

## Problémamegoldás, alkalmazás és tudásátvitel a középiskolai fizikában

*A Nemzetközi Fizikai és Matematikai Diákolimpiák eredményeire tekintve vagy Marx György „A marslakók érkezése (Magyar tudósok, akik nyugaton alakították a 20. század történelmét)” című könyvét lapozgatva a magyar embert büszkeség töltheti el. Ugyanakkor nemzetközi és hazai vizsgálatok azt mutatják, hogy az utóbbi időszakban a magyar iskolások teljesítménye romlik a természettudományos területeken. (1) Nehéz a két dolgot összeegyeztetni.*

A közelmúlt teljes közoktatást érintő vizsgálatai és a szakirodalom szerint a fenti szélsőség a magyar iskolarendszer hatékonyságának megítélésében is jelentkezik. Az ellentmondásnak tényszerű alapja van, és e kétség értelmzésében ma már a kognitív pszichológia eredményei segítségül hívhatók (Csapó, 1998).

A teljesítmény negatív változása a részproblémák oldaláról vizsgálható, a nehézségek kezelése azok ismeretében lehetséges. Ebből kiindulva folyt empirikus vizsgálat a fizika területén, a tanítás folyamatának és eredményeinek problémái közül elsősorban a tudás átvitelére és alkalmazására, azok sikerességére, minőségére koncentrálna. (A gondok túlmutatnak a szakterületen, mert nemcsak a tárgyi tudással, hanem problémamegoldással, más természettudományos ismeretekkel, közülük elsősorban a matematikai alkalmazással is összefüggenek. A fizika területéről kinyúló transzferkövetés révén a mérés kapcsolódott egy hasonló matematika-méréshez.) (Lángné, 2001)

### A természettudományok helyzete

A hazai természettudományos nevelés az előző század második felében nem szorult háttérbe. Az utóbbi időszakban azonban olyan jelzések, tendenciák mutatkoznak világviszonylatban is, hogy külön kell figyelni a természettudományok iskolai reprezentációjára, a nevelésben való szerepére.

A természettudományok – így a fizika – tanításának gyakorlata, eredményei és népszerűsége összefüggnek a társadalmi megbecsültséggel. Az OECD évek óta foglalkozik a társadalom és a tudomány viszonyával. A fejlett országokban már a nyolcvanas évek végétől jelentkezett egy tudományellenes hullám. Megnőtt a tudománnyal szembeni kétség: azok az ígéretek, amelyeket a tudomány fejlődése 1945 után felcsillantott az élet jobbítására, nem teljesültek a várakozások szerint, és ez kiábrándultságot keltett. Hazai szociológusok is megvizsgálták a magyar lakosság 1000 fős reprezentatív mintájának a tudománnyal és a technikával kapcsolatos véleményét. Választ kerestek arra a kérdésre, vajon a fent körvonalazott jelenség mennyire jellemző hazánkban és miért megy egyre kevesebb fiatal az egyetemek természettudományi szakjaira. A fiatalok természettudományoktól való elfordulása főleg az angolszász országokban volt feltűnő; ott szabad választás szerint – főleg a lányok – már középiskolában sem tanultak természettudományokat. Nálunk is mutatkozik hasonló jelenség: a magyar diákok is inkább „gyorsan megtérülő” életpályákat választanak szívesebben. (Németh, 2000) A vizsgálat eredménye ab-

ból a szempontból megnyugtatóan bizonyult, hogy az embereket nagyon érdekli az orvostudomány, a környezetszennyezés, az új találmányok, a gazdaság. Remélhetőleg ez a fiatalok pályaválasztásában is megmutatkozik majd.

A fentiek szerint a tudományos ismereteket közvetítők feladata nem lenne könnyű még akkor sem, ha az oktatáspolitikai ideálisan tervezett rendszerében dolgozhatnának. Pedig köztudott, hogy a valóság az eszményinek legfeljebb a közelítése lehet. A mai valóság pedig az, hogy szerte a világban nagy nehézségek közepette zajlik a hagyományos természettudományos nevelés. A problémák kirajzolódása a különböző országokban változatos és időben is eltérő megjelenésű, okai pedig több tényezőre vezethetők vissza. Az egyik kérdéskör korunkkal, a hatalmas ismeretanyaggal hozható kapcsolatba. A másik kérdéskör pedig ott gyökerezik, hogy a nevelés és oktatás nem nélkülözheti a fejlődéslektant ide vonatkozó eredményeit, a tudás keletkezésének és felhasználásának ma már ismert törvényszerűségeit. A fejlett ipari országok a természettudományokkal kapcsolatos tudás közvetítésének lehetőségeit – felismerve annak jelentőségét – külön program szerint kutatják. Törekvéseiket, eredményeiket a „természettudományos nevelés” megjelölés foglalja össze. E nevelést szűkebb és tágabb körben is értelmezik. Mindenesetre egyik értelmezés sem merül ki az ismeretek rigorózus továbbításában. A mai magyar helyzetre jellemző, hogy a tanulók teljesítményei folyamatosan csökkennek, a tanulók természettudományi tudása az oktatás sajátosságai miatt inkább elméleti jellegű, és mindezek mellett a tanulók nem szeretik a természettudományi tárgyakat – különösen a kémiát és a fizikát (Csapó, 1999a).

---

*A természettudományok – így a fizika – tanításának gyakorlata, eredményei és népszerűsége összefüggnek a társadalmi megbecsültséggel. Az OECD évek óta foglalkozik a társadalom és a tudomány viszonyával. A fejlett országokban már a nyolcvanas évek végétől jelentkezett egy tudományellenes hullám. Megnőtt a tudománnyal szembeni kétely: azok az ígéretek, amelyeket a tudomány fejlődése 1945 után felcsillantott az élet jobbítására, nem teljesültek a várakozások szerint, és ez kiábrándultságot keltett.*

---

#### *A fizika helyzete*

A fizikával kapcsolatos mérések eredményei az utóbbi időszakban romlást mutatnak. Azokon a területeken jelentős a lemaradásunk, amelyek a leginkább eszköztudásnak tekinthetők. A magyarországi Monitor '97 vizsgálat nyilvánosságra hozott adatai szerint a 10. osztályosok (szakközépiskolások és gimnazisták

együtt) természettudományos teljesítménye romlott a leglátványosabban. (Vári, 1999b)

A társadalmak a globalizáció kibontakozása folytán a fejlődés kritikus szakaszához érkeztek. Az ipari forradalom információs forradalomba torkollott. A gazdaságban dolgozók száma lecsökkent, a szolgáltatás jelentősége megnövekedett. (Nagy, 2000) Az új kihívások szerint a szellemi energia, az érvényes tudás, a képességek fejlettsége, az információkezelés minősége meghatározó szerepű. Ugyanakkor a középiskolás korosztály alsó határvonala egységesen lefelé mozdul, a nemzetközi mérésekben a preferált tudás nem tantárgyközpontú, hanem gyakorlati jellegű lett. Az alkalmazásnak pedig feltételei vannak. (Nagy, 2000) Mindezek mellett az oktatási rendszerünk expanziója, folyamatos szerveződése zajlik.

A fizika néhány sajátos gondja:

- a képzési ideje nem áll harmonikus viszonyban a tananyagmennyiséggel;
- sajátos és hierarchikus fogalomrendszere van, matematikai egzaktuság jellemzi, jelenségek számtalan variációban történő összekapcsolódását kell kezelnie, a tévképzetek megjelenésének nagy valószínűsége (Korom, 2000) mellett;
- a gyakorlati alkalmazás nem nélkülözheti az elméleti tudást;

– a fentieket az érettségi vizsga követelményeinek maximalizmusa tetézi, valamint a tárgyi feltételek nem megfelelő volta (Ide sorolhatók a felszereltségben mutatkozó hiányosságok; a nagyobbrészt nagy létszámú tanulócsoporthoz történő oktatás; a szaktanárok magára hagyatottsága. A fizikatanárok más kísérletekre alapozott tantárgyakat tanító kollegáikhoz hasonlóan „önmaguk technikusai”);

– a tartalom és követelményrendszer tisztázatlansága;  
 – más tantárgyakra utaltság (például a matematikai ismeretek szükségessége);  
 – a természettudományos műveltség társadalmilag alulértékelt helyzete. Ezt most a központi szándék nem igyekszik javítani, legalábbis nem ez az elsődleges célja (Szuzyogh, 2000);

– a szaktanárok esetleges tájékozottságbeli hiányosságai elsősorban a nemzetközi és az országos tendenciák ismerete területén;

– tanításmódszertani és értékelési problémák abban a tekintetben, hogy a nevelési-oktatási folyamat nem figyel eléggé a befogadó tanulók sajátosságaira, nem fejleszti kellő figyelemmel és szakszerűséggel a képességeket, nem építi ki a tudásháló egy megfelelő szintjét. Az osztályzatok nem fejezik ki a gondolkodás minőségét. Ezek kimutatása szten-derdizált tudásszintmérő tesztekkel volna lehetséges. Az egycsatornás értékelésünk képtelen egyidejűleg objektíven minősíteni és a szükséges mértékben motiválni (*Csapó*, 1998);

– az iskolán belüli és kívüli motivációs problémák sem elhanyagolhatóak.

### Gondolkodás, problémamegoldás

A kognitív pszichológia egyik fő kutatási területe ez. Különböző elméletei ugyan nem alkotnak még egységes egészet, de együttesen számos problémát értelmezhetővé tesznek. Legfőképpen tudatosság, célvezéreltség s az jellemzi, hogy a felhasznált ismeretek jellege és mennyisége nagyon változatos.

A gondolkodási folyamat egyik kiemelkedő megnyilvánulási lehetősége a problémamegoldás, amely az iskolai munkának és a mindennapi tevékenységnek egyaránt központi eleme. Jellemezheti irányítottság – tipikusan iskolai módozat – vagy asszociációs működés. Más megközelítésben tudásszegénység vagy tudásgazdagság. Megvalósulhat kiszámítható lépésenként – algoritmikusan –, de jelentős szerephez juthat benne a heurisztika is. Bármilyen dominál is benne, nem lehet a képességeket és a tudást szétválasztani. A problémater-elmélet szerint a problémamegoldás alternatív lehetőségek egész halmazának irányított átvizsgálása a kiindulási állapotból a célállapotba vezető úton. Az út és a befutásához szükséges idő feladatonként és egyénenként változó, ugyanis a munkamemória kapacitása korlátozott, az információmozgatás sebessége tág határok között változhat. Kísérletekkel alátámasztott tény, hogy a logikailag azonos (izomorf) feladatok megoldása eltérő időket vesz igénybe, ugyanis az emberek számára pszichológiailag egyáltalán nem egyformán nehezek a feladatok. A sikerességen kívül a megoldási időben is megmutatkozik a tartalomszpecifikusság. Akár 10–12 perces időkülönbség is produkálható.

A problémamegoldás a gondolkodási műveletek igen bonyolult szerveződése. A problémák sokfélesége mellett az egyének is sokfélék. Választásaik, megoldásaik szintén. A szervezett fejlesztés alapja az lehet, hogy bizonyos alapvető működésekben viszont elég nagy az egyformaság. (*Mérő*, 1996)

### Az induktív gondolkodás

A gondolkodás irányát tekintve megkülönböztethető annak induktív és deduktív módja. A szakirodalom mindegyik tekintetében gazdag.

Szűkebb értelemben az induktió lényege egyedi példákból általánosabbra való következtetés, tágabb értelemezésként pedig kiterjesztő következtetés. Az induktív gondolko-

dás elemei között szerepelnek: az analógiák felismerése, képzése; fogalmak formálása; szabályszerűségek megtalálása; kapcsolatok felismerése. Összetevői és a gondolkodásban betöltött szerepe következtében az általános intelligencia meghatározására is alkalmas. Tesztekkel való mennyiségi mérésének bevált gyakorlata, megbízható eredményei vannak (Csapó, 1998). Az induktív gondolkodás fejlődési görbéi logisztikus jellegűek. A középiskolás kor kezdetére a fejlődés sebessége lecsökken. A kognitív változókon kívül az affektív szférával is kimutatható az induktív gondolkodás kapcsolata. Ezen kívül jelentősen összefügg a matematikai megértéssel, a természettudományok alkalmazásával, a matematika- és fizika-tudással. E gondolkodásforma azért olyan fontos szerepű, mert az ismeretek alkalmazásának háttérében áll, így a tudás transzferjével is kapcsolatba hozható. Középiskolásoknál a legszorosabb a kapcsolata a természettudományos tudással. Ez a kapcsolat különösen kiemeli a megfelelő színvonalú természettudományi nevelés fontosságát.

Mint képesség tanítható, fejleszthető. Az értelmes tanulás bázisául szolgál.

### **Az analógiás gondolkodás**

Az analógiákkal kapcsolatos ismeretek egyik központi kérdése az analógiák megismerésben betöltött szerepe. A mai értelmezések közül az általános értelmezés használhatósága a legszélesebb körű. Ilyen értelemben a különböző dolgok közötti hasonlóságot, az azon alapuló valamilyen szintű egyezést jelöli.

Gondolkodási műveletként elmondható róla, hogy használatakor valamely tárgy vagy jelenség összefüggésbe hozása történik egy már korábban ismert tárggyal vagy jelenséggel. Az összehasonlítás alapját a hasonló jegyek képezik. Fontos szerepet tölt be magában a tanulási mechanizmusban s ezen túl a struktúrák közötti kapcsolatok felismerésében. Felhasználható, új, elvont fogalmak kialakítására. A működés megvalósulhat képi, verbális vagy szimbolikus szinten, illetve ezek kombinációjaként. Eddig különösen a verbális analógiák sokféle jelentős összefüggését mutatták ki. Összekapcsolják az ismerőt az ismeretlennel. Tipikus alkalmazási területe a problémamegoldás. A természettudományok írott anyagai hagyomány szerint gazdagok analógiák alkalmazásában.

Figyelembe veendő, hogy előzetes ismeretek megléte a sikeres működés feltétele.

### **A tudás átvitele**

Az emberi tudásra tekinthetünk mennyiségi és minőségi megközelítésben, függetlenül attól, hogy a két nézőpont kapcsolódik. Az utóbbiban a tudást használhatóság, különféle kontextusokban való mozgathatóság, azaz transzfer jellemzi.

Szakszerű, átgondolt tanítás eredményeként nagyobb valószínűséggel keletkezik jelentéssel bíró tudás. Ez viszont a későbbiek során mozgósítható, gyakorlással állandósult, majd rögzült tudássá alakítható. Tulajdonképpen a bejárhatóság, átjárhatóság, körbejárhatóság elvének való megfelelés szerinti lehetőségvariációkról van szó. (Nagy, 1985) A változatosság a tudást nem hagyja elszigeteltségben, többszörös hozzáférést biztosít, hálót hoz létre egy szűkebb ismeret körül. A tanulás egy adott helyzetben realizálódik, ugyanazon probléma többszöri tárgyalása tehát új kontextust jelent. A transzferre nem jellemző általában az automatikusság. Ebből adódóan az integráltan történő ismeretközvetítés ilyen szempontból is fejlesztő hatású. Egy adott tudás előhívási szintjétől függően megkülönböztethető közeli transzfer, valamint távoli transzfer. (Csapó, 1998) A tudásátvitel megvalósulásával, működésével kapcsolatosan rétegződés feltételezhető. Az alacsonyabb szint működése feltétele a magasabb szintnek, a távolabbi transzfernek. (Józsa, 1999) Jelenleg az iskolákban nem kap kellő, közvetlen figyelmet a transzfer. (Csapó, 1999b) Az analógiás gondolkodásban szintén megjelenhet a transzfer, miközben

lehetővé teszi forrástudás „ráillesztését” a célterületre. Az analogikus problémamegoldásban a transzfer memóriaalapú, illetve fordítva: a memóriára alapozott anyagfeldolgozás tudásátvitellel jár. Analógia-gyakorlatokkal a transzferjeljesítmény növelhető. Az emberek, tanulók számára általában nem könnyű feladat spontán hozzáférni a különböző területekről származó forrásanalógokhoz. A legnagyobb valószínűséggel akkor fordul elő a spontán analógiás transzfer, ha a célprobléma több vonásban megegyezik a forrásproblémával. A transzfer megvalósulásában a könnyebb felidézhetőségükből adódóan megfigyelhető a sémák szerepe. Az előzetes információk „transzferbarát” tárgyalása elősegíti a problémamegoldást. Számít azonban a közös tartalom, a hasonló folyamatok. Valószínűleg ezzel magyarázható, hogy a szakértőség előrevetíti az eredményesebb megoldást. (Nagy Lászlóné, 2001)

### Tévképzetek

Pedagógiai következményei miatt érdemes odafigyelni a tanulók előzetes ismereteire, tévképzeteire. A tévképzetek olyan ismeretek, amelyek nem felelnek meg az elfogadott tudományos nézeteknek. Nem csupán egyszerű hibák, hanem az oktatásnak ellenálló képződmények. Tulajdonképpen időben le nem cserélődött fogalmak. A természettudományok tévképzetein kívül vizsgáltak már történelmieket.

A fogalmak megváltozása újoncoknál inkább fokozatos. Sokszor hibákkal átszótt, kitérőkkel járó. Ezért fontos, hogy a pedagógiai eszközök megkönnyítsék a haladást. Úgy tűnik, hogy a gondolkodást tartomány-specifikus alapelvek irányítják legalább három területen: a fizika, a pszichológia és a számok hatáskörzetében. Ezek az ismeretek nemcsak gazdagodás révén növekednek. (Korom, 2000)

Bizonyos értelemben a tudományok evolúciós fejlődésének megfelelően változások mennek végbe a gyermekek tudatában, és mivel az ismeretek örökletes mértékben gyarapodnak, a követelmények mértéktartásának kulcsszerephez kell jutnia.

Noha a szakirodalmi áttekintés közel sem teljes, mégis jól tükrözi azt a bonyolult mechanizmust, amely a tanulói tudás kialakulását egybefoglalja.

A vizsgálat arra irányult, hogy az általános problémák mentén olyan részösszefüggéseket találjon, amelyek szerepet tölthetnek be a fizika tanítási eredményeiben, a fizika és a matematika egy tudásként történő megjelenésében. Az egy tudásként való megjelenés esetén a fizika megközelítéseinek inkább a mennyiségi oldala dominál, a matematikai eszköztudás pedig a matematikának egy részterületét, az alkalmazások bizonyos körét és a logikus gondolkodást öleli fel. (Vári, 1999a)

A vizsgálati hipotézisek a következőként foglalhatók össze:

– A fizikai és matematikai elméleti tudás, annak alapszintű begyakorlottsága mérhetően befolyásolja a fizikai feladatmegoldó és problémamegoldó képességet.

– A fizikában a matematikatudás érvényesülése függ attól, hogy mennyire direkt módon jelentkezik a szükségessége, és milyen mértékben ágyazódik be a fizikai ismeretekbe. Amennyiben besegítéssel láthatóbbá válnak a megoldás különböző fázisai, a nehézség oldódik, a megoldások ennek következtében sikeresebbek lesznek, a transzfer erősödik.

– Vannak a természettudományos tantárgyak iránt az átlagosnál jobban érdeklődő gyerekek. Náluk a transzfer erősebb.

– A tanulók a fizikát nehéznek tartják, ez a népszerűségében is megmutatkozik. A nehézség összefügg a fizika tantárgyak átlagánál erőteljesebben a gyakorlati problémák felé közelítő jellegével, a megoldandó problémák összetettségével.

– A motiváló és gyakorlatias családi környezetnek pozitív hatása van.

A fenti hipotézisek igazolási kísérlete középiskolai tanulók teszteredményeinek és tanulási szokásaikkal, problémáikkal kapcsolatos írásbeli megnyilatkozásaiknak elemzésére alapozottan történt.

## A vizsgálat módszerei

### *Minta*

A vizsgálat olyan minta kiválasztását tette szükségessé, amely a középiskolás képzés ideje alatt jelentős óraszámban tanul fizikát, valamint a diákok elegendő tapasztalattal és önálló véleménnyel rendelkeznek.

A mintát így egy Szeged környéki város 142 tanulója alkotta. Ezen belül 99 fiú és 43 lány. Iskolatípus szerint 59 gimnazista (két osztály) és 83 műszaki szakközépiskolai (három különböző profilú osztály) tanuló. Valamennyi osztály a négy éves képzés keretein belül tanul és a teljes időszakban legalább nyolc órát foglalkozik a fizikával, körülbelül felerészben vagy teljes egészében csoportbontásban. A gimnazista osztályok tagozatosak a következő bontásban: matematika-fizika és biológia-kémia, valamint tagozatos

angol és magyar-angol szakpárok szerint. A szakközépiskolai osztályok jellege: informatikai, elektronikai és gépész. A tanulók képességei, érdeklődése szerint a minta összességében inhomogén. Minden osztály esetén a fizika választható érettségi tantárgy. A diákok 11. évfolyamosak.

---

*Szakszerű,  
átgondolt tanítás  
eredményeként nagyobb  
valószínűséggel keletkezik  
jelentéssel bíró tudás. Ez viszont  
a későbbiek során mozgósítható,  
gyakorlással állandósult, majd  
rögzült tudássá alakítható.  
Tulajdonképpen a bejárhatóság,  
átjárhatóság, körbejárhatóság  
elvének való megfelelés szerinti  
lehetőségvariációkról van szó.  
A változatosság a tudást nem  
hagyja elszigeteltségben,  
többszörös hozzáférést biztosít,  
hálót hoz létre egy szűkebb  
ismeret körül. A tanulás egy  
adott helyzetben realizálódik,  
ugyanazon probléma  
többszöri  
tárgyalása tehát  
új kontextust  
jelent.*

---

### *Eszközök*

Egy speciális fizika tantárgyi teszt és egy, a társmérővel közös készítésű kérdőív állt rendelkezésre a vizsgálatához, és a kapcsolódó matematika teszt. (Lángné, 2001)

A háttéradatokat kutató kérdőív mindkét önálló tantárgyi vizsgálatot egyaránt szolgáltatta. A matematikatudás fizikára való átvitelének referenciapontja a matematika teszten elért eredmény. A tudásátvitel vizsgálatához felhasználtuk a matematika-eredmények összefoglaló, illetve szűkebb területre vonatkozó mutatóit. A csatolás a két ismeretkör között hangsúlyozottan a szögfüggvények és a másodfokú egyenletek témakörökön keresztül történt.

A mérőeszköz 75 item 16 feladattá alakított formája volt. A kérdések rögzült tudáshoz kapcsolódtak, megválaszolásuk nem

igényelt külön felkészülést, valamint segédeszközt a megengedett számológépen kívül. (D. Balogh, 2001)

Tulajdonképpen két szubtesztre bomlott a feladatsor. A matematikai alkalmazásokkal is átszőtt négy záró feladat a feladatmegoldó és problémamegoldó képességet mérte (problémamegoldás). A feladatsor első része – az előbbi teljes tesztte kiegészítő rész (előzetes tudás) elnevezése arra utal, hogy bizonyos mértékig megkísérelte feltárni a problémamegoldáshoz szükséges fizikai és matematikai feltételismeretek meglétét. Másképpen fogalmazva idekerült néhány, a problémamegoldás feladataihoz kapcsolódó „indikátor-feladat”. Ilyen módon a tudásátvitel szerkezetéről is információt nyerhetünk. Az első tesztrész másik funkciója azoknak a fizikai ismereteknek a felvonultatása, amelyek segíthették a tanulókat a számítási feladatok megoldásában, amennyiben felismerték azokat.

A 75 item halmazára, azaz a teljes tesztre igen jó reliabilitás adódott: 0,95 értékkel. A normaorientált tesztelés egyik legfontosabb jellemzője a reliabilitás, amely reliabilitásmutatókkal jellemezhető (itt Cronbach- $\alpha$ ). A paraméterben a feladat jósága és a populációfüggőség egyaránt tükröződik. (Csikos és B. Németh, 1998)

A problémamegoldást vizsgáló feladatok közül a legelső megkezdett, irányított feladat volt, a nem nulla kezdősebességű egyenletesen változó mozgással kapcsolatosan. A tanulók megkapták a szöveget, a megoldáshoz szükséges összefüggést és lépésenként utasításokat a teendőkre, így inkább a matematika területére, teljes másodfokú egyenlet megoldására vonatkoztak a teendők. A második összetettebb feladat önálló megoldást kívánt a diákoktól, a szabadesés témakörében. Két kérdést tartalmazott: adott időhöz mennyi út tartozik, illetve adott magasságból mennyi a leérkezési idő. A kiszámításhoz szükséges egyenlet időre másodfokú, mely elsőfokú tagot nem tartalmaz. A harmadik számítási feladat a felfelé hajítás témaköréből került a tesztbe. Matematikai háttere azonos az elsőével. A problémamegoldás záró feladata a lejtő adataival, lejtőn súrlódásmentesen mozgó test gyorsulásával, lejtőirányú és a lejtővel párhuzamos erővel volt kapcsolatos. Alkérdeéseinek megválaszolása egymástól függetlenül is megtörténhetett.

Az előzetes tudás tesztrészbe bekerült tartalmak hangsúlyozottan a problémamegoldást, az arra adott megoldások transzferjének vizsgálatát szolgálták.

A társ mérés miatt egyesített kérdőívet használtunk, összesen 67 kérdés egybeszerkesztésével. (D. Balogh, 2001) A szokásos, azonosításra szolgáló adatfelvételen túl kísérlet történt sok információs csatorna megnyitására. Egy-egy intenzitáskérdés-tömb csak a fizika, illetve csak a matematika ismeretkörével, tanulásával foglalkozott. Képződtek még adatok a tanulási időkkel és tanulási szokásokkal kapcsolatosan, valamint tantárgyak kedveltsége, továbbtanulási szándék, szülők elvárásai és családi háttér kérdéskörökben.

## Eljárások

A mérésre 2000 novemberében került sor. Az adatfelvételt a mérőtársammal megosztva, egy időben oldottuk meg a gimnáziumi és szakközépiskolai mintarészben külön-külön, egy hét leforgása alatt. A megíratási sorban első helyen mindig a kérdőív szerepelt, fél óra kitöltési idővel. A tesztek kitöltési ideje 60 perc volt. Az egyidejű íratásból adódóan a 142 fős minta minden eleméhez minden fajta mérőeszköz adatai rendelkezésre álltak. Javítást és kódolást követően az adatrögzítés a Szegedi Tudományegyetem Pedagógia Tanszékén, hivatásos adatrögzítő munkájaként valósult meg. Az adatok ellenőrzését követően alapvető statisztikai elemzések következtek (a teszt empirikus paramétereinek megállapítása, gyakoriságok, minimum- és maximum-értékek, átlagok, szórások meghatározása, eloszlások felvétele). Majd a teszten belüli, tesztek közötti, a teszteredmények és a háttérváltozók közötti összefüggés-vizsgálatok sorjáltak. A vizsgálatok korrelációs számítások, egy- és többváltozós regresszióanalízis, klaszteranalízis, kereszttábla-elemzés, páros és kétmintás t-próba formájában valósultak meg.

## Eredmények

### *A fizika teszt eredményei*

A teszt egésze, valamint az előzetes tudás és a problémamegoldás szubtesztek normális eloszlásúak voltak, jobbra aszimmetrikus, közel szimmetrikus és balra aszimmetrikus jellemzőkkel. Az 1. táblázat számszerű adatai alátámasztják azt a várakozásoknak megfelelő megállapítást, hogy a tanulók elméleti tudásának átlaga magasabb, szórása és variációs együtthatója (szórás/átlag) kisebb, mint a problémamegoldásé. Az összteljesítményt e részteljesítmények két oldalról fogják közre.

megnevezés	megszerezhető pontszám	átlag	szórás	módusz	var. együttható
teljes teszt	75	39,97	14,48	49	0,36
előzetes tudás	37	22,63	5,20	21	0,23
problémamegoldás	38	17,35	10,49	10	0,60

1. táblázat. A tesztre és szubtesztekre vonatkozó fontosabb statisztikai jellemzők

A kapcsolódó mérés matematika tesztjének átlaga 37,74 pont (megszerezhető maximális pont 74), szórása 12,49. Páros t-próbával az átlagokat összehasonlítva a fizika eredmény szignifikánsan jobbnak mutatkozott 95 százalékos valószínűségi szinten. A fizika tesztrel kapcsolatos fontosabb korrelációkat a 2. táblázat tartalmazza.

megnevezés	problémamegoldás	előzetes tudás	fizika összp.	mat. összp.
problémamegoldás	1			
előzetes tudás	0,66*	1		
fizika összpontszám	0,96*	0,84*	1	
matematika összpontszám	0,72*	0,57*	0,73*	1

2. táblázat. A fizika tesztrel kapcsolatos fontosabb korrelációk (Megjegyzés: \*  $p = 0,01$ )

Az értékekből kiolvasható, hogy a problémamegoldás korrelációja szembetűnő mind az előzetes tudással (szükséges fizikai ismeretek), mind a matematika elméleti tudással és begyakorlottsággal. A tantárgyon belüli részterületek korrelációja az erős közepes felső határa, a tantárgyak közötti pedig a közepesen erős értéket is meghaladja: 0,73. A fizika és a matematika kapcsolatát regresszióanalízisnek alávetve a fizika tesztjelítmény a legegyszerűbb modell (matematika összp.) segítségével 53 százalékban magyarázható. A másik, még egyszerű regressziós modellel (matematika összpontszám, fizika jegy, tanuló neme) a meghatározottság 63 százalékos; a magyarázóértékek rendre: 39; 21 és 3 százalék.

A tantárgyak között regresszióanalízissel kimutatott legnagyobb érték a matematika feladat által fizika feladatot meghatározó körben 29 százalék volt. Ugyanez matematika item és fizika feladat kapcsolatában 15 százalék volt. Tantárgyközi kapcsolatban feladat-feladat legerősebb korrelációja 0,54, item-item legerősebb korrelációja 0,44 értéket vett fel.

Figyelemre méltó, hogy a fizika teszt egyik kérdésére válaszolva hogyan párosítanak a tanulók különböző kifejezéseket adott problémák kiszámításához (cső keresztmetszete, kocka térfogata, négyzet átlója, gömb térfogata, kör kerülete). A diákok összességében sikerrel oldották meg az átlagosan 0,78 nehézségmutatójú feladatot. Alaposabban megvizsgálva azonban jelentősebb különbségek mutatkoznak. A cső keresztmetszetének kiszámításához szükséges kifejezés felismerésének az eredményében adódott a legtöbb rossz válasz (57). Valószínűleg azért, mert ez szerepel a matematika órákon a legkevésbé gyakran mind tartalmában, mind megnevezésében. A kocka térfogatával senki nem keverte a cső keresztmetszetét, ezt elég korán tanulják az iskolában.

A fizika tantárgyon belüli tudásátvitelre jellemző, hogy analóg feladatok esetén megvalósult (szinusz szögfüggvény alkalmazása) a 38 százalékos magyarázóérték is. Feladat és indikátorfeladat esetén csak 14 százalék. Ugyanezen kapcsolatokat korrelációkkal jellemezve az együtthatók sorban: 0,62 és 0,39 ( $p = 0,01$ ).

A fizika és matematika feladatmegoldásra egyaránt jellemző az a mechanizmus, amelyet az irányított feladat megoldásainak paraméterei (0 és 1 értékek gyakorisága a megoldási lépések nyomon követésében) mutattak. Az egymást követő adatpárok egy-egy itemnyit előre haladva változnak. Csak végigtekintve az adatpárok arányváltozásain is szembetűnő, hogyan fogatkoznak meg a helyesen elindulók s kerül át jelentős részük a sikertelenek oszlopába (59 százalékos csökkenés) annak ellenére, hogy a munkát a tesz-



telők sűrű utasítások szerint végezték a másodfokú egyenlet megoldóképletének alkalmazását igénylő feladatban. Ez a csökkenési folyamat rávilágít arra, hogy a helyes elindulás csak egy kis lépés a jó végeredmény felé, és hogy a problémamegoldások mennyire nagy kihívásnak számítanak az átlagtanulók esetében.

### A háttér adatok

A legutóbbi fizika és matematika osztályzatok szerint a két tantárgy átlaga 3,18. Az osztályzatok korrelációja:  $r = 0,65$  ( $p = 0,01$ ) már nem mutat olyan fokú egybeesést.

A tanulási idők gyakorisága a tanulók bevallása szerint napi átlagos másfél órás átlagot jelent a többségnél (65 százalék). Egyötödük tanul két óránál többet és 15 százalékuk fél órát vagy kevesebbet. A tantárgyakra fordított tanulási időkre figyelve kiderül, hogy a matematikára és fizikára külön-külön naponta átlagosan 23 perc jut. Egész percben nincs különbség a két tantárgyra fordított átlagos időkből. A tanulási idők és tantárgyi jegyek, valamint tesztek közötti korrelációk szerint az együttmozgások a matematikánál nem szignifikánsak, a fizikánál 0,30 és 0,26 értékűek ( $p = 0,01$ ). Ezeknek az adatoknak lehet egy olyan olvasata, hogy míg a matematika eredményeknek nem feltétele az otthoni céltudatos tanulás, addig a fizika hasonló eredményei céltudatosabb tanulás következményeként állnak elő. Nem is szerepel a fizika a középiskolások „top” listájának elején. Ott az idegen nyelv áll. A fizika hátulról a harmadik, eggyel megelőzve a kémiát. Akik viszont kedvelik, azok eredménye szignifikánsan jobb összteljesítményben és problémamegoldásban is.

A tanulók tantárgyokról alkotott véleménye szerint a fizika az a tantárgy, amelynek megértéséhez leginkább látni kell a dolgokat, ugyanakkor ezt a legnehezebb megérteni. A történelmet a legkönnyebb megérteni, megtanulni és egyben a legérdekesebb tantárgy is. A legtöbb gyakorlati haszna az idegen nyelv tanulásának van. A magyar irodalmat a legnehezebb megtanulni és a legkevésbé hasznos, a magyar nyelv pedig a legunalmasabb.

A fizikával kapcsolatos kijelentésekből kiderült, hogy a tanulók általános iskolában jó közepes mennyiségben láttak kísérletet. A fizika gondolatvilága sem túl közel, sem túl távol nem áll a tanulóktól. Igen jó átlag jellemzi azt az attitűdöt, amely a technikai dolgok fogadtatását jelzi. Másrészt a tanulók 25 százaléka szeretne új dolgokat megalkotni. Az ismeretszerzés folyamatáról azt lehetett megtudni, hogy az elmélet megértése általában nem okoz a többségnek problémát, szinte egyáltalán nem gond az adatgyűjtés. Az összetett és grafikus feladatok a jobbaknak egyformán nehezek, a közepeseknek vagy gyengébbeknek a két típus közül is a grafikusak nagyobb problémát jelentenek. Nem alkotnak többséget azok, akik szívesen vennék a számítási feladatok kiiktatását. A legpozitívabb megnyilatkozást a füzetbe írt vázlat mint segítőeszköz kapta.

A tanulók megnyilatkozásai megbízhatóan tükröződtek a feladatok adatgyűjtésre vonatkozó pontszámai alapján. A megnyilatkozások átlaga úgy értékelhető, hogy az adatgyűjtés problémás volta 14 százalékos. A fizika teszt adatgyűjtési itemcsoportjának nehézségmutatója 0,84. Tehát a tanulók 16 százaléka nem volt sikeres ebben a fázisban. A megnyilatkozás a minta szintjén gyakorlatilag azonos a teszten kimutatott eredménnyel. Ez arra utal, hogy a gyerekek kijelentései nem komolytalanok.

A kérdőív gyakorlatias momentumokkal, családi segítő hatásokkal foglalkozó kérdéseinek korrelációs számításával nem sok együttmozgás volt kimutatható. Csak a rendszeresen végzendő, kijelölt feladatok korrelációja volt szignifikáns a teszt összes pontszámával. Az együtttható negatív érték, nagysága:  $r = 0,19$ , ( $p = 0,05$ ).

### Értelmezés és összegzés

A 142 főből álló vizsgált mintának tanulmányai során minden évben tantárgya a fizika és választható érettségi tantárgy. Így a középiskolás korosztálynak ezt a populációját

képviseli. A fizika teszten nyert teljesítmény normális eloszlású volt, 50 százalékhoz közeli átlagértékkel. A mérőeszköz 95 százalékos pontossággal mért. Az előzetes tudás átlaga az elérhető pontszámnak a 61 százaléka lett. A tanulók az elméleti ismeretekkel könnyebben megbirkóznak. E területen a populáció tudása homogénebb is. A problémamegoldás széthúzza a teljesítményeket. Valószínűleg tovább növeli azt a fejlettségbeli különbséget, amely az általános iskola végén néhány évben adható meg.

A tudás különböző területeken történő megjelenésének minősége arányos a gyakorlottsággal. A fizika tantárgy keretein belül az ismeretek integrálódnak, illetve integrálódnak kellene. A fizikai elméleti tudás és annak alapszintű begyakorlottsága szinte a közepes korreláció felső határára szerint (0,66) befolyásolja a problémamegoldó képességet. A matematika hatása még ennél is nagyobb: erős korreláció (0,72) jellemzi. A matematika tudás érvényesülését negatívan befolyásolja annak beágyazódottsága. A fizika jelentős mértékben matematikai ismeretekre, problémamegoldó képességre épít. A tudástranszfer e kapcsolatban követhető. Az egész matematikai tudás legalább felerészben meghatározza az összes fizika teljesítményt. A meghatározottság műveletek, feladatok szintjén is mérhető. Olyan esetekben leginkább, melyekben analóg műveletekről van szó.

---

*Bizonyosságot nyert, hogy az érdeklődő tanulóknak összességében és részterületen is jobb a teljesítménye. A tanulók a fizikát nehezségnek tartják, bár elég érdekesnek. A nehezség egyik oka a háttérvizsgálatok szerint valószínűleg az erős vizuális jelleg lehet. A másik ok vélhetőleg az összetettség, illetve a matematikai alkalmazási rendszerben rejlik. Nehezsége mellett népszerűtlen is e tantárgy, a kettő minden bizonnyal összefügg.*

---

Úgy tűnik, hogy a transzfer meghatározó ereje kisebb egység esetén kisebb, de indikátor-feladatokkal követhető. A tantárgyak közötti erős összefüggés oka valószínűsíthetően az induktív gondolkodásban keresendő.

Bizonyosságot nyert, hogy az érdeklődő tanulóknak összességében és részterületen is jobb a teljesítménye. A tanulók a fizikát nehezségnek tartják, bár elég érdekesnek. A nehezség egyik oka a háttérvizsgálatok szerint valószínűleg az erős vizuális jelleg lehet. A másik ok vélhetőleg az összetettség, illetve a matematikai alkalmazási rendszerben rejlik. Nehezsége mellett népszerűtlen is e tantárgy, a kettő minden bizonnyal összefügg. A motiváló családi környezet és a gyakorlatias momentumok teljesítményre gyakorolt jótékony hatását nem sikerült kimutatni. Az az

elgondolás nem bizonyult helyesnek, hogy akinek otthon rendszeresen elvégzendő, kijelölt feladata van, annak jobb a teljesítménye. Ennek az ellenkezője derült ki. A háttérben az állhat, hogy a rendszeresen megbízott tanuló szociális környezete hátrányosabb lehet. Aggodalomra ad okot a tanulóssal töltött kevés idő. Reménykeltő viszont, hogy a tanulók szeretnék megérteni a fontosabb jelenségek okait.

Az adatok elemzése során nyilvánvalóvá vált a tantárgyak közötti kétirányú kapcsolatépítés fontossága, a tantárgyon belüli tudásátvitel biztosításának jelentősége. A fentiek tükrében még inkább indokoltnak látszik, hogy a természettudományos nevelésre fokozottabban figyeljünk.

## Jegyzet

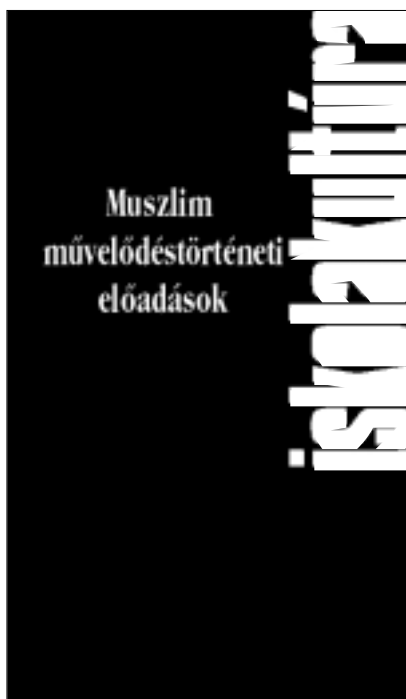
(1) Hozzá kell azonban tenni, hogy különféle okok miatt az eddigiek során gyakoribban váltak elemzések tárgyává a természettudományos területek és környezetük.

## Irodalom

Csapó Benő (szerk., 1998): *Az iskolai tudás*. Osiris Kiadó, Budapest.

Csapó Benő (1999a): Természettudományos nevelés: híd a tudomány és a nevelés között. *Iskolakultúra*, 10. 5–17.

- Csapó Benő (1999b): Képességfejlesztés az iskolában – problémák és lehetőségek. *Új Pedagógiai Szemle*, 12.
- Csikos Csaba – B. Németh Mária (1998): A tesztekkel mérhető tudás. In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás*. Osiris Kiadó, Budapest. 83–114.
- D. Balogh Irén (2001): *A fizika mint a tudásátvitel célpontja és kiindulópontja, valamint a problémamegoldás színtere középiskolás tanulóknál*. Szakdolgozat. SZTE Pedagógiai Tanszék, Szeged.
- Józsa Krisztián (1999): *Összefüggések a matematika és a fizika tantárgyspecifikus éntudat és a teljesítmények között 11–17 éves tanulók körében*. Szakdolgozat. SZTE Pedagógiai Tanszék, Szeged.
- Korom Erzsébet (2000): Fogalmi váltás elméletei. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 55. 2–3. 179–201.
- Lángné Mürkl Mária (2001): *A matematika megértésének, tanulásának és alkalmazásának problémái a középiskolában*. Szakdolgozat. SZTE Pedagógiai Tanszék, Szeged.
- Mérő László (1996): *Mindenki másképp egyforma*. Tercium Kiadó, Budapest.
- Nagy József (1985): *A tudástechnológia elméleti alapjai*. OOK, Veszprém.
- Nagy József (2000): *XXI. Század és nevelés*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Nagy Lászlóné (2001): Analógiák és az analogikus gondolkodás a kognitív tudományok eredményeinek tükrében. *Magyar Pedagógia*, 100. 3. 276–302.
- Németh Ferenc (2000): „Hogy állunk a tudománnyal?” (Beszélgetés Tamás Pál szociológussal). *Élet és Tudomány*, 55. 37.
- Szunyogh Szabolcs (2000): „A munka még egyáltalán nem zárult le” (Beszélgetés Honti Móriával a tartalmi szabályozás folyamatáról). *Köznevelés*, 56. 39.
- Vári Péter (1999a, szerk.): *Monitor '95 A tanulók tudásának változása*. Országos Közoktatási Intézet, Budapest.
- Vári Péter (1999b, szerk.): *Monitor '97 A tanulók tudásának változása*. Országos Közoktatási Intézet, Budapest.



Az Iskolakultúra könyveiből