

A fizikai feladatok megoldása és a tanulók gondolkodási műveletei

Amikor az alkalmazás fázisában feladatot oldanak meg a tanulók, akkor a feladat konkrét formában megfogalmazott kérdésétől először el kell jutniuk a formális (elvont, általánosított) szinten szavakba foglalt összefüggéshez, törvényhez, szabályhoz; majd ezt elemezve meg kell keresniük a kapcsolatot a feladatban szereplő tényekkel; végül vissza kell térniük a konkrét szintre, választ adva a feladat kérdésére. Közben ismételten váltaniuk kell a gondolkodási műveletek szintjei között. (Zátonyi, 2001a)

A fizika oktatásának első szakaszában, az általános iskolában elsődlegesen a természet jelenségeinek a megfigyelése, a kísérleti tapasztalatok számbavétele és a mérési eredmények elemzése révén juttatjuk el a tanulókat a tantervben meghatározott fizikai tények, jelenségek, fogalmak, összefüggések, törvények megértéséhez, megismeréséhez. A már elsajátított ismeretek rögzítésében, megőrzésében, alkalmazásában, ellenőrzésében fontos szerepe van az adekvát tartalmú és megfelelő számú feladat megoldásának. Amennyiben a feladatok tartalma a tanulók környezetével, érdeklődési körével, a modern eszközök alkalmazásával kapcsolatos, akkor ez a tevékenység jelentősen hozzájárul a motiváció kialakulásához, erősítéséhez is.

A tanulóknak adott feladatok megválasztásához, a témazáró feladatok összeállításához, a tankönyvek feladatainak kidolgozásához nagy segítséget jelenthet, ha ismerjük a tanulók feladatmegoldással kapcsolatos gondolkodásmódját. Hasznos lehet számunkra azoknak a sajátos problémáknak az ismerete, amelyek nehezítik a feladat szövegének értelmezését vagy akadályt jelentenek a tanulók számára a gondolkodási műveletek következetes végrehajtásában.

A fizikai feladatok megoldásában elért eredmények és a felmerülő problémák egy részének feltárása érdekében felmérést végeztünk, amelynek során speciálisan erre a célra összeállított feladatlapokat oldottak meg a 8. évfolyamos tanulók. Vizsgálatunkkal – többek között – arra kerestük a választ, hogy

- miként képesek felismerni a tanulók a feladat szövegében levő implicit kérdéseket;
- milyen módon képesek a kapott részeredményeket felhasználni a feladat további kérdéseinek a megválaszolásában.

A vizsgálat során alkalmazott alapfeladatokban a megadott mennyiségekből nem következett közvetlenül a keresett mennyiség. Például a megadott erőből, útból és időből kellett a tanulóknak a teljesítményt meghatározniuk. Ez a feladat implicit módon tartalmazza a munkára vonatkozó kérdést is ($\text{erő} \cdot \text{út}$). Ebből és az időből határozható meg a teljesítmény ($\text{munka}/\text{idő}$). Vajon mennyire ismerik fel a tanulók ezt a „rejtett” kérdést, és mennyire tudják ezt a részeredményt a további megoldáshoz felhasználni. (Az már más kérdés, hogy a két összefüggést össze lehet kapcsolni: $\text{erő} \cdot \text{út}/\text{idő}$ formában. Ezt a megoldást azonban az általános iskolában csak kevés tanuló alkalmazza.)

A tanulók által megoldott nyolc alapfeladat témája a mechanika, a hőtán és az elektromosságtan témaköréből tevődött össze. Az adatok és a feltételek megfogalmazása után a feladat egyetlen kérdést tartalmazott. A másik nyolc feladatot ezeknek az alapfeladatok-

nak az átalakításával nyertük. Mindegyikhez részkérdéseket fogalmaztunk meg, amelyek a megoldás közbülső lépéseire vonatkoztak. A feladatlapok A) változatában az első négy feladatot részegységre bontva közöltük, a másik négy feladat viszont nem tartalmazott részkérdéseket. A B) változat ugyanezeket a feladatokat tartalmazta, de ellentétes volt a négy-négy feladat a részkérdésekre bontás tekintetében az A) feladatlaphoz viszonyítva.

A részkérdések különböző mértékben kapcsolódtak egymáshoz a feladatokban. A leg-szorosabb kötődés a számításhoz kapcsolódó feladatokban volt. A számítás nélküli feladatok részkérdéseinek egymáshoz kapcsolódása ennél lazább, s feladatonként különböző mértékű volt.

A felmérésre 2002 májusában került sor, az általános iskolai tananyag összefoglalása, ismételése után. A feladatlapokat a Nemzeti Tankönyvkiadó kilenc referenciaiskolájának 16 tanulócsoportjában oldották meg a tanulók. Az iskolák egy része a Nemzeti Tankönyvkiadó fizikatan könyveit, mások egyéb kiadók tankönyveit használták. A vizsgálatban 368 tanuló vett részt. Az A) feladatlapot 171, a B) feladatlapot 197 tanuló oldotta meg.

A felmérésbe bekapcsolódó iskolák a következők voltak: Vörösmarty Mihály Általános Iskola, Ajka; Békessy Béla Általános Iskola, Debrecen; Gárdonyi Géza Tehetségfejlesztő Általános Iskola, Győr; Petőfi Sándor Általános Iskola, Kisbér; Olcsai-Kiss Zoltán Általános Iskola, Körmeny; Kazinczy Ferenc Általános Iskola, Miskolc; Fiumei úti Általános Iskola, Szolnok; Kabay János Általános Iskola, Tiszavasvári; Szabó Pál Általános Iskola, Vésztő.

A tanulók gondolkodásmódjának jobb megismerése érdekében – a feladatlapok megoldása mellett – néhány 8. évfolyamos, közepes előmenetelű soproni tanulóval egyéni foglalkozás keretében úgy is megoldattuk a feladatokat, hogy a tanulók hangosan olvasták fel a szöveget, hangosan mondták el a megoldás egyes lépéseit. Ha megakadtak a megoldásban, akkor közöltük a soron következő logikai lépést, de a további megoldást ismét tőlük kértük.

A feladatmegoldások eredményei

A feladatlapokat vizsgálatunk céljának megfelelően azonos szempontok alapján értékeltük. Az egyes kérdésekre adott helyes válaszokat 1-gyel, a hibás vagy hiányzó válaszokat 0-val értékeltük. Az elemzéshez az eredeti sorszám feltüntetésével először az alapfeladatot, ezt követően pedig azt a változatot idézzük, amely a megoldáshoz részkérdéseket (a, b vagy a, b, c) is tartalmazott. Külön összegezzük a számításhoz, illetve a számítás nélküli feladatok megoldásában elért eredményeket.

A számításhoz kapcsolódó feladatok megoldása

Az A) és a B) változatú feladatlap nyolc-nyolc feladata közül három-három volt számítást igénylő feladat. Az egyik változaton szereplő alapfeladat párja a másik változaton részkérdéseket is tartalmazó feladat volt. (Hasonló módon oszlottak meg a számítás nélküli feladatok is a két változat között.) Így azonos feltételek elé kerültek az A), illetve a B) változatú feladatlapot megoldó tanulók. Eredményeiket tehát közvetlenül össze tudtuk hasonlítani.

A tanulók a következő számításhoz kapcsolódó feladatokat oldották meg:

A/6. Próbabályán vizsgálják az autót. A motor 1500N húzóerőt fejt ki 110 másodpercen át a 220m hosszú úton. Mekkora a motor teljesítménye?

B/2. Próbabályán vizsgálják az autót. A motor 1500N húzóerőt fejt ki 110 másodpercen át a 220m hosszú úton.

a) Mekkora munkát végzett az autó motorja?

b) Mekkora a motor teljesítménye?

B/6. Az autó benzintartályában 25 liter benzin van. A benzin sűrűsége 700kg/m^3 , égéshője $44\,000\text{kJ/kg}$. Mennyi hő fejlődik a teljes benzinmennyiség elégésekor, az autó működése közben?

A/2. Az autó benzintartályában 25 liter benzin van. A benzin sűrűsége 700kg/m^3 , égéshője $44\,000\text{kJ/kg}$.

a) Mennyi a benzintartályban levő benzin tömege?

b) Mennyi hő fejlődik a teljes benzinmennyiség elégeésekor, az autó működése közben?

B/8. A pillanatforrasztó transzformátorral működik. A fűtőszál a szekunder tekercshez van kapcsolva. A fűtőszál két vége között $0,3\text{V}$ a feszültség. A primer feszültség 230V , a primer tekercsen áthaladó áram erőssége $0,24\text{A}$. Mekkora erősségű áram halad át a fűtőszálon?

A/4. A pillanatforrasztó transzformátorral működik. A fűtőszál a szekunder tekercshez van kapcsolva. A fűtőszál két vége között $0,3\text{V}$ a feszültség. A primer feszültség 230V , a primer tekercsen áthaladó áram erőssége $0,24\text{A}$.

a) Mekkora a teljesítmény a primer oldalon?

b) Mekkora a teljesítmény a szekunder oldalon?

c) Mekkora erősségű áram halad át a fűtőszálon?

Először azt hasonlítjuk össze, hogy milyen átlageredményeket értek el a tanulók az alapfeladatok, illetve az azonos témájú, rész kérdéseket is tartalmazó feladatok utolsó kérdéseire (b vagy c) adott válaszok megoldásában. (1. táblázat)

1. táblázat

Téma	Teljesítmény		Hőmennyiség		Transzformátor	
Feladat, kérdés	A/6.	B/2. b)	B/6.	A/2. b)	B/8.	A/4. c)
Megoldás	47%	55%	26%	36%	25%	32%
Szórás	50%	50%	44%	48%	44%	47%

A táblázat adatai szerint mindhárom témában a részfeladatokat is tartalmazó feladatok megoldásában értek el jobb átlageredményeket a tanulók (8, 10, illetve 7 százalékkal). Első megközelítésben tehát úgy tűnik, hogy a részfeladatok megfogalmazása segítséget jelentett a tanulóknak; nagyobb arányban oldották meg hibátlanul a feladatot, mint az alapfeladatokat.

A matematikai statisztikai számítások azonban azt mutatják, hogy csak a hőmennyiséggel kapcsolatos feladtpár megoldásában szignifikáns ez a különbség (10 százalék); a másik két feladtpár esetében mutatkozó eltérés (8, illetve 7 százalék) nem lényeges, nem szignifikáns különbség. (M. Bartal – Széphalmi, 1999; Fercsik, 1982; Atkinson és mtsai, 1999) Ez utóbbi két feladat eredményeiből úgy tűnik, hogy a fizikai feladatok megoldásában megfelelő számítási képességgel rendelkező tanulók többségének nem jelent külön gondot az alapfeladatok megoldásában az egyes részösszefüggések felismerése és alkalmazása. Így e tanulók az alapfeladatok megoldásában is megközelítően ugyanolyan eredményeket értek el, mint a részfeladatokat is tartalmazó feladatok megoldásában.

A következőkben azt elemezzük, milyen átlageredményeket értek el a tanulók a számításos feladatok egyes részfeladatainak a megoldásában. (2. táblázat)

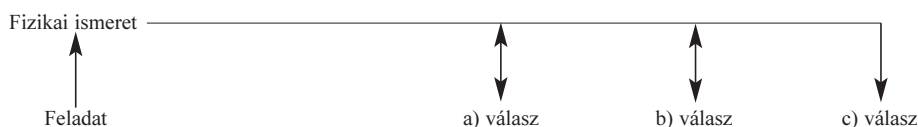
2. táblázat

Téma	Teljesítmény		Hőmennyiség		Transzformátor		
Feladat	B/2.		A/2.		A/4.		
Kérdés	a)	b)	a)	b)	a)	b)	c)
Megoldás	69%	55%	46%	36%	57%	40%	32%
Szórás	46%	50%	50%	48%	50%	49%	47%

Mindhárom feladat megoldásában jól látható, hogy a tanulók az egymást követő kérdésekre csökkenő arányban adtak helyes választ. Ez természetes is, ha arra gondolunk, hogy szoros összefüggés volt az a) kérdés és az azt követő kérdések között. A b), illetve a c) kérdésre csak az a) tanuló tudott helyes választ adni, aki az első részfeladatra jó ered-

ményt kapott. A megoldás folytatása során azonban újabb hibalehetőségek merültek fel, így a következő kérdésekre adott helyes válaszok aránya fokozatosan csökkent.

A helyes választ adó tanulók a feladat feltételeiből kiindulva, első lépésként azt az összefüggést (képletet) keresték meg fizikai ismereteikből, amely elvont, általánosított formában tartalmazta az adott és a keresett mennyiségek közötti kapcsolatot. Ezután ezek alapján behelyettesítették az adott mennyiségeket az összefüggésbe, képletbe; elvégezték a megfelelő matematikai műveleteket, majd a kapott eredmények alapján – visszatérve a feladat kérdéseihez – konkrét formában megadták a választ mindegyik részkérdésre. (1. ábra)



1. ábra

A feladatlapok megoldásaiból és az egyéni foglalkozás keretében szerzett információink szerint a hibás megoldást adó tanulók többsége nem tudja felidézni a tanult összefüggést (képletet) a feladat megoldásához. A hibás megoldások nagy része ezen túlmenően abból adódik, hogy hibásan végzik el a tanulók a matematikai műveleteket.

A számításos feladatok megoldásában visszatérő probléma a matematikai műveletek, illetve a mértékegység-váltás hibás elvégzése. (Nagy, 1996) A megoldás nyilvánvalóan csak a matematikával összehangolt fejlesztés lehet.

A számítás nélküli feladatok megoldása

Az A) és a B) változatú feladatlap nyolc-nyolc feladata közül öt-öt volt számítást nem igénylő feladat. Az egyik változatban szereplő alapfeladat párja ebben az esetben is a másik változatban részkérdéseket is tartalmazó feladat volt.

A vizsgálatban részt vett tanulók a következő, számítás nélküli feladatokat oldották meg:

A/5. A fecske 2 másodperc alatt ugyanakkora utat tesz meg, mint a sas 3 másodperc alatt. Hasonlítsd össze azt az időt, amelyre a fecskének és a sasnak szüksége van ugyanakkora út megtételéhez!

A fecskének időre van szüksége ugyanakkora út megtételéhez, mint a sasnak.

B/1. A fecske 2 másodperc alatt ugyanakkora utat tesz meg, mint a sas 3 másodperc alatt. Hasonlítsd össze a fecske és a sas által ugyanannyi idő alatt megtett utat, a fecske és a sas sebességét, valamint azt az időt, amelyre a fecskének és a sasnak szüksége van ugyanakkora út megtételéhez!

a) A fecske ugyanannyi idő alatt utat tesz meg, mint a sas.

b) A fecskének a sebessége, mint a sasnak.

c) A fecskének időre van szüksége ugyanakkora út megtételéhez, mint a sasnak.

B/5. A két, egyenlő alapterületű mérőhengerben egyenlő magasságig van a víz. Az egyikbe egy vaskockát, a másikba egy ugyanakkora tömegű alumíniumkockát teszünk. A víz mindkét mérőhengerben teljesen ellepi a benne levő kockát. A vas sűrűsége $7,8\text{g/cm}^3$, az alumínium sűrűsége $2,7\text{g/cm}^3$. Hasonlítsd össze a vízszint emelkedését a két mérőhengerben!

A vízszint a vaskockát tartalmazó mérőhengerben mértékben emelkedett, mint az alumíniumkockát tartalmazó mérőhengerben.

A/1. feladat

A/7. Ugyanazzal a fűróval ugyanakkora lyukat fűrünk egy 2kg és egy 5kg tömegű vastömbbe. Hasonlítsd össze a két vastömb hőmérséklet-emelkedését!

A 2kg tömegű vastömb hőmérséklet-emelkedése, mint az 5kg tömegű vastömb hőmérséklet-emelkedése.

B/3. Ugyanazzal a fűróval ugyanakkora lyukat fűrünk egy 2kg és egy 5kg tömegű vastömbbe. Hasonlítsd össze a fűró által végzett munkát, a két vastömbön bekövetkező belsőenergia-növekedést és a hőmérséklet-emelkedését!

a) A fűró által végzett munka a 2kg tömegű vastömbön, mint az 5kg tömegű vastömbön.

b) A 2kg tömegű vastömbön a belsőenergia-növekedés, mint az 5kg tömegű vastömbön bekövetkező belsőenergia-növekedés.

c) A 2kg tömegű vastömb hőmérséklet-emelkedése, mint az 5kg tömegű vastömb hőmérséklet-emelkedése.

B/7. Két, egyenlő nagyságú huzalellenállást kapcsolunk párhuzamosan az áramforráshoz. A főágban 0,24A az áramerősség. Mekkora lesz az áramerősség, ha ezt a két huzalellenállást sorosan kapcsoljuk ugyanahhoz az áramforráshoz?

Az áramerősség lesz.

A/3. Két, egyenlő nagyságú huzalellenállást kapcsolunk párhuzamosan az áramforráshoz. A főágban 0,24A az áramerősség.

a) Mekkora lesz az áramerősség, ha az egyik huzalellenállást eltávolítjuk az áramkörből?

b) Mekkora lesz az áramerősség, ha az eltávolított huzalellenállást sorosan kapcsoljuk az áramkörben hagyott ellenálláshozalhoz?

A/8. Két különböző ellenállású izzólámpát kapcsolunk a hálózati áramforráshoz. Hasonlítsd össze a két izzólámpa teljesítményét!

A nagyobb ellenállású izzólámpának a teljesítménye, mint a kisebb ellenállású izzó teljesítménye.

B/4. Két különböző ellenállású izzólámpát kapcsolunk a hálózati áramforráshoz. Hasonlítsd össze a két izzólámpán áthaladó áram erősségét és a két izzó teljesítményét!

a) A nagyobb ellenállású izzólámpán áthaladó áram erőssége, mint a kisebb ellenállású izzón áthaladó áram erőssége.

b) A nagyobb ellenállású izzólámpának a teljesítménye, mint a kisebb ellenállású izzó teljesítménye.

Először most is azt hasonlítjuk össze, hogy milyen átlageredményeket értek el a tanulók az alapfeladatok, illetve az azonos témájú, részkérdéseket is tartalmazó feladatok utolsó kérdéseire (b vagy c) adott válaszok megoldásában. (3. táblázat)

3. táblázat

Téma	Sebesség		Sűrűség		Munka – hő		Ellenállás		El. teljesítmény	
Feladat, kérdés	A/5.	B/1.c)	B/5.	A/1.c)	A/7.	B/3.c)	B/7.	A/3.b)	A/8.	B/4.b)
Megoldás	88%	92%	38%	46%	58%	44%	5%	6%	55%	31%
Szórás	33%	27%	49%	50%	50%	50%	22%	24%	50%	46%

E feladatok eredményeinek összehasonlításakor azt látjuk, hogy három témában (sebesség, sűrűség, ellenállás) a részkérdéseket is tartalmazó feladatok megoldásában jobb volt a megoldási átlag, mint az alapfeladatok átlageredménye. A különbség (4, 8 és 1 százalék) azonban egyik esetben sem szignifikáns.

Két témában (munka – hő, elektromos teljesítmény) az alapfeladatok megoldásában volt jobb a tanulók teljesítménye 14, illetve 24 százalékkal. Mindkét feladatpár megoldásában szignifikáns a különbség. E témák esetében tehát úgy tűnik, mintha a részkérdések megfogalmazása a tanulók számára inkább nehezítette, mintsem könnyítette volna a feladatok megoldását.

Ha megvizsgáljuk e feladatok közül a részkérdéseket is tartalmazó feladatok megoldását, akkor jól nyomon követhetjük, hogy miként változik a jó megoldások aránya az egymást követő kérdésekre adott válaszokban. (4. táblázat)

4. táblázat

Téma	Sebesség			Sűrűség			Munka – hő			Ellenállás		El. teljsem.	
Feladat	B/1.			A/1.			B/3.			A/3.		B/4.	
Kérdés	a)	b)	c)	a)	b)	c)	a)	b)	c)	a)	b)	a)	b)
Megoldás	83%	92%	92%	56%	47%	46%	18%	12%	44%	36%	6%	58%	31%
Szórás	38%	27%	27%	50%	50%	50%	39%	33%	50%	48%	24%	50%	46%

Két téma (sebesség, munka – hő) esetében a tanulók egy része a második, illetve a harmadik részkérdésre adott válaszával jobb eredményt ért el, mint a megelőzővel. Ebből arra lehet következtetni, hogy a tanulók egy része nem a már jól megoldott választ felhasználva, fizikai ismereteit alkalmazva kereste a megoldást a második, harmadik részfeladatra, hanem valamilyen más módon adott választ a kérdésekre.

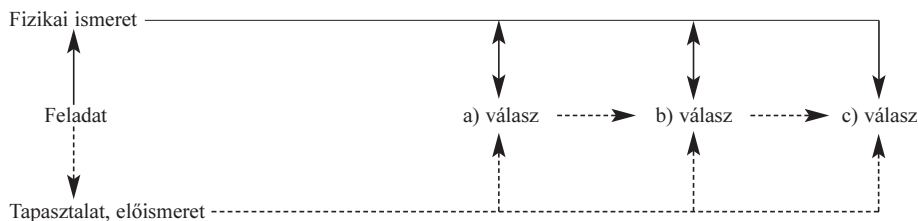
Tanulságos a 4. táblázatban szereplő feladatmegoldásokból kiemelni azoknak a tanulóknak a megoldásait, akik mindegyik részfeladatra jó megoldást adtak. E tanulók feltehetően – miután fizikai ismereteik felhasználásával jó választ adtak az első részkérdésre – ezt felhasználva oldották meg a következő részfeladatokat. (5. táblázat)

5. táblázat

Téma	Sebesség			Sűrűség			Munka – hő			Ellenállás		El. teljsm.	
Feladat	B/1.			A/1.			B/3.			A/3.		B/4.	
Kérdés	a)	b)	c)	a)	b)	c)	a)	b)	c)	a)	b)	a)	b)
Megoldás	82%			32%			6%			6%		17%	
Szórás	39%			47%			24%			24%		38%	

A 4. és az 5. táblázat adatainak összevetése és a tanulók konkrét válaszainak az elemzése azt mutatja, hogy a tanulók legalább három logikai utat követve oldották meg a vizsgálatunkban szereplő, számítás nélküli feladatokat.

A) A tanulók egy része a feladat feltételeiből kiindulva megkereste a fizikai ismereteiből azt a fogalmat, összefüggést, törvényt, amely elvont, általánosított formában vonatkoztatható az adott esetre. Ezután ezek alapján adta meg konkrét formában a választ mindegyik részkérdésre. (2. ábra, folytonos vonallal jelölt gondolatmenet)



2. ábra

B) A tanulók másik csoportja az előzőhöz hasonlóan jutott el az a) válaszhoz, de a b) és c) részfeladatra – az előzőtől eltérő módon – már az a) válaszból kiindulva adott választ. (2. ábra, szaggatott vonal)

C) Voltak olyan tanulók is, akik a feladat konkrét formában megfogalmazott kérdéseire az elvont, általánosított szint „mellőzésével”, korábbi tapasztalataik alapján adtak választ. Ez az út természetesen csak abban az esetben volt eredményesen alkalmazható, ha a tanulók elég széleskörű tapasztalattal, előismerettel rendelkeztek, s ugyanakkor a feladat szövege is lehetővé tette ennek az útnak a követését (2. ábra, pontozott vonal).

Mіндеzt figyelembe véve célszerű a fenti öt feladat válaszait ilyen szempontból is elemezni, s választ keresni a jó és hibás válaszok okaira.

Sebesség (B/1., A/5. feladat)

A tanulók e feladat megoldásában értek el legjobb átlageredményt. Nyilvánvaló, hogy a fizikai ismeretek jó elsajátítása mellett ebben nagy szerepe van annak, hogy a tanulók széleskörű tapasztalattal, előismerettel rendelkeznek a sebességgel kapcsolatosan (ke-

rékpározás, utazás autóval, vonattal, autóbusszal stb.). Ebből adódóan a tanulók jelentős része viszonylag könnyen, jól elsajátította a sebességgel kapcsolatos ismereteket, s azokat megfelelő módon konkretizálni is tudta az adott feladatra, a fecske és a sas sebességének az összehasonlítására. A tanulók más része azonban nem tette meg ezt az ismételt „átkódolást”, hanem a B) és a C) pontban vázolt gondolatmenetet követve adta meg a helyes választ.

A feladat tulajdonképpen a sebességgel kapcsolatosan megismert összefüggésben szereplő mindhárom mennyiség összehasonlítását kéri a tanulóktól. A c) részfeladatra (illetve az alapfeladat kérdésére) a kérdés állító mondatba történő átfogalmazásával is lehetett helyes választ adni. A tanulók 92 százaléka adott jó választ a c) részfeladatra, s 88 százaléka az alapfeladatra. Többen nem a részfeladatok sorrendjében adtak választ a kérdésekre, hanem először a c) részfeladatot oldották meg.

Sűrűség (A/1., B/5. feladat)

A tanulóknak ebben a feladatban a vas és az alumínium megadott sűrűsége alapján kellett összehasonlítást tenniük a kétféle anyagból készült kocka térfogata, a kiszorított víz és a vízszintemelkedés között. A jó választ adó tanulók helyesen ismerték fel, hogy a nagyobb sűrűségű vas térfogata kisebb, mint az ugyanakkora tömegű alumínium kockának. E válasz megadásában már nem lehetett „megkerülni” az elvont, általánosított fizikai ismereteket.

Elgondolkodtató, hogy a tanulók 33 százaléka válaszában meghatározó volt, hogy a vas „nehezebb” (nagyobb sűrűségű), mint az alumínium, ebből adódóan úgy gondolták, hogy minden más tulajdonsága is „nagyobb”, mint az alumíniumnak. Érdekes volt az egyéni foglalkozás keretében a tanulóknak az a magatartása, hogy a szöveg elolvasása után figyelmüket a két megadott mennyiségre összehasonlították (a vas sűrűsége $7,8\text{g/cm}^3$, az alumínium sűrűsége $2,7\text{g/cm}^3$), s az összehasonlítás első lépését „vitték tovább” a következőkben is: a vasnak nagyobb a sűrűsége \rightarrow nagyobb a tömege \rightarrow nagyobb a térfogata \rightarrow nagyobb a kiszorított víz térfogata. Az írásos feladatmegoldások eredményei szerint ilyen vagy ehhez hasonló téves gondolatmenetet követett a tanulók 23 százaléka a térfogatra és 43 százaléka a vízszint-emelkedésre adott válaszában.

Munka – hő (B/3., A/7. feladat)

A köznapi szóhasználatban gyakran nem tűnik ki mondatainkból, hogy adott esetben a hőmérséklet-emelkedésről vagy a hőről (hőmennyiségről), vagyis a termikus energia növekedéséről van-e szó. Például: A víz felmelegszik. A tűz melegít. Forró a tea. A tanulók ezért ezzel kapcsolatos fizikai ismereteik elsajátítása után is csak nehezen értik és „érik” a két fogalom közti különbséget, a megkülönböztetés szükségességét. Erre vezethető vissza, hogy a tanulóknak mindössze csak 6 százaléka adott helyes választ mindhárom kérdésre. (5. táblázat)

A feladat megoldása során a 2kg és az 5kg tömegű vastömbbel kapcsolatosan kellett összehasonlítást végezniük a tanulóknak. Azok, akik felületesen olvasták el a feladat szövegét vagy bizonytalan tudással rendelkeztek, elsődlegesen a két vastömb tömege közötti különbséget „ragadták meg” a válaszadáshoz, és ezt vitték tovább analóg módon tévesen a további kérdések megválaszolásakor is. A kisebb tömegű vas képzetéhez tapad a kisebb súly képzete; s ehhez kapcsolódott az az elképzelés, hogy ezen kisebb munkát kellett végezni, kisebb lett ezen a belsőenergia-növekedés és kisebb lett a hőmérséklet-emelkedés is, mint a nagyobb tömegű vastömbön. E téves gondolatsorból adódhatott, hogy a tanulók 29 százaléka mindhárom részkérdésre a kisebb szóval válaszolt.

Az egyéni foglalkozás keretében kapott válaszok szerint a tanulók egy része úgy értelmezte, hogy a kisebb tömegű vastömbön hamarabb átér a fűró, ezért kisebb munkát kell azon végezni, mint a nagyobb tömegű vastömbön. (3. ábra)



3. ábra

Ezek a tanulók nem vették figyelembe a feladatnak azt a feltételét, hogy a két vastömbbe ugyanakkora lyukat fúrunk. Feltehetően hasonlóan gondolkodott az írásbeli feladatot megoldó tanulók egy része is.

Ha külön-külön vizsgáljuk az a), b) és c) kérdésre adott válaszokat, akkor kiténik, hogy az a) kérdésre a tanulók 73 százaléka, a b) kérdésre 55 százaléka, a c) kérdésre 48 százaléka válaszolt a kisebb szóval.

Más oldalról vizsgálva a feladat megoldását azt látjuk, hogy a hőmérséklet-változással kapcsolatosan viszonylag sok tapasztalattal rendelkeznek a tanulók; ugyanakkor a hőmennyiségre vonatkozóan természetszerűen csak közvetett, részben elvont szintű ismereteik vannak. Ezzel magyarázható, hogy a hőmérséklet-változásra vonatkozó kérdésre (c) a tanulók 44 százaléka, a hőmennyiséggel (belsőenergia-növekedéssel) kapcsolatos kérdésre (b) pedig csak 12 százaléka adott helyes választ. A részfeladatok megoldásában viszont éppen a tanulók számára több gondot okozó belsőenergia-növekedésből kellett következtetniük a hőmérséklet-emelkedésre. Így az a) és b) kérdés nem hogy könnyítette a tanulók többsége számára a megoldást, hanem éppen nehezítette. Az alapfeladatban viszont csak a hőmérséklet-változásra vonatkozó kérdés szerepelt. Így adódhatott elő az a nem várt szituáció, hogy ugyanarra a kérdésre a részkérdéseket tartalmazó feladatváltozatban 44 százalékos eredményt értek el a tanulók, az alapfeladat megoldásában pedig 58 százalék lett az átlagos tanulói teljesítmény.

Ellenállás (A/3., B/7. feladat)

A feladat megoldása során a tanulónak tulajdonképpen a vezeték ellenállásáról tanultakat kellett összekapcsolniuk Ohm törvényével. Az a) részfeladatban azt kellett felismerniük, hogy ha eltávolítjuk az egyik, párhuzamosan kapcsolt huzalellenállást az áramkörből, akkor ezáltal az eredeti felére csökken a vezeték keresztmetszete; az eredetinek kétszerese lesz az ellenállás. Ebből adódóan – Ohm törvényének megfelelően – az áramerősség a felére csökken, vagyis $0,12A$ lesz. A b) részfeladatban pedig arra kellett rájönniük, hogy ha a „megmaradt” huzalellenálláshoz sorosan kapcsoljuk az eltávolított huzalellenállást, akkor ezáltal kétszer akkora lesz a vezeték hossza; kétszeres lesz a vezeték ellenállása. Így – Ohm törvényének megfelelően – feleakkora, vagyis $0,06A$ lesz az áramerősség.

A feladatot tulajdonképpen a vezetékek ellenállására vonatkozó ismeretek felhasználásával, illetve a fogyasztók párhuzamos és soros kapcsolására megismert összefüggésből kiindulva is meg lehetett válaszolni.

Mindkét kérdésre a tanulók 6 százaléka adott helyes választ.

E feladatban sokkal szorosabb volt a két részfeladat egymásra épülése, mint az előzőekben. Így tehát olyan feladatnak tekinthető, amelynek a megoldása során képlet alkalmazása nélkül, „fejben számolva” lehetett eljutni a helyes megoldásig. A b) kérdésre ennek megfelelően most is csak azok a tanulók tudtak helyes választ adni, akik az előző a) részfeladatot is jól oldották meg.

Amennyiben külön összegezzük az a) részkérdésre adott helyes válaszokat, akkor azt látjuk, hogy a tanulók 36 százaléka jutott el a helyes eredményig ($0,12A$). Ez az arány csökkent a b) részfeladat megoldása során 6 százalékra.

Érdekes, hogy az a) részkérdésre a tanulók 17 százaléka $0,24A$ -t írt válaszként; vagyis e tanulók úgy vélték, hogy nem változik az áramerősség, ha az egyik, párhuzamosan kap-

csolt huzalellenállást eltávolítjuk az áramkörből. A b) részfeladatra a 0,12A-es válasz fordult elő a legnagyobb arányban (15 százalék). A tanulók 38 százaléka nem konkrét mennyiséggel, hanem kvalitatív módon, a „kisebb”, „nagyobb” vagy „ugyanannyi” szavakkal adott választ a két részkérdésre.

Tanításunkban az ellenállás fogalmának a bevezetésekor gyakran úgy érzékeltetjük az ellenállást, mint „akadályt”. Minél nagyobb akadályt jelent egy fogyasztó az elektronok számára, annál nagyobb az ellenállása. Ez az elsődleges értelmezés található a tankönyvek többségében is, ami sok gyakorlati példa esetében jól kamatoztatható.

Az egyéni foglalkozás keretében azonban egy szokatlan, a tanulók számára természetesnek tűnő indoklással találkoztunk: ha két ellenállás van, akkor az nagyobb akadály, mint egy ellenállás. Ha az egyiket elveszem, akkor kisebb az ellenállás, nagyobb az áramerősség. Ez a téves gondolatmenet figyelmen kívül hagyja azt a tényt, hogy ha eltávolítjuk az egyik huzalellenállást, akkor „keskenyebb út” marad szabadon az elektronok számára, mint két, párhuzamosan kapcsolt huzalellenállás esetén.

Ebben az esetben is azzal a problémával állunk szemben, mint amit a fogyasztók párhuzamos kapcsolásával összefüggésben ismételt tapasztalunk: a tanulók számára a korábbi tapasztalataik, előző tanulmányaik alapján az a természetes, hogy ha valamihez valamit hozzáadnak, akkor az több lesz; illetve ha valamiből valamennyit elvesznek, akkor az kevesebb lesz. A fogyasztók párhuzamos kapcsolásakor viszont nem így van. A két 3Ω -os ellenállás párhuzamos kapcsolása esetén nem 6Ω , hanem $1,5\Omega$ lesz az eredő ellenállás. (Zátoryi, 2001b)

Elektromos teljesítmény (B/4., A/8. feladat)

A feladat tulajdonképpen azt a gyakorlati szituációt veszi alapul, amikor a lakásban két, különböző teljesítményű izzólámpát kapcsolunk a hálózati áramforráshoz. A feladatban azonban a két fogyasztó ellenállása adott. E két mennyiség összehasonlításából kiindulva kell a tanulóknak következtetniük az áramerősségre, illetve a teljesítményre.

A feladat megoldásához *Ohm* törvényének és az elektromos teljesítményt meghatározó tényezőknek az ismerete szükséges. Az a) és b) részfeladatok megoldása során az adott feltételek mellett a következő gondolatmenetet követhették a tanulók: nagyobb ellenállású izzó \rightarrow kisebb áramerősség \rightarrow kisebb teljesítmény.

Mindkét részkérdésre a tanulók 17 százaléka adott helyes választ. Amennyiben külön-külön összegezzük az a) és a b) részfeladatra adott helyes megoldások arányát, akkor a következőket tapasztaljuk. Az a) részfeladatra a tanulók 57 százaléka adott jó megoldást. A hibás választ adó tanulók többsége (40 százalék) úgy vélte, hogy az adott feltételek mellett, a nagyobb ellenállású izzólámpán nagyobb az áram erőssége, mint a kisebb ellenállású izzón.

A b) részfeladat megoldásához az elektromos teljesítmény kiszámítására tanult összefüggést kellett felidézniük és alkalmazniuk a tanulóknak (teljesítmény = feszültség \cdot áramerősség; $P = U \cdot I$). Azt kellett felismerniük, hogy ha kisebb az áramerősség (azonos feszültség mellett), akkor kisebb a teljesítmény is. Ezt a gondolatmenetet a tanulók 31 százaléka követte végig helyesen. A tanulók többsége (68 százalék) hibásan a nagyobb szót írta a részfeladat megoldásaként.

Úgy tűnik, hogy ezek a tanulók nem követték végig a feladat gondolatmenetét, s a b) kérdésre az első választól függetlenül adtak választ. Ebben az esetben tehát a feladat részkérdésekre bontása jelentősen nehezítette a megoldást a tanulók számára. Az azonos témájú alapfeladatot a tanulók 55 százalékos átlageredménnyel oldották meg, ami 20 százalékos különbséget jelent. Az összes feladatpár megoldása közül ebben mutatkozott legnagyobb különbség.

Az egyéni foglalkozás keretében kapott szóbeli válaszokból arra lehet következtetni, hogy a tanulók közül sokan a szöveg olvasása során a hangsúlyt nem a különböző

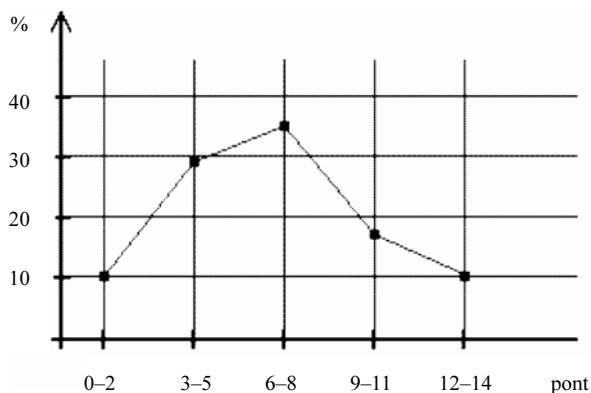
ellenállásra helyezték, hanem egy sajátos szövegértelmezést végeztek, közelítve a hétköznapi pontatlan szóhasználathoz: Két különböző ellenállású izzólámpa → két különböző nagyságú izzólámpa → két különböző teljesítményű izzólámpa. A nagyobb izzólámpa a gyakorlatban a nagyobb watt-számú, vagyis a nagyobb teljesítményű izzólámpát jelenti. Így a kérdésre a „nagyobb” szóval válaszoltak e tanulók, a helyes „kisebb” szó helyett.

Tanulónkénti eredmények

A tanulók egyéni teljesítménye jelentősen megoszlott. A 6. táblázat és a 4. ábra azt mutatja, hogy a 368 tanuló hány százaléka ért el 0–14 pontos eredményt. Az adatokat 3 pontonként összegezve csoportosítottuk. A tanulók arányát egészekre kerekítve közöljük.

6. táblázat

Elért pontszám	A tanulók aránya
0–2	10 %
3–5	29 %
6–8	34 %
9–11	17 %
12–14	10 %



4. ábra

A táblázat és a grafikon adataiból kitűnik, hogy a vizsgálatban részt vett tanulók többsége a középmezőnyben helyezkedik el, de elég nagy számban vannak az átlagnál jobb és gyengébb eredményt elért tanulók is. A tanulók egyéni teljesítményeiből számított átlag 6,6 pont. A szórás 3,2 pont.

Módszertani következtetések

A tanulók közül többen voltak, akik a feladat szövegének első elolvasása után újra elolvasták azt, hangsúlyozva a lényegét, kigyűjtve a megadott mennyiségeket. A tanulók más része számára azonban problémát jelentett a feladat szövegének az értelmező olvasása, a felületes olvasás következtében hibásan értelmezték a szöveget, nem értették az adott feltételeket. Különösen a viszonylag hosszabb szövegű feladatok jelentettek ilyen gondot. Célszerű ezért fizikaórán – különösen a fizikaoktatás kezdeti szakaszában – a feladat szövegét egy-egy tanulóval hangosan felolvasatni s azt közösen elemezni. A tanulókban, feladatgyűjteményekben ajánlatos kerülni a hosszabb, összetett mondatok

kat. Úgy célravezető a tanulók szempontjából a feladatok megfogalmazása, hogy először megadjuk a feltételeket, adatokat, s azt követően fogalmazzuk meg a kérdést, kérdéseket.

Az általános iskolában megoldatott számításos feladatok többségének a megoldásában csak egy összefüggést kell alkalmazniuk a tanulóknak. Ezek megoldásában a tanulók általában jó eredményeket érnek el. A jó felkészültségű, tehetséges tanulók számára szükséges azonban esetenként összetett (két vagy több összefüggés alkalmazását kívánó) feladatok megoldása is. Vizsgálatunk tanúsága szerint e feladatok megoldásában egyértelműen előnyösnek bizonyult a feladatok részkérdésekre bontása. A tankönyvekben, feladatgyűjteményekben célszerű ezért ilyen feladatokat is közölni, a), b), c) pontok szerint részegységekre bontva azokat.

A számítás nélküli feladatok megoldásában gyakran háttérbe szorulnak a tanulók fizikai ismeretei; helyettük a közvetlen tapasztalatok téves, az adott feltételekhez nem illő felhasználásával adnak választ. Úgy tűnik, hogy ezekben az esetekben a tanulóknak nagyobb a késztetés a gyakorlati, közvetlen tapasztalatok felidézésére, mint a tanulmányaik során elsajátított fizikai ismeretek alkalmazására. Mindez pszichikailag kisebb erőfeszítést igényel tőlük, hiszen nem szükséges a konkrét szintről áttérniük az elvont, általánosított szintre, majd a választ újra „átkódolniuk” a feladatban megfogalmazott konkrét válasznak megfelelően.

Ebből azt a metodikai következtetést vonhatjuk le, hogy szükséges növelnünk a fizikai ismeretek jobb megértését, megőrzését a tanulók tudatában. Ugyanakkor sok-sok alkalmat célszerű biztosítanunk a tanulók számára a felidézésre, az ismeretek különböző szintű alkalmazására. A tankönyvekben pedig célszerű olyan feladatokat is közölni, amelyek nemcsak az adott fejezetek anyagának a gyakorlását szolgálják, hanem megerősítést adnak a korábbi fejezetek anyagához is.

A tanítási gyakorlatban többségében olyan feladatokat adjunk, amelyeket a közepes előmenetelű tanulók is meg tudnak oldani. Ugyanakkor gondoskodjunk a kiemelkedő felkészültségű tanulók képességeinek a fejlesztéséről és a lemaradó tanulók felzárkóztatásáról is. E nehéz, sokrétű feladat megvalósításához a tankönyvek és a feladatgyűjtemények oly módon járulhatnak hozzá, hogy az egyes fejezetek anyagához különböző nehézségű feladatokat párosítsanak, lehetőleg „nehézségi sorrend” szerint. Segítséget jelenthet a feladatok megválasztásában, ha a tankönyvek, feladatgyűjtemények valamilyen módon jelzik a feladatok szintjét (például a felidézést, értelmezés, alkalmazást), illetve a kiegészítő anyaghoz kapcsolódó feladatokat (például csillaggal). A feladatok többségének azonban a tanulók átlagához kell igazodnia.

Irodalom

- Atkinson, R. L. és mtársai (1999): *Pszichológia*. Osiris Kiadó, Budapest. 561.
 M. Bartal Andrea – Széphalmi Ágnes (1982): *Adatgyűjtés és statisztikai elemzés a pedagógiai gyakorlatban*. Tankönyvkiadó, Budapest. 63.
 Fercsik János (1982): *Pedagometria*. VEAB-OOK, Veszprém. 659.
 Nagy József (1996): *Nevelési kézikönyv személyiségfejlesztő pedagógiai programok készítéséhez*. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged. 59.
 Zátonyi Sándor (2001a): *Képességfejlesztő fizikatanítás*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 111.
 Zátonyi Sándor (2001b): i.m. 125.