából választható volt szóbeli vagy írásbeli érettségi. Az utóbbi évek írásbeli vizsgáinak feladatai között alig voltak radioaktivitással kapcsolatosak. Csak elméleti kérdésként merült fel néhány fogalom: rendszám, tömegszám, izotóp (1998-ban). A szóbeli érettségi feladatait a szaktanárok állították össze úgy, hogy a négyéves fizika tananyag minél nagyobb részét lefedje. Ennek megfelelően a tanár saját ízlése, a gyerekek tudása és a leadott anyag szerint elég szabadon válogathatott. Radioaktivitással kapcsolatos fogalmak így a szóbeli érettségiben is eléggé ritkán kerültek elő.

Tapasztalataink szerint az írásbeli felvételen sem volt szokás atomfizikai feladatot adni. Szóbeli felvételi fizikából az utóbbi években kevés egyetemen vagy főiskolán volt, a jelentkezők általában mentességgel kerültek be a felsőoktatási intézményekbe. Az orvosi egyetemeken nem volt mentesség, és a kiadott tételsorok mindegyikében szerepelt a radioaktivitás.

Komoly változást hozott a vizsgarendszerben az idén bevezetett kétszintű érettségi. Az érettségi kiváltja a felvételi vizsgát, és a felsőoktatási intézmények eldönthetik, hogy milyen szintű vizsgát követelnek a jelentkezőtől. Fizikából mindkét szinten kötelező az írásbeli és a szóbeli vizsga. A vizsga tartalmi követelményei között, *Az atommagban lejátszódó jelenségek* címszó (4.3.) alatt külön alfejezetként szerepel a *Radioaktivitás* (4.3.2.), amely azonban elsősorban a szorosan vett fizikai ismeretekre koncentrál. A témák között szerepel a *Mesterséges*

radioaktivitás, a követelmények között pedig előkerül a radioaktív izotópok *ipari, orvosi és tudományos alkalmazása* is. Mindez azonban egyoldalú, mert a logikailag szükséges *Természetes radioaktivitás* téma hiányzik. A követelmények között főfejezetként (4.4.) szerepel a *Sugárvédelem* témakör, és ezen belül említésre kerül a *radioaktív sugárzás biológiai hatása*, a *háttérsugárzás eredete*, valamint *az embert érő átlagos sugárterhelés összetétele* is. Ezek fontos lépések a jó irányban, kérdés azonban, hogy hogyan, és egyenként milyen részletességgel tárgyalják ezeket a témák a tanórákon.

A fizika érettségien megkövetelt ismeretmennyiség általában véve aránytalanul nagy a lecsökkentett óraszámban megtanítható tananyaghoz képest! Szem előtt tartva az elérendő célokat és az oktatásra rendelkezésre álló időt, talán érdemes lenne újragondolni a követelményeket. A helyzetet jelentősen az sem könnyíti, hogy az iskoláknak biztosítaniuk kell egy bizonyos órakeretet az emelt szintű érettségit választó fiatalok felkészítésére. Szerencse, ha ezeken az órákon sikerül pótolni a kimaradt tananyagot a résztvevő néhány diák esetében.

Érdekes módon a radioaktivitás megjelenik a középszintű *matematika* érettségire szánt példatárban, amely a jól ismert „zöld könyv”, az *Összefoglaló Feladatgyűjtemény Matematikából* felváltására készült. Például:

„845. A bizmut-214 radioaktív izotóp 10%-a 3 perc alatt elbomlik. Tudjuk, hogy a radioaktív bomlás exponenciális folyamat, az $m = m_0 \cdot 2^{t/T}$ egyenlet írja le, ahol m a pillanatnyi tömeg, m_0 a kezdeti tömeg, t az eltelt idő, T pedig az anyag felezési ideje.

a) Mekkora a ^{214}Bi felezési ideje?

b) Mennyi idő múlva marad meg az eredeti mennyiség 0,01%-a?”

A példatár még öt hasonló feladatot tartalmaz. A fenti feladat szövege félrevezető: azt sugallja, hogy a radioaktív bomlásban a tömeg eltűnik.

Hogyan és miből taníthatjuk?

Az atommag szerkezetének és a magfolyamatoknak a megtanítására jó esetben körülbelül 10–12 óra áll rendelkezésre. Nem egyszerű feladat a témához kísérletet bemutatni, mert a legtöbb középiskolában még egyszerű GM-csőves számláló sincs. Nagyon sok interaktív CD-ROM és videoanyag közül lehet választani, de a videofilmelek vagy a számítógépes szimulációk nem helyettesíthetnek igazi órai kísérleteket.

A radioaktivitás a fizikán belül olyan témakör, melyről a fiataloknak nincs saját tapasztalatuk, ezért különösen oda kell figyelni arra, hogyan alakítjuk ki az egyes fogalmakat.

Az atom szerkezete, a radioaktivitás érdeklí a diákokat. Érdeklődésüket könnyebb fenntartani, ha a tanár a szorosan vett fizikai ismeretek mellett beszél a tanultak tágabb természettudományos, társadalmi, környezeti vonatkozásairól. Az, hogy majd szó lesz az atombomba működéséről és a csernobili balesetről, a fejezet tárgyalása során folyamatosan fenntartja a diákok figyelmét. Mivel a témáról az iskolán kívül is sokat hallanak, felme-

rülő kérdéseikkel besegítenek az órák felépítésébe. A tananyag logikus magyarázatát, az órák menetét meghatározza, hogy minden fogalmat, jelenséget a történetiséghez hűen, a felfedezések sorrendjében is lehet tanítani.

Egy jó tankönyv egyaránt segíti a diákok és a tanárok munkáját. Mivel a rendszerváltás óta a tankönyvkiadás piacorientált lett, igen sok fizikakönyv, példatár és segédanyag jelent meg. A tantervek folyamatos változtatása, az iskolarendszer átalakítása (a hat- és nyolcévfolyamos gimnáziumok létrejötte, a szakiskolák képzési struktúrájának módosítása) azt eredményezte, hogy kipróbálatlan, gyakran hibás könyvek kerülnek az iskolákba. A négyhat évre tervezett tankönyvcsaládokat felmenő rendszerben adják ki: a tanároknak úgy kell választaniuk, hogy csak egy-két évfolyamra elkészült könyvet látnak, és a többi kötet még nyomda közelébe sem került. Az ilyen tankönyvcsaládokat két-három évenként átdolgozzák, ezért a tanároknak is mindig új példányt kell rendelniük ezekből (a szertárakban polcokat töltenek meg a néhány éves, de már „elavult” könyvek).

A magfizika tárgyalása abban mindenképp eltér a többi fejezetétől, hogy itt kevés a „számolás feladat”, néhány könyv nem is tartalmaz ilyet. A téma abból a szempontból is speciális, hogy kevés kísérlet mutatható be hozzá, ezért csak a könyvekben található képek és ábrák vannak a tanárok segítségére.

Napjaink fontos követelménye az oktatással szemben, hogy a hétköznapi életben is jól használható, gyakorlatias tudást közvetítsen. Éppen ezért probléma, hogy a forgalomban lévő tankönyvekben gyakorlatilag nem esik szó arról, honnan származnak, és a környezetben hol, milyen mennyiségben fordulnak elő a különféle természetes és mesterséges eredetű radioaktív anyagok. Pedig, ha ezek az ismeretek nem jutnak el a diákokhoz, akkor a további, sugárterhelésről, sugárvédelemről szóló információk megalapozatlanná, érthetlenné, félrevezetővé, sőt, ijesztővé is válhatnak. A sugárzás káros biológiai hatásáról ugyanis általában szó esik a könyvekben, és viszonylag részletesen tárgyalják a maghasadás, láncreakció, atomerőmű, atombomba témakört is. A természetes háttérsugárzásról viszont legfeljebb csak az említés szintjén esik szó, és ez az egyoldalúság kedvez a negatív érzelmi attitűd kialakulásának.

Egy nemzetközi összefogásról

Nemcsak hazánkban, hanem sok más országban is tapasztalható a lakosság félelme a sugárzó anyagoktól és az atomenergiától. A félelmet és az ezzel együtt járó bizalmatlanságot részben bizonyára az ismeretek hiánya okozza. „A világnak a magfizikáról alkotott véleménye nyomasztóan negatív.” – írja *Ray Mackintosh* [4]. Az 1990-es évek végén két nemzetközi tudósszervezet – a PANS (*Public Awareness of Nuclear Science*) és a NuPECC (*The Nuclear Physics European Collaboration Committee*) – összefogást sürgetett a fizikusok között azzal a céllal, hogy dolgozzanak ki módszereket a magfizikáról kialakult kép javítására. A sok ország fizikusai közül és fizikatanáraiból álló csapat egyik vezéregyénisége az imént idézett *Ray Mack-*

intosh lett. Alapvetően három tervet dolgoztak ki arra, hogy emberközeli hozzák az atomfizikát:

- *Népszerűsítő könyv*: ez a magfizika érdekességeit mutatja be, s széles olvasóközönség számára íródott. A könyv több nyelven is megjelent, Magyarországon 2003-ban *Az atommag – utazás az anyag szívébe* címmel került a boltokba. A könyv valóban érthetően, egyszerű nyelvezettel mutatja be a nukleonok világát. *Nukleáris tájkép* című fejezetében sokat olvashatunk arról, hogy környezetünkben hol található radioaktív anyagok. A szerzők komoly gondot fordítottak arra, hogy a radioaktivitást ne valamilyen idegen, misztikus jelenségként mutassák be.

- *Vándorkiállítás: Radioaktivitás, a természet része* címmel. „A kiállítás színes képanyaggal és kapcsolódó szöveges részekkel mutatja be a radioaktivitás rendkívül színes és sokoldalú világát. A jelenségek, alapelvek ismertetése mellett képet ad az alkalmazások igen széles területéről. Kísérleti eszközök állnak rendelkezésre a fontosabb berendezések és mérési eljárások szemléltetésére.” – olvashatjuk a kiállításról megjelent tájékoztatóban. A látványos bemutatót hazánkban a Debreceni Egyetemen és az Eötvös Loránd Tudományegyetemen láthatták az érdeklődők 2003-ban.

- *Weboldal*: a tervek szerint ez a többnyelvű internetes oldal – www.nupex.org – oktatási segédanyagokat tartalmaz majd. A legfrissebb kutatási eredményeken kívül az iskolai felkészülést segítő anyagok, képek és videofelvételek is találhatóak lesznek rajta.

Mi azonban a magunk részéről azt gondoljuk, hogy a fenti típusú akcióktól várható siker eltörpül ahhoz a hatáshoz képest, amelyet a kötelező közoktatás terepén végrehajtott alkalmas változtatásokkal el lehetne érni.

Mit kellene változtatnunk?

A fentiek szerint úgy tűnik, hogy az emberek nagy hányada egyszerűen nem tud arról, hogy a radioaktivitás főként természetes eredetű jelenség, hogy a környezetben mindenütt (még az emberi testben is) jelen van, és hogy annak nyomán keletkező (jórészt természetes eredetű) ionizáló sugárhatásnak állandóan ki vagyunk téve. De hát honnan is tudna ezekről, ha soha nem hallott vagy olvasott róluk? Ezek az ismeretek sokáig nem voltak kötelező elemei (és többnyire még ma sem azok) sem a gimnáziumi, sem az egyetemi oktatásnak, még a fizikus és fizikatanár egyetemi szakok esetében sem. (Ezzel magyarázható, hogy fizikus–fizikatanár körökben is szinte az újdonság erejével hatott a fent említett kiállítás címe, vagyis hogy a radioaktivitás a természet része.)

Mások tapasztalatai is azt mutatják, hogy gondok vannak a magfizika tanításával, és ezért a diákok és a lakosság ismeretei hiányosak és egyoldalúak. Több mint ezer 11–16 éves angol diákra terjedt ki az a felmérés, melynek eredménye szerint a diákok 84%-a vélte úgy, hogy az atomerőművek (ionizáló) sugárzás forrásai, ugyanakkor csak 33%-uk gondolta, hogy ilyen sugárzás természetes úton, a világűrben, vagy a kőzetekből is származhat. Ugyanezeknek a diákoknak 78%-a tudta, hogy a su-

gázás halálos lehet, de csak 21%-uk hallott arról, hogy az hasznos célokra, például sterilizálásra (kórokozók elpusztítására) is használható [5]. Kézenfekvőnek tűnik a feltételezés: a diákok sokkal többet hallottak az atomerőművekről és a sugárzás veszélyességéről, mint arról, hogy a sugárzásnak természetes forrásai is vannak, és hasznos technológiai célokra is alkalmazható. Mindez nyilván az oktatott tananyag egyoldalúságának és hiányosságainak köszönhető, ami aztán később bizalmatlansághoz vezet a sugárzó anyagok alkalmazásaival, a nukleáris technikával szemben. Figyelembe véve, hogy a széles körben elterjedt alkalmazások – beleértve az atomenergia békés célú felhasználását is – nélkülözhetetlenek az emberi civilizáció számára, fontos lenne mérésékelni a lakosság alaptalan kételyeit, túlzó félelmeit. Ebben segíthet az ismeretterjesztés is, de sokkal fontosabb a szerepe a közoktatásnak.

A fizikaoktatás legfőbb célja a természet megismertetése. A környezetünkben megfigyelhető jelenségeket modellező, leíró fogalmak és törvények azonban tartalmatlanok maradnak, ha nem kapcsoljuk össze őket a valós élettel, és nem mutatunk rá arra, hogy miért fontosak ezek az ismeretek az emberiség számára. Ezért a fizika tantárgy keretében is a mainál több időt kell fordítanunk a mindennapi életben való jobb eligazodást segítő, hasznos információk közlésére, még akkor is, ha ennek nyomán csökken az elvont, akadémikus jellegű, tudományos ismeretanyag közlésére fordítható idő.

A diákoknak a fentiek miatt fontos lenne többet tudniuk arról, hogy a környezetben jelenlévő radioaktív anyagok hogyan és mikor kerültek a környezetbe, és a környezet egyes elemeiben hol és milyen mennyiségben fordulnak elő. Ennek alapján reálisabban tudnák megítélni, hogy ezek milyen veszélyt jelentenek az élőlényekre és az emberre. Tudniuk kellene továbbá arról is, hogy az

ionizáló sugárzásoknak a radioaktivitáson kívül más forrásai is vannak, és hogy az ionizáló sugárzásoktól származó egészségi kockázatok hogyan viszonyulnak a mindennapi élet más kockázataihoz. A divatos szakszavak használatával azonban óvatosabban kellene bánni. A „sugárvédelem” szót például csak olyan szöveggörnyezetben kellene használni, amikor ténylegesen a (túl nagy mennyiségű) sugárzás elleni indokolt védekezésről esik szó. A sugárvédelem szó túl gyakori és indokolatlan használata (pl. a természetes környezeti sugárzással kapcsolatban) ugyanis a laikusokban azt a tévképzetet erősítheti, hogy az ionizáló sugárzás mindig, minden formájában veszélyes dolog, amely ellen minden körülmények között védekezni kell. E cikk második szerzője ebből a megfontolásból javasolta annak idején, hogy a kétszintű fizika érettségi követelményrendszerében a 4.4. téma címe *Sugárvédelem* helyett *Ionizáló sugárzások* legyen, de javaslata nem talált meghallgatásra.

Az a véleményünk, hogy a radioaktivitással és a nukleáris technika alkalmazásával szemben megnyilvánuló félelmeket, szorongást, bizalmatlanságot jelentősen oldani lehetne azzal, ha változást tudnánk elérni az oktatott ismeretek tartalmában és hangsúlyjaiban a fent körvonalazott irányok mentén, és ehhez hozzá tudnánk igazítani követelményrendszerünk és tankönyveink tartalmát és szemléletmódját is.

Irodalom

1. Z. JAWOROWSKI: *Radiation risk and ethics* – Physics Today 52 (1999) 24–29
2. *A nemzetközi Csernobil-vizsgálat* – Fiz. Szemle 42 (1992) 375
3. *Temelin és a bétlábú zsiráf* – Fiz. Szemle 52 (2002) 85
4. R.S. MACKINTOSH: *Telling the world about nuclear physics* – Physics Education 36 (2001) 35–39
5. E. BOYES, M. STANISSTREET: *Children's ideas about radioactivity and radiation: Sources, modes of travel, uses and dangers* – Res. Sci. Technol. Educ. 12 (1994) 145–160

A XXVIII. ORSZÁGOS ÁLTALÁNOS ISKOLAI FIZIKATANÁRI ANKÉT ÉS ESZKÖZKIÁLLÍTÁS

A XXVIII. Országos Általános Iskolai Fizikatanári Ankét és Eszközkiallítást 2004-ben június 21–25. között Karcagon rendezte meg az Általános Iskolai Oktatási Szakcsoport. Az általános iskolai fizikatanárok számára szervezett legrangosabb szakmai konferenciának több mint 110 résztvevője volt. A sikeres rendezvényen hagyományosan sok olyan általános iskolai tanár volt jelen az idén is, aki 30 óras akkreditált továbbképzésként teljesítette azt.

A magas színvonalú szakmai tanácskozásnak a Karcagi Déryné Művelődési és Ifjúsági Központ adott helyet és biztosított kellemes körülményeket. A megnyitó ünnepélyességét fokozta a tehetséges karcagi gyerekek szereplése, az ízesen előadott vers (*Kunsági Elégia*), az élvezettel bemutatott néptánc (rábaközi ugrós) és az ugyancsak helyi ihletésű próza.

A díszelnökségben helyet foglaló *Fazekas Sándor*, Karcag polgármestere meleg szavakkal köszöntötte az ideérkezőket és kifejtette: Karcag – a Nagykunság fővárosa – elismerésnek és megtiszteltetésnek tekinti, hogy a rendezvénynek helyet adhatnak. *Németh Judit* akadémikus, az ELFT elnöke röviden, tömören tartalmaz egyúttalét kívánt, *Csákány Antalmé*, az Általános Iskolai Oktatási Szakcsoport elnöke pedig nyitó beszédében az ankét mottójára kívánta felhívni a figyelmet: „Az iskolának tekintettel kell lennie a tudomány és a társadalom változásaira” – idézve *Nagy Károly* professzort (ELTE).

A megnyitó alkalmával került sor a 2004. évi Mikola-díj átadására, amelyet eddigi eredményes munkája elismeréseként FÜLÖP VIKTORÉ mosonszentmiklósi és HORVÁTH-NÉ FAZEKAS ERIKA szegedi fizikatanár kapott. Ebben az