

A tanulók megértésbeli problémáinak vizsgálata

A fogyasztók soros és párhuzamos kapcsolása

Jelenlegi vizsgálatunkkal – a korábbiakon túlmenően – arra kerestünk választ, hogy milyen fejlődéslélektani okokra, megértésbeli problémákra vezethető vissza a párhuzamos kapcsolásra vonatkozó ismeretekben mutatkozó gyenge tanulói átlageredmény.

A fizikatanárok általános tapasztalata, hogy a tanulók sokkal nehezebben értik meg a fogyasztók párhuzamos kapcsolására vonatkozó összefüggéseket, mint a soros kapcsolásra vonatkozóakat. Ezt a tapasztalatot erősítik a korábbi években végzett *eredményvizsgálatok* is, függetlenül az alkalmazott tantervtől és a használatban levő tankönyvektől. (1) A kétféle feladattípus közti különbség ezekben a vizsgálatokban 21,8%; 19,5%, illetve 32,4%.

Tapasztalataink szerint jelentős különbség mutatkozik már ezt megelőzően annak megértésében is, hogy a *vezetékek ellenállása* a hosszúságtól, illetve a keresztmetszettől van-e függő viszonyban. Márpedig ez megalapozó jellegű ismeret a fogyasztók soros és párhuzamos kapcsolásának a megértéséhez. A fogyasztók soros kapcsolása ugyanis oly módon is értelmezhető, mint a vezetők hosszúságának az összeadódása; a párhuzamos kapcsolás pedig úgy tekinthető, mint a vezető keresztmetszetének az összegeződése.

Ugyancsak feltétel a soros és a párhuzamos kapcsolásra vonatkozó összefüggések felismeréséhez az *ellenállás* és az *áramerősség* közötti fordított arányosság ismerete (azonos feszültség esetén). Az áramerősség változásából következtetünk ugyanis az ellenállás változására.

Mіндеzt figyelembe véve, a vizsgálat-hoz alkalmazott feladatlapokat úgy állítottuk össze, hogy a megoldások alapján össze lehessen hasonlítani:

a) az ellenállás és a vezeték hosszúsága, illetve keresztmetszete közötti összefüggés ismeretét (1–3. feladat);

b) a fogyasztók soros és párhuzamos kapcsolására vonatkozó összefüggések ismeretét (4–6. feladat);

c) az ellenállás és az áramerősség közötti összefüggés ismeretét soros és párhuzamos kapcsolás esetén (5–6. feladat).

A vizsgálat-hoz alkalmazott A) és B) változatú feladatlap azonos típusú feladatokat tartalmazott a vezeték hosszúságára és keresztmetszetére, illetve a soros és a párhuzamos kapcsolásra vonatkozóan. A két feladatlapon azonban váltakozva szerepeltek a különböző típusú feladatok, így ki lehetett küszöbölni a tanulók felkészültségében levő esetleges eltérésekből adódó különbségeket.

A vizsgálatban hat iskola 223 tanulója vett részt, 8. osztályos tanulmányaik végén. (2)

A vizsgálat tapasztalatai

A feladatmegoldások összegezésekor – a helyes megoldások mellett – kiemelt figyelmet fordítottunk a nagyobb arányban előforduló, jellegzetes *hibás válaszok elemzésére*. E tanulói tévedésekből tudunk legtöbb esetben következtetni arra, hogy milyen megértésbeli problémák akadályozzák az adott fizikai összefüggés megértését, helyes alkalmazását.

A vizsgálat keretében megoldatott feladatokat, az azok megoldásában elért eredményeket és a leggyakoribb téves választokat feladatpáronként vesszük sorra. Az egyszerűbb összehasonlítás érdekében elsőként mindig a vezeték hosszára, illetve a soros kapcsolásra vonatkozó feladatot közöljük, esetenként megváltoztatva a feladatlap sorrendjét is. (A feladatok sorszámát azonban változtatlanul hagytuk.) A táblázatokban a helyes megoldást **vastag betűvel** jelezzük.

A/1. feladat: Két, egyenlő keresztmetszetű rézhuzal közül az egyik hosszabb, mint a másik. Hasonlítsd össze a két vezeték ellenállását! Egészítsd ki az alábbi mondatot:

A hosszabb rézhuzal ellenállása
., mint a rövidebb rézhuzal ellenállása.

B/1. feladat: Két, egyenlő hosszúságú rézhuzal közül az egyik nagyobb, a másik kisebb keresztmetszetű. Hasonlítsd össze a két rézhuzal ellenállását! Egészítsd ki az alábbi mondatot:

A nagyobb keresztmetszetű rézhuzal ellenállása, mint a kisebb keresztmetszetű rézhuzal ellenállása.

A/1.: hosszúság – ellenállás

A válaszok	száma	aránya
nagyobb	93	86,1%
ugyanakkora	2	1,9%
kisebb	11	10,1%
más hibás vagy hiányzó válasz	2	1,9%
összesen	108	100,0%

B/1.: keresztmetszet – ellenállás

A válaszok	száma	aránya
kisebb	86	74,8%
ugyanakkora	–	–
nagyobb	29	25,2%
más hibás vagy hiányzó válasz	–	–
összesen	115	100,0%

B/2. feladat: Két darab, egyenként 6–6 ohm ellenállású vashuzalt egymással sorosan összeforrasztunk. Mennyi lesz az így nyert kettős hosszúságú vashuzal ellenállása?

A/2. feladat: Két darab, egyenként 6–6 ohm ellenállású vashuzalt egymással párhuzamosan összefogunk. Mennyi lesz az így nyert kettős keresztmetszetű vashuzal ellenállása?

B/2.: hosszúság – ellenállás

A válaszok	száma	aránya
12 ohm	105	91,3%
6 ohm	2	1,7%
3 ohm	6	5,3%
más hibás vagy hiányzó válasz	2	1,7%
összesen	115	100,0%

A/2.: keresztmetszet – ellenállás

A válaszok	száma	aránya
3 ohm	59	54,6%
6 ohm	4	3,7%
12 ohm	30	27,8%
más hibás vagy hiányzó válasz	15	13,9%
összesen	108	100,0%

Mindkét feladatpár megoldása azt mutatja, hogy a tanulók jelentősen (11,3%-kal, illetve 36,7%-kal) jobb eredményt értek el a vezetékek hossza és ellenállása közti összefüggés felismerésében, mint a vezetékek keresztmetszete és ellenállása közötti kapcsolatra vonatkozó feladatok megoldásában.

Az ellenállás keresztmetszettől való függésére a tanulók nagy arányban (25,2%; 27,8%) adtak olyan hibás választ, mely szerint ha nagyobb a vezeték

keresztmetszete, akkor nagyobb az ellenállása is. Az ellenállás hosszúságtól való függésére vonatkozó válaszok között nem találunk ilyen jellegzetes, hibás választ.

A/3. feladat: Két, különböző hosszúságú alumíniumvezetéknek egyenlő az ellenállása. Miként lehetséges ez?

B/3. feladat: Két, különböző keresztmetszetű alumíniumvezetéknek egyenlő az ellenállása. Miként lehetséges ez?

**A/3.: (azonos ellenállás)
hosszúság – keresztmetszet**

A válaszok	száma	aránya
Különböző a keresztmetszetük	67	62,0%
hibás vagy hiányzó válasz	41	38,1%
összesen	108	100,0%

**B/3.: (azonos ellenállás)
keresztmetszet – hosszúság**

A válaszok	száma	aránya
Különböző a hosszúságuk	73	63,5%
hibás vagy hiányzó válasz	42	36,5%
összesen	115	100,0%

Ezt a feladatpárt az első két feladat kontrolljának is tekinthetjük. E feladatok megoldásához ugyanis szükség volt az ellenállás és a hosszúság, illetve az ellenállás és a keresztmetszet közötti kapcsolat felismerésére és alkalmazására, attól függetlenül, hogy a hosszúság vagy a keresztmetszet összehasonlításából kellett kiindulniuk a tanulóknak.

Így természetesnek kell tekintetnünk, hogy e feladat két változatának a megoldásában elért tanulói teljesítményben nincs lényeges eltérés. (A különbség 1,5%.) A két változat gyakorlatilag azonos nehézségi szintet jelentett a tanulók számára.

B/4. feladat: Sorosan kapcsolunk egy 30 Ω és egy 100 Ω ellenállású fogyasztót.

Mekkora lesz az eredő ellenállás? Húzd alá a helyes választ!

- 30 Ω -nál kisebb;
- 30 Ω ;
- 30 Ω -nál nagyobb, 100 Ω -nál kisebb;
- 100 Ω ;
- 100 Ω -nál nagyobb.

A/4. feladat: Párhuzamosan kapcsolunk egy 30 Ω és egy 100 Ω ellenállású fogyasztót. Mekkora lesz az eredő ellenállás? Húzd alá a helyes választ!

- 30 Ω -nál kisebb;
- 30 Ω ;
- 30 Ω -nál nagyobb, 100 Ω -nál kisebb;
- 100 Ω ;
- 100 Ω -nál nagyobb.

**B/4.: soros kapcsolás –
eredő ellenállás**

A válaszok	száma	aránya
a) $R < 30 \Omega$	4	3,5%
b) $R = 30 \Omega$	–	–
c) $30 \Omega < R < 100 \Omega$	–	–
d) $R = 100 \Omega$	–	–
e) $R = 130 \Omega$	111	96,5%
összesen	115	100,0%

**A/4.: párhuzamos kapcsolás –
eredő ellenállás**

A válaszok	száma	aránya
a) $R < 30 \Omega$	61	56,5%
b) $R = 30 \Omega$	2	1,8%
c) $30 \Omega < R < 100 \Omega$	34	31,5%
d) $R = 100 \Omega$	–	–
e) $R = 130 \Omega$	11	10,2%
összesen	108	100,0%

E feladat megoldásában mutatkozik a legnagyobb (40%-os) különbség a két változat megoldásában. A sorosan kacsolt fogyasztók eredő ellenállásának meghatározása nem jelentett gondot a tanulók többsége (96,5%) számára; a párhuzamosan kacsolt fogyasztók eredő ellenállását vi-

szont gyakorlatilag csak minden második tanuló (56,6%) tudta helyesen meghatározni.

A probléma gyökerét fejlődéslelektani okokban kereshetjük. A tanulók korábbi tapasztalatai azt mutatják, hogy ha valamihez valamit adnak, akkor az több lesz.

Most viszont egy olyan „furcsa”, új helyzettel találják szemben magukat, hogy az eredő ellenállás a kisebb (30Ω -os) ellenállásnál is kisebb. A megismert fizikai magyarázatot csak azok a tanulók tudták alkalmazni:

– akik a bemutatott kísérletek és a belőlük levont következtetések alapján logikailag is képesek voltak belátni ennek az összefüggésnek a realitását;

– akiknél elég szilárd, mobilizálható volt ez az ismeret ahhoz, hogy ez lépjen előtérbe a kézenfekvőnek látszó, de hibás, másik indoklás (az ellenállások összeadása) helyébe.

Érdekes módon, viszonylag nagy volt azoknak a tanulóknak az aránya (31,5%), akik a két ellenállás közé gondolták az eredő ellenállást ($30 \Omega < R < 100 \Omega$). E tanulók – feltehetően – emlékeztek arra, hogy az eredő ellenállás nem a két fogyasztó ellenállásának az összege, de a helyes megoldáshoz szükséges összefüggést már nem tudták felidézni.

A/5. feladat: Két, sorosan kapcsolt fogyasztóhoz egy harmadik fogyasztót ka-

csolunk az előzőekkel sorosan. Hasonlítsd össze e két esetben a fogyasztókon áthaladó áram erősségét és a fogyasztók ellenállását! Egészítsd ki az alábbi mondatokat:

a) A fogyasztókon áthaladó áram erőssége a harmadik fogyasztó bekapcsolása után, mint két fogyasztó esetén.

b) A három fogyasztó eredő ellenállása, mint a két fogyasztó eredő ellenállása.

B/5. feladat: Két, párhuzamosan kapcsolt fogyasztóhoz egy harmadik fogyasztót kapcsolunk az előzőekkel párhuzamosan. Hasonlítsd össze e két esetben a főágban mérhető áram erősségét és a fogyasztók eredő ellenállását! Egészítsd ki az alábbi mondatokat:

a) A főágban mérhető áram erőssége a harmadik fogyasztó bekapcsolása után, mint két fogyasztó esetén.

b) A három fogyasztó eredő ellenállása, mint a két fogyasztó eredő ellenállása.

A/5. a.: soros kapcsolás – áramerősség

A válaszok	száma	aránya
kisebb	38	35,2%
ugyanakkora	57	52,7%
nagyobb	11	10,2%
más hibás vagy hiányzó válasz	2	1,9%
összesen	108	100,0%

B/5. a.: párhuzamos kapcsolás – áramerősség

A válaszok	száma	aránya
nagyobb	46	40,0%
ugyanakkora	29	25,2%
kisebb	36	31,3%
más hibás vagy hiányzó válasz	4	3,5%
összesen	115	100,0%

A/5. b.: soros kapcsolás – eredő ellenállás

A válaszok	száma	aránya
nagyobb	92	85,1%
ugyanakkora	7	6,5%
kisebb	7	6,5%
más hibás vagy hiányzó válasz	2	1,9%
összesen	108	100,0%

B/5. b.: párhuzamos kapcsolás – eredő ellenállás

A válaszok	száma	aránya
kisebb	56	48,7%
ugyanakkora	2	1,7%
nagyobb	55	47,9%
más hibás vagy hiányzó válasz	2	1,7%
összesen	115	100,0%

A tanulók többsége számára nem kapcsolódott össze logikailag az 5. feladaton belül az a) és a b) részfeladat. Az A) csoporton belül csak 25 tanuló (23,1%), a B) csoporton belül pedig csak 34 tanuló (29,6%) adott helyes választ mindkét részfeladatra.

Érdekes, hogy nagyon sok tanuló (52,7%) ugyanakkorának gondolta az áramerősséget a harmadik fogyasztó sorba kapcsolása után is, mint eredetileg volt. Ennek magyarázatát abban látjuk, hogy e tanulók egy más szituációra érvényes összefüggést alkalmaztak erre az esetre. Tanulták ugyanis, hogy a sorosan kacsolt fogyasztók mindegyikén ugyanakkora erősségű áram halad át. Feltehetően a tanulók többsége – hibásan – ezt az összefüggést alkalmazta a feladat megoldásához. E tanulók nem vették figyelembe, hogy itt nem az áramkörben levő két fogyasztón áthaladó áram erősségét kellett összeha-

sonlítani, hanem arra kellett választ adni, hogy miként változik az áramerősség, ha megváltozik a sorba kapcsolt fogyasztók száma.

B/6. feladat: Sorosan kapcsolunk egy $20\ \Omega$ és egy $50\ \Omega$ ellenállású izzólámpát. Hasonlítsd össze a két izzólámpán áthaladó áram erősségét! Egészítsd ki az alábbi mondatot:

A $20\ \Omega$ ellenállású izzólámpán áthaladó áram erőssége, mint az $50\ \Omega$ ellenállású izzólámpán áthaladó áram erőssége.

A/6. feladat: Párhuzamosan kapcsolunk egy $20\ \Omega$ és egy $50\ \Omega$ ellenállású izzólámpát. Hasonlítsd össze a két izzólámpán áthaladó áram erősségét! Egészítsd ki az alábbi mondatot:

A $20\ \Omega$ ellenállású izzólámpán áthaladó áram erőssége, mint az $50\ \Omega$ ellenállású izzólámpán áthaladó áram erőssége.

B/6.: soros kapcsolás – áramerősség

A válaszok	száma	aránya
ugyanakkora	48	41,7%
kisebb	21	18,3%
nagyobb	46	40,0%
más hibás vagy hiányzó válasz	–	–
összesen	115	100,0%

A/6.: párhuzamos kapcsolás – áramerősség

A válaszok	száma	aránya
nagyobb	69	63,9%
ugyanakkora	2	1,9%
kisebb	37	34,2%
más hibás vagy hiányzó válasz	–	–
összesen	108	100,0%

Érdekes, hogy ennek a feladatnak a megoldásában a tanulók nagyobb arányban adtak helyes választ a párhuzamos kapcsolásra, mint a soros kapcsolásra. Ennek magyarázatát abban látjuk, hogy a tanulóknak a korábbi, összehasonlítást igénylő feladatok megoldása során az esetek többségében az egyszerűségről a többségre (és nem a törtrésze) kellett következtetniük. Így a bizonytalan tudással rendelkező tanulók számára is „természetesen” adódott a „nagyobb” szó beírása a kipontozott helyre.

Következtetések és metodikai javaslatok

a) A tanulók többsége helyes választ adott az ellenállásra, a fogyasztók soros és

párhuzamos kapcsolására vonatkozó kérdésekre. E tanulók többségének gondolkodási képessége eléggé fejlett ahhoz, hogy felismerje és alkalmazni is tudja a vezeték mérete és ellenállása, illetve a fogyasztók kapcsolása és az eredő ellenállás közötti összefüggéseket. Ehhez nemcsak a ténylegesen érzékelhető tapasztalatok figyelembevételére, hanem az azokból levonható következtetések levonására, *formális gondolkodási műveletek* végzésére is szükség van. (3)

b) A hibás választ adó tanulók többsége nem képes a ténylegesen tapasztalható tulajdonságok (hosszúság, keresztmetszet, a fogyasztók száma) összehasonlításából, vagy azok változásából következtetni a

nem érzékelhető tulajdonságokra, változásokra (áramerősség, ellenállás). A tanulók eddigi életük során elsődlegesen olyan jelenségekkel, változásokkal ismerkedtek meg spontán módon és iskolai tanulmányaik során, hogy *az egyik mennyiség növekedése a másik mennyiség növekedésével jár együtt*. Ezt a tapasztalatot hibásan alkalmazva, konkretizálva jutottak e tanulók arra a következtetésre, hogy ha *nagyobb* a vezeték keresztmetszete, *nagyobb* az ellenállása is; ha *több* fogyasztót kapcsolunk össze, akkor *nagyobb* az áramerősség, *nagyobb* az ellenállás is. Erre a téves gondolatmenetre utal az a tény, hogy a tanulói válaszok többségében a *nagyobb* szó szerepel, részben a feladat témájától függetlenül.

c) A vizsgálat számszerű adatokkal is összehasonlítható megerősítést adott arra a korábbi tapasztalatra, hogy a vezeték keresztmetszete és az ellenállás közötti összefüggés nehezebb a tanulók számára, mint a vezeték hossza és az ellenállás közötti összefüggés. Ugyanígy, nagyobb gondot jelent számukra a fogyasztók párhuzamos kapcsolásával összefüggő ismeretek elsajátítása, mint a sorosan kapcsolt fogyasztókra vonatkozó összefüggések megismerése. Ezért célszerű a több prob-

lémát adó ismeretek feldolgozására, gyakorlására, ellenőrzésére az eddiginél jóval *több időt és figyelmet* fordítanunk.

d) Tanításunk során célszerű határozottan különválasztanunk a következő két esetet:

– a változatlanul hagyott áramkörön (vagy bármilyen kísérleti összeállításon) belül hasonlítunk össze két mennyiséget;

– megváltoztatunk az áramkörön (vagy a kísérleti összeállításon) belül egy tényezőt (mennyiséget), s megvizsgáljuk, hogy miként változik meg ennek következtében a másik tényező (mennyiség).

Zátonyi Sándor

Jegyzet

(1) Varga Lajos–Zátonyi Sándor: *Vizsgálat az általános iskolai témazáró feladatlapokkal*. In: *Fizikatanításunk eredményessége, fizikatanításunk jövője*. Szerk.: Ujj János. OPI, Budapest, 1977, 85. p., valamint: Zátonyi Sándor: *A fizikai feladatok megoldása és a tanulók gondolkodása*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1983., 64.

(2) Lisznai utcai Általános Iskola, Budapest; Petőfi Sándor Általános Iskola és Gimnázium, Budapest, Kiskőrös u. 1.; Szlovák Általános Iskola és Gimnázium, Békéscsaba; Dürer Albert Általános Iskola, Gyula; Szent Orsolya Római Katolikus Általános Iskola és Gimnázium, Sopron.

(3) Piaget, Jean: *Válogatott tanulmányok*. Gondolat Kiadó, Budapest, 1969, 66. p.