

fizikai szemle

AZ EÖTVÖS LORÁND FIZIKAI TÁRSULAT LAPJA

Alapította Eötvös Loránd 1891-ben Mathematikai és Physikai Lapok néven

XX. évfolyam

1. szám

1970. január

FIZIKA TÍZEN ALUL

Marx György

ELTE Elméleti Fizikai Intézet

Albert Einstein mesélte egyik önéletrajzi írásában, hogy természettudóssá válása tekintetében nem sokat köszönhet egyetemi tanulmányainak. Többet jelentett számára a szöszmötölés egy mágnespatkóval, amelyet kisgyerek korában kapott nagybátyjától.

A mai általános iskola (és gimnázium) sok szertefoszló adat mellett két maradandó készséget nyújt mindenkinek: a matematikai és nyelvi gondolkodásmódot. Mindenkit sikeresen megtanítunk, hogy a munkahely vagy mindennapi élet problémáit számokká absztrahálja, a számokkal elemi logikai műveleteket végezzen el, és egyértelmű eredményre jusson. Változó mértékben, de minden gyerek képessé válik arra, hogy gondolatait (érzelmeit és következtetéseit) árnyaltan és kifejezően formázza, elvont témákról anyanyelvén beszélni és írni tudjon. Csak később (és kisebb hatékonysággal) építjük fel a történelmi szemléletet (összefüggések, okok és okozatok, változásra vagy szintézisre vezető ellentétek, fejlődés és hanyatlás felismerését a társadalomban). Még későbbre marad (sokaknál el is marad) a természettudományos gondolkodásmód kifejlődése. Ezeket a tényeket vette tudomásul az az intézkedés, amely a kötelező érettségit három tantárgyra (magyarra, történelemre, matematikára) redukálta.

Természettudományos ismereteket tíz éves kortól kezdve több tantárgy keretei közt tanítunk, de ezekből húsz éves korig nehezen bontakozik ki a világ természettudományos szemlélete. A biológiai oktatás színvonala ma rohamosan fejlődik, de még mindig erősen kísért a leíró természetrajzi nézőpont. A fizikában matematikai nehézségekre szoktak hivatkozni, amikor az átfogóan egzakt megalapozás kerül szóba. Magam a gimnáziumi kémiában sejtettem meg először, mi a természettudomány.

A természettudományos kultúrát legtöbbször csupán az egyetemen sikerül meggyökeresíteni a fiatalok azon kicsiny hányadában, akik valamilyen természettudományra támaszkodó szakot választanak hivatásul. (Éz indokolja, hogy például az elméleti fizika oktatása az elemi tapasztalatokból és kategóriákból indul el, alig támaszkodik a korábbi tanulmányokra.) Még az egyetemi hallgatóknál is fenyeget a veszély, hogy a kiforratlan természettudományos kultúra helyett a korán elsajátított matematikai vagy nyelvi kultúrára támaszkodnak. A vizsgán a formális levezetésekre összpontosítanak, vagy szép mondatokat mesélnek, de nem hatolnak le a jelenségekben tükröződő természettörvények élményszerű felismeréséig. Hiába: a huszonevesek feje talán már túlságosan felparcellázott mező.

Hogy az anyagi világ megértése, a természettudományos kultúra formálása utolsónak marad, hogy ezt időben (tehát hatékonyságban is) megelőzi a matematikai és nyelvi kultúra elültetése, az a világ rendjének fejtetőre állítása. A matematika és az irodalom sokkal absztraktabb, mint a természet ismerete. Nehéz lenne kétségbe vonni azt az állítást, hogy a természettudományos szemlélet kialakításának előkészítenie, nem pedig követnie kell az áttételesebb matematikai és irodalmi műveltséget. Ezt kínálja az univerzum struktúrája, és ezt követeli az éppen kibontakozó tudományos-technikai forradalom. (A „tudomány” szó ebben az összetételben elsősorban természettudományt jelöl.)

„Mint egyetemi oktató régóta gyanítottam, hogy hallgatóim szellemi munkával kapcsolatos nehézségeit nem maga az egyetemi munka bonyolultsága okozza, hanem elsősorban otthoni háttérük és neveltetésük első évei. Például arról a hallgatóról, aki nem képes megérteni Ptolemaiosz csillagászati világképét, kiderül, hogy nincs élményszerű tapasztalata a mozgás egyszerű és nyilvánvaló relativitásáról, vagy fény és árnyék geometriai viszonyairól. Az ilyen hallgató szellemi képességeit egy *Vissza az elemibe!* jellegű laboratóriumi gyakorlat néha drámai hirtelenséggel fölszabadítja: — Fordulj meg a sarkadon a fejed hátrahajtva, amíg nem látod a mennyezetet, azután fordulj a másik irányba, és közben ne ess hátra!” David Hawkinsnak, a Colorado Egyetem fizika professzorának szavait akár a pesti egyetem oktatói is elmondhatták volna. Idézzünk ezután egy szovjet folyóiratot:

„A mai gyerekek sokkal fejlettebbek, mint mi voltunk 30–40 évvel ezelőtt. Szélesebb az érdek-

Előadás a miskolci vándorgyűlésen, 1969. augusztus 23.

lődésük és nagyobb ismeretanyagot raktároznak el. De ezeket a tényezőket a jelenlegi tanítási rendszer nem veszi figyelembe, képességüket és fejlettségüket alulértékeli. Az alsóbb osztályokban a tanítás üteme túlságosan lassú, de az ötödik osztálytól kezdve a gyerekek el vannak árasztva munkával. Az iskolai munka megkönnyítésének eszközeit és lehetőségeit régóta vitatják szülők, tanárok, szakértők, nem beszélve magukról a tanulókról. Talán elérkezett az ideje, hogy beható pillantást vessünk az iskolai tananyagra. Vegyük tudomásul, hogy a gyerekek agyára csak olyan tanítási rendszer képes ösztönzően hatni, amelyik bőséges gondolatanyagot kínál. Ezt az alapelvet a kísérletek fényesen igazolták.”

Mit lehetne oktatni az alsótagozatban? Semmiképp sem a felsőtagozatos vagy gimnáziumi fizikát, kémiát. (Annak logikai struktúrájával még a felső osztályokban is elég bajunk van. Nehéz beletörődni, hogy a matematikai igényekre hivatkozva előbb tanítjuk az atomok elektronszerkezetét, mint a természet legegyszerűbb és legfontosabb sajátságát: a tehetetlenség törvényét.) Ha tömören akarok fogalmazni, azt kell mondanom: *az általános iskola alsó tagozatába az egyetemi tananyag egy részét kell áttennünk.* A természettudományos gondolkodás alapjait kell elsajátítaniok a tíz éven innenieknek.

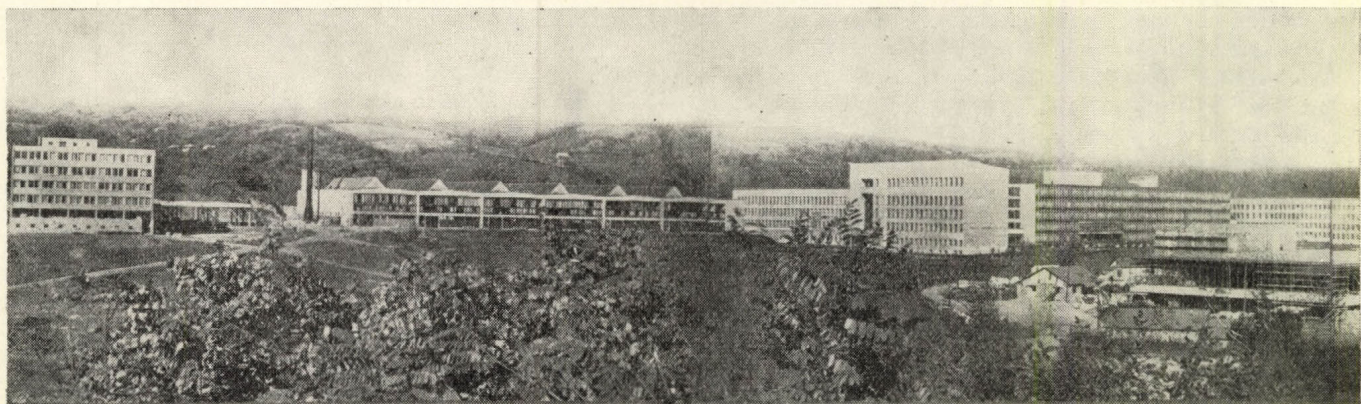
Meglepőnek hangzik ez a célkitűzés, pedig így természetes. Ugyanezt ismerte fel a kísérleti matematikaoktatás is. A matematika axiomatikájában és a gyerekszobában egyaránt megelőzik a számokat a halmazok, az egyenleteket az egyenlőségek. *Kisebb* vagy *nagyobb* primitívebb fogalmak az *egyenlőségjelnél*. A kupac dió a primitív népeknél is előbb van, mint a 18-as szám. Csak a konvencionális tanmenet számúzta ezeket az egyszerű alapfogalmakat az egyetemre.

A 6–10 éves gyerekek még a tanítónéni szoknyájába kapaszkodnak, de később már nem fogják ilyen sokszor kérdezni, mint most: „*Miért?*” A kicsik a gyerekszoba és Városliget játéktárgyai közt élnek, de gyűlő tapasztalataik már az egyseges univerzumra vonatkoznak. A piros pöttyös labdák ugyanazokat a fizikai törvényeket követik, mint a laboratórium kísérleti eszközei. Innen, előlről, a labdáktól kell indulnunk.

Az első osztály nem kezdődhet mással, mint az *anyag* objektív fogalmának kialakításával. A gyerekek egymás után raknak ki a padra különböző tárgyakat: ceruzákat, kavicsot, babát. Mind anyag. Ki tud még többet mutatni? A cica is az, mi is azok vagyunk, sőt a víz és a szél is. A kacat-halmot kupacokba válogathatjuk. Puha és kemény tárgyak. Sima és érdes tárgyak. Vadonlett és gyárbankészített tárgyak. Hányféle módon lehet egy marék színes gombot szétválogatni? Ki tud más szempontot, az anyagban más tulajdonságot felfedezni? Pompás játék, egyben a természet-tudományos kutatás módszerének követése.

Közben elkerülhetetlenül megérkezünk a halmaz és szárosság fogalmához. Kevesebb és több. Egyenlő. Összeadás és kivonás. Innen már leágazik a számtan tanítása. De megmarad egy izgalmas kérdés: hogyan határozhatjuk meg a folytonosan osztható anyag (homok, víz, gyurma) mennyiségét? Akinek van gyereke, otthon is csinálja meg a kísérletet: Két egyforma üvegből egyenlő vízmennyiséget keskeny, ill. széles talpú pohárba öntünk. Melyikben van több víz: ahol magasabban áll, vagy ahol nagyobb a vízfelület? Rádöbbenünk, hogy tízéves korig milyen kevés gyerekek van élményszerű fogalma az anyag megmaradásáról. Másik kísérlet: két ugyanakkora agyagpogácsát teszünk a gyerek elé. Egyikből kigyót, másikból golyót gyúrunk, majd egymás mellé tesszük őket. Melyikben több az anyag? Hogy lehetne ellenőrizni az adott választ? Egyforma poharakban ugyanolyan magasan áll a víz. Egyikbe a kigyót dobjuk bele, másikba a golyót. A víz ugyanakkorát emelkedik. Hosszú öntévekeny kísérletsorozat, játékos szöszmötölés után rögződik fejükben élményszerűen az anyag megmaradása. Rajtunk áll, hogy ez teenager korban történik-e meg, vagy már hatévesen. De tartalmat csak ezután nyerhet bennük a súly- és térfogatmérés. Csak ezután érdemes megtanítani, hogy hány deci van egy literben.

A második osztályban (biztos anyagfogalom, objektíven mérhető tulajdonságok ismeretében) tovább mehetünk. Ha ránézünk egy izgalmas képre, nem összefüggéstelen tárgyak halmazát látjuk, hanem a *story* is kitűnik. *Kölcsönhatások.* A mágnes vonzza a vasat, de a vas is húzza a



mágnest. A kés elvágja a fát, de a kés is kicsorbul. A ceruza teleírja a papírt, de a ceruza is elkopik. A fiú pofonvágja a barátját, de az ő keze is bele-vörösödik. (A mai oktatási forma mellett az *akció-reakció* elve még 15 éves fiúk számára is idegen.)

Újabb kép: fiú és leány közt labda a levegőben. A story világos: labdáznak. De merre repül a labda? Egy kép nem elég: képek egymásutánja kell. Így már látjuk, hogy a fiú dobta a labdát a leánynak. Az anyag mozog. Egy képpár kerül elénk: hosszú gyertyaszál és csonkig égett gyertya. Másik képpár: telefirkált papír elkopott ceruzával és tiszta papírlap ép ceruzával. Melyik volt előbb és melyik később? Meg tudják mondani a gyerekek is. Tudatosul bennük az irreverzibilis folyamat fogalma. (Nem fogalmazzuk meg a termodinamika II. főtétele, de ők megsejtik.) Égő gyertya, lengő inga, növekvő gyermek: változó anyag. Lassan kifomálható az *időfogalom* (voltaképpen a sajátidő) nem mint a mozgás eleve jelenlevő kerete, hanem mint a mozgó anyag viselkedéséből leszűrt absztrakció. Ezután (és nem ezelőtt) kerülhet sorra a kérdés: hány perc van egy órában, hány másodperc egy percben?

Ha egy kölcsönhatást veszünk szemügyre, van, ami fontos, akad, ami lényegtelen. A verekedésor a két fiú érdekel, az utca szélén heverő iskola-táska vagy az égen úszó felhő mellékes. A végtelen univerzumot tudatosan szűkítjük össze az éppen „dolgozó”, bennünket érdeklő tárgyakra. Kialakítjuk az anyagi rendszer fogalmát. Ezenközben újabb év telt el öntevékeny tanulói foglalkozással, sok játékkal és sok „*Miért?*” kérdéssel.

A harmadik osztályban sorra kerül a *helyzet* és *sebesség* fogalma. „Hol vagy?” — kiabál a mama. — „Itt!” — feleli a gyerek, de közben tovaszalad vele bátyja, aki biciklin hordozza. Felismerjük, hogy helyzet és mozgás vonatkoztatási rendszerhez viszonyított fogalmak. Ragyogó játéklehetőségeket rejt magában ez a téma, nagyokat nevetünk, ahogy egyik vonatkoztatási rendszer megfigyelője a másikkal felel. (Robert Karplus berkeleyi professzor „Relativitás” című alsótagozatos tankönyve játéknak is izgalmas, mégis közelebb visz a relativitás elvéhez, mint sok nagy-

képű ismertető, amit gimnazistáknak és felnőtteknek írtak.) Einstein megkérdezett egy gyermekpszichológust: mi alakul ki bennünk előbb, a sebességnek vagy az egyetemes időnek (távoli események egyidejűségének) a fogalma? Ma tudjuk, hogy távoli órák csak véges sebességű jelekkel szinkronizálhatók. Valószínűleg a gyerek is előbb jut el a sebesség (előzés, lemaradás) absztrakciójáig, mint a rendszeridő bevezetéséig. Tág tere van itt az öntevékeny, mégis tervszerű természettudományos fogalomépítésnek.

A negyedikesek már biztosan tájékozódhatnak, messzire néznek. Autón—vonaton utazva megnyilvánul előttük a tehetetlenség elve. Kvalitatíven eljuthatnak akár Newton axiómáig. Nézhetik az égitestek mozgását, a Nap keltét és nyugtát, a Hold fázisváltozásait, a csillagos eget. Még nem veszik észre az epiciklusokat és ellipsziseket, de már kezdik átélni, hogy égen és földön azonos természettörvények nyilvánulnak meg. A gyerek-szoba, az osztályterem és a csillagos ég ugyanazt a színjátékot mutatja számukra: az objektív törvények szerint mozgó anyagot. Az alsó tagozatban még van idő játékra, tapasztalatszedésre, kérdésre. Talán elérhetnek a mai tízévesek addig, ameddig néhány száz esztendeje Leonardo, Kopernikus és Galilei jutott el. Élményszerűvé lesz számukra sok olyan elemi összefüggés, mint anyagmegmaradás, a helyzet és mozgás relativitása, irreverzibilitás, anyagi rendszer, vonatkoztatási rendszer, megismerhető anyag, objektív mérés és egyetemes természettörvény.

Erre támaszkodva a felső tagozatban elindulhat a differenciált természettudományos oktatás. Már jöhet Archimédész törvénye, a házicsengő és az atommodell. Jöhet az euklideszi geometria és a differenciálszámítás. Jöhetnek a kémiai és a biológiai mozgásformák. A társadalom és a művészet is.

Ebben a vázlatban csak lehetőséget kívántam szemléltetni, az egyik lehetséges úton futottam végig. Nem csupán a gombok, vizespoharak és a dagadó Hold használható fel szöszmötölésre, önálló tudományos felfedezések elérésére, a természet egyetemes összefüggéseinek megsejtésére, hanem zseblámpaelemek, élesztőgombok és

A Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem



békák is, vagy akár az osztály. Lépésről lépésre kell haladnia a tanulói kísérleteknek, de a témákat mindig a gyerekszobából, a konyhából, a játszótérről kell választanunk. Nem szabad elidegenítenünk a gyereket a természettől, hiszen ő is része annak. A nagyképű ismeretközlés helyett játsszunk együtt a kicsikkel, hiszen ők így tanulnak születésüktől kezdve. Ha észrevétlenül segítünk egy kicsit ebben a tájékozódásban, megkönnyítjük számukra a leendő egyetemi kollégiumok megértését. (Ezt teszik a kísérleti matematika-oktatás képeskönyvnel kedvezőbb munkalapjai is.)

A magyar gyerekek tízéves korukig nem részesülnek következetes természettudományos nevelésben. Külföldi kísérleti iskolákban Kirgiziától Kaliforniáig már folyik az egységes természetismeret oktatása. Beszerezhető az I, II, III, IV általános természettudományi tankönyvei is. Külön folyóirat foglalkozik a problémával. Nekünk is meg kellene próbálnunk egyet előrelépni. Nem számíthatunk e téren egyedül a tanítókra. (A képzőkben nincs természettudományos nevelés, majdnem megszüntették a matematikát is.) Világszerte mindenütt tanítók és valamilyen főiskolai-egyetemi tanszék együttműködésével folyik az oktatás. A számunkra legalkalmasabb módszert nekünk kell majd kikísérleteznünk. Olyan közzé kell tennünk a természettudományos műveltség megteremtését, mint ahogy a matematikus társadalom tette a matematikával. Ha az alsó tagozatban eredményt értünk el, erre ráépíthetjük a magasabb osztályok differenciáltabb tantárgyait. Nem biztos, hogy a felső tagozatban vagy gimnáziumban a fizika, kémia (és biológia?) összevonása a legjobb megoldás (noha ennek hívei egyre szaporodnak világszerte). De szintézisre a gimnázium végén is szükség lesz. Atomfizika, kémia és molekuláris biológia nem élnek meg egymástól elzártan. Ha közös munkával 6 és 18

éves kor közt megteremtjük a természettudományos gondolkodás kialakításának feltételeit, szükségszerűen megszületik majd a természettudományos érettségi tantárgy is. Idézzük befejezésül Linus Paulingot, aki a kémia és a béke Nobel-díját egyaránt elnyerte:

„Most eljött az ideje, hogy a természettudományt a tanulmányi terv részévé tegyük minden osztályban, minden szinten. Szükség van naponta egy természettudományi órára az óvodában, az első általánosban, a másodikban, a harmadikban, és így tovább. Minden fiúnak és leánynak, aki elvégzi az általános iskolát, úgy kell tudnia a természettudományt, ahogy a számtant, nyelveket és történelmet ismeri. Minden fiúnak és leánynak, aki befejezi a gimnáziumot, még többet kell tudnia a természettudományból. Minden egyetemi hallgatónak a teljes természettudományra vonatkozó határozott tájékozottság birtokában kell megkezdenie tanulmányait, — hasonlóan ahhoz, amilyen matematikai képzettséggel rendelkezik e szinten, — hogy egyetemi éveit a választott hivatás fejlődő problémáinak szentelhesse. Csak így készíthetjük fel az életre a modern világ embereit. Csak az így nevelt társadalom lesz képes megoldani azokat a szociális és etikai problémákat, amelyekkel ma szembenéz a világ.”

MAGYAR NYELVŰ IRODALOM

- Robert Karplus*: Találkozás O bácsival. Fizikai Szemle 1964. április
J. M. Atkin: Felfedezés és meglátás. Fizikai Szemle 1966. január
David Hawkins: Szöszmötölés a fizikában. Fizikai Szemle 1967. október
Leonid Zankov: A 21. század polgárai. Fizikai Szemle 1967. november
 Kapcsolat. (A komplex matematika-tanítási kísérlet havi tájékoztatója.) Országos Pedagógiai Intézet 1968 — 1969.

ÁLTALÁNOS ISKOLAI FIZIKAOKTATÁS

Pálffy Györgyné
Tanárképző Főiskola, Pécs

Jelenlegi oktatási rendszerünkben a fizika alapjait az általános iskola felső tagozatában tanítjuk, ezért a fizikaoktatás egészének megjavítására irányuló törekvéseinknek már az általános iskolában érvényesülnie kell.

Társulatunk munkájában egyre jelentősebb szerepet kap a fizikaoktatás. Ebben az évben — a régen működő Középiszkolai Bizottság mellett — megalakult az Általános Iskolai Bizottság is. Most először a Társulat nagyobb plénuma előtt esik szó az általános iskolai fizikaoktatásról. Ezért szeretném az általános iskolai fizikaoktatás jelenlegi helyzetét és az oktatás eredményességének növelésére irányuló törekvéseinket röviden ismertetni.

Az 1945-ben érvényben levő nyolcosztályos népiskola tantervben a fizika nem szerepelt önálló tárgyként, hanem csak a „természeti, gazdasági és egészségi ismeretek” megnevezésű tantárgy tartalmazott fizikai vonatkozású részeket. Felszabadulásunk után az újonnan létrehozott általános és valóban nyolcosztályos iskolában volt a fizika először önálló tantárgy. 1947-ben jelent meg az első általános iskolai fizikatankönyv a 7. osztály számára, ahol heti 3 órában oktattuk. 1950. óta a 7. osztályban heti 3 és 8. osztályban heti 2 órában tanítottunk már fizikát. Az eredmények mellett hiba volt, hogy az általános iskolai fizikatananyagot lezártnak tekintettük és ezért sokat akartunk adni a 12–14 éves tanulóknak. Az 1961. évi iskolareform érdeme, hogy már a 6. osztályban is tanítjuk a fizikát, tehát három éven át, összesen heti 6 órában az eddigi 5 helyett, a gyermekek mindennapi tapasztalataihoz kötve,