

# TANULÓI TÉVKÉPZETEK VIZSGÁLATA AZ ELEKTROMOSSÁGTAN TÉMAKÖRÉBEN

Radnóti Katalin, Nguyen Q. Chinh  
ELTE TTK, Fizikai Intézet

Írásunk első részében röviden ismertetjük a tanulói tévképzetek kutatásának fontosságát, valamint bemutatjuk a fizika oktatása során gyakran tapasztalható tanulói elképzeléseket. A második részben saját tapasztalatainkat osztjuk meg az elektromosságtan témakörében íratott egyetemi vizsgadolgozatok elemzésével.

## A tévképzetekről általában

A tanulással foglalkozó legújabb elméletek azt vallják, hogy a diákok fejében nem egyszerűen az információfelvétellel formálódik, alakul a tudás, az nem közvetítődik, hanem a tanuló saját maga konstruálja meg, és e folyamatban meghatározó szerepe van az *előzetes tudásnak*.

Valójában a diákok minden témával kapcsolatban rendelkeznek valamilyen, „jó” vagy „rossz” előzetes elképzeléssel, amely meghatározza a további tanulás folyamatát, és sajnos nem egy esetben nehezíti azt. Ezért fontos, hogy a pedagógus fokozottan figyeljen rájuk, hiszen ellenkező esetben félő, hogy az új tudás nem alakul ki a diákokban, és csak mint megtanult versike (például Arkhimédész-törvény) lesz az adott ismeret.

A gyermekek természeti jelenségek magyarázatára használt fogalomrendszere *néhány fogalomhalmaz fokozatos differenciálódásaként* írható le. Ezek egyi-

ke az inkább *statikus* viszonyok jellemzésére használt, a mennyiséggel kapcsolatban álló fogalomhalmaz. Ilyen például a sok, nehéz, nagy, sűrű, kemény és ezek ellentétei. A másik nagy fogalomhalmazt *dinamikusnak* nevezhetjük. Ide tartozik a mozgás, az erő, a gyorsaság (ez nagyon nehezen differenciálódik sebességre és gyorsulásra), a nyomás, a hő, a hőmérséklet, az energia. E fogalomhalmazzal kapcsolatos a gyermektudomány elemeinek azon jellegzetessége, hogy a diákok erősen keverik az *extenzív* és *intenzív* fizikai mennyiségeket, vagyis a folyamatok során összeadódókat, illetve kiegyenlítőddőket. Jellemzően a kiegyenlítőddő mennyiségeket is összeadódóként kezelik. Ennek legjobb példája a hő és a hőmérséklet fogalmak keverése. E két fogalom a tudomány története során is viszonylag későn vált ketté.

A tévképzetek gyakran makacsul ellenállnak a megváltoztatásukra irányuló kísérleteknek, így az oktatás során akadályként jelennek meg. Valójában ezen sémák gyakran mégis jól működnek a gyermek világában, olyan kapcsolódási pontokat nyújtanak, ahonnan kiindulva felépíthető a későbbi, pontosabb tudás. Ezért nem mindenki használja szívesen a tévképzet kifejezést. A tévképzetek egy részét maga az oktatási folyamat, például félvezető tankönyvi ábrák hozzák létre. A tévképzetkutatás a 80-as években az angolszász országokban kezdődött [1]. Később hazánkban is számtalan ilyen jellegű kutatás szerveződött, így már magyarul is olvashatunk a témáról [2–5].

„A kutatás az ELTE Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program (1783-3/2018/FEKUTSRAT) keretében valósult meg az Emberi Erőforrások Minisztériuma támogatásával.



Radnóti Katalin az ELTE TTK-n végzett kémia–fizika szakos tanárként. Több éves középiskolai tanári munkája mellett egyetemi doktorátust szerzett fizikából, majd az ELTE Tanárképző Főiskola oktatójaként a neveléstudomány kandidátusa lett a fizika tanítása témaköréből. Jelenlegi munkahelye az ELTE TTK Fizikai Intézet, főiskolai tanár. Több mint 200 publikációja van, tanári segédletek, tanulmányok, könyvek, könyvfejezetek. Kutatási területe a fizika és a természettudományok tanításának módszertana.



Nguyen Quang Chinh az ELTE Anyagfizikai Tanszékének egyetemi tanára. Évek óta foglalkozik az anyagok plasztikus alakváltozásának vizsgálatával, a plasztikus instabilitás és hasonló folyamatok leírásával, illetve elemzésével. Oktatási és kutatási munkája mellett elkötelezett támogatója a Tudományos Diákköri (TDK) mozgalomnak. Országos konferenciákon több hallgatója is helyezést szerzett. Jelenleg az ELTE Fizikai Intézet TDK-felelőseként koordinálja a kari fizikai TDK tevékenységeket.

## Tévképzetek a fizikában

A tévképzetkutatások a fizika területén kezdődtek el. Az iskolában tanult newtoni mozgásleírás elfogadása a leginkább közismert és sokszor komoly gondot okozó. Ez az egyik legfontosabb fogalmi váltás, amelyet az általános iskolában kell elkezdni. Sok esetben hallunk olyan tanulói elképzeléseket, amelyek az ókori görög tudós, Arisztotelész elképzeléseihez hasonlítanak.

## Az anyag részecsketermészetének elfogadása

Sokáig azt gondolták, hogy az *anyag a végtelenségig osztható* úgy, hogy közben az egyre kisebb részek megtartják eredeti tulajdonságaikat. Bár az ókori görögök tudósokban is felvetődött, hogy ez nem biztosan van így (*Demokritosz*), de a középkorban és sőt még az újkorban is ez volt az uralkodó nézet. A teljes tudóstársadalom is csak a 20. század elején fogadta el az *anyag atomos természetét*, vagyis, hogy

az anyag nem folytonosan tölti ki teret, és az egyes részecskék között vákuum van.

Sok olyan jelenség van, amely folytonos anyagképpel is jól magyarázható, például a testek hőtágulását úgy is nagyon jól lehet elképzelni, hogy az anyag nyúlik, mint a rétestészta. Ellenben a halmazállapot-változásokat már nehéz lenne a folytonos anyagképpel elképzelni. Az anyag részecskéképpének elfogadása is fontos fogalmi váltás, és lényeges elem a természet működésének megértéséhez, amelyhez a kémia tantárgy tanulása is hozzájárul.

Meleg vagy magas hőmérsékletű?

A *hő* és a *hőmérséklet* fogalmakat régen kevésbé élesen különböztették meg. Egyszerűen csak azt mondták, hogy meleg vagy hideg van. *Galilei* alkotta meg az első hőmérőt. A hőt ez után sokféleképp értelmezték, amelyekhez hasonlóak esetleg a tanulók elképzeléseikben is megtalálhatók. Ilyenek lehetnek a következők:

- A hőt a testhez tartozó valamiféle lényegnek tartották. Ez a régi hőanyagelmélet alapja.
- A hőmérséklet egyfajta anyagi tulajdonság, holott ez állapotjelző.
- A termikus egyensúly esetében is különböző a testek hőmérséklete, amely függ az anyagi minőségtől. Könnyen meggyőződhetünk, hogy nem így van, elég megmérni a különböző testek hőmérsékletét egy normál szobában. (Nem a konyhában, ahol ott a hűtőszekrény, vagy esetleg éppen főzésnek.)
- Melegítés hatására a testek hőmérséklete minden esetben növekszik. Ez a halmazállapot-változások esetében nem igaz!

Mit állít elő az erőmű?

„Az energiát erőművekben termelik, majd a fogyasztókhoz vezetik, akik azt elhasználják.”

A hétköznapi életben sokszor azonos értelemben használjuk az *erő* és az *energia* fogalmát, azok nem differenciálódtak. Ez is a fizikaórák feladata.

## Elektromos jelenségekkel kapcsolatos tévképzetek

A formális fizikatanulmányok kezdetére bizonyos tudáselemeket, elképzeléseket – többek között – az elektromosságtan témakörében is konstruálnak magukban a gyerekek. Mindennapi életük során sok elektromos eszközt használnak, játékaikban elemek, motorok, izzók, huzalok, kapcsolók, esetleg még komolyabb elektronikai alkatrészek is vannak. Már egészen kicsi gyerekek is olyan, elektromos árammal kapcsolatos műveleteket végezhetnek, mint például:

- elektromos kapcsoló, például villanykapcsoló használata;
- elemcsere, például játékban, elektronikus háztartási eszköz távirányítójában;

• elektromos jellegű játékkal, például autóval, mozgó, beszélő babával való játszás;

- „számítógépezés”,
- telefon használata.

Az elektromos árammal működő eszközök használata esetén is energiaváltozások figyelhetők meg, és ahogy az energia témakörénél, úgy itt is igaz, hogy a kezdeti gyermeki elképzelések valamilyen módon a „keletkezés” és a „megszűnés” képzeletével kapcsolhatók össze, pontosabban a *forrás-fogyasztó* szemlélet egyeduralmát lehet kimutatni a korai gyermeki gondolkodásban.

A forrás-fogyasztó szemlélet azt jelenti, hogy a gyermek gondolkodásában az áramforrás és a fogyasztó kapcsolata egyirányú, áramkörfogalomról itt még nem beszélhetünk. Azt gondolhatja, hogy elég csupán egy huzallal összekötni a fogyasztót az áramforrással, például az izzót az elemmel. Az elektromos áram valamilyen fogalma már kialakult a gyermekben, de az áramkörrel, vagy a töltések mozgásával kapcsolatban még semmilyen elképzelése nincs, legalábbis ez hangzik logikus feltételezésnek.

Az egyoldalú, forrás-fogyasztó szemlélet másképpen is jelentkezhethet. E fejlődési szakaszban már valódi áramkör van, azonban az áram nem jár körbe, a teleptől a fogyasztó felé folyik, ott a két ágon „jövő” áram „ütközik”, és ez a világítás oka. Ezt az elképzelést „ütközös modellnek” nevezik [5].

A fejlődés további állomásain a gyermek már valódi áramkört képzel el, amelyben a töltések körbe-körbe áramlanak. E modellek jellegzetessége – legalábbis még egy darabig – azonban, hogy *a töltésmegmaradást nem tartalmazzák*. A forrás-fogyasztó modell még mindig hat, az elektromosság keletkezik (az elemben) és elnyelődik, elfogyasztódik (a fogyasztóban). A sorba kapcsolt izzók közül – a gyermek szerint – jobban világít az, amelyiket előbb éri el az áram, hiszen „az utána következőnek már nem jut annyi áram, mint az elsőnek” – pedig jól tudja, hogy az izzók abszolút egyforma tulajdonságúak. Ez a kép módosulhat, ha a jó fizikatanár gondosan megmutatja a gyerekeknek (vagy elvégezteti velük a kísérletet, amelyben a tanuló kénytelen tapasztalni), hogy az izzók egyformán világítanak, s ez elindíthat némi változást a megfelelő tudásrendszerben. A diákok számára egyáltalán nem könnyű a fogalmi váltás, ahogyan az számtalan fizikaórán tapasztalható akár a 8., akár a 10. osztályban. A gyerekek egy része váltig állíthatja, hogy szerinte a második izzó gyengébben világít (s valljuk be, előfordulhat, hogy nem teljesen egyformák az izzók). Mondhatják azt is, hogy olyan kicsi a különbség, ami észrevehetetlen, de van. Módosíthatják elképzelésüket: az izzók egyformán világítanak, a rajtuk áthaladó áram erőssége megegyezik, de utána az áram „legyöngül”, és a telepen már kisebb áram folyik át. Ez érdekes példa arra, hogyan építenek be a gyerekek új tapasztalatokat a meglévő, a tudományossal szöges ellentétben álló (a töltésmegmaradást el nem fogadó) elképzeléseik kereteibe.

A töltésmegmaradás tényének elfogadása fontos fogalmi váltás a gyermeki gondolkodás fejlődésében.

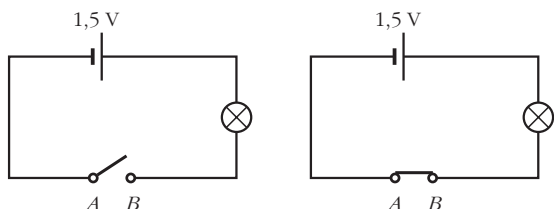
Összefoglalva, az áramkörökkel kapcsolatos alapvető gyermeki elképzelések a következő négyféle modell szerint írhatók le:

- nincs áramkör, csak egyetlen huzal;
- ütközős modell;
- nem konzerváló modell;
- érett, az áramköri folyamatok lényegét jól tükröző, a tudományosnak megfelelő kép.

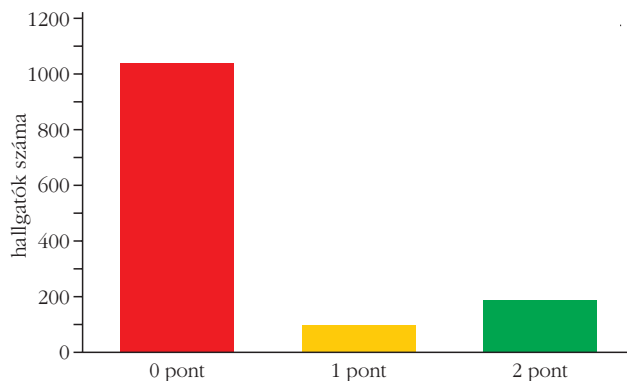
A töltésmegmaradás elvének elfogadása még nem feltétlenül jelenti azt, hogy a tanulóban minden tekintetben a tudományos képnek megfelelő felfogás alakult ki. Olyan szemléletmód is megformálódhat, amelyben az áramkör egy adott pontján végrehajtott módosítás csak azon a ponton, illetve az áramirány szerint az után következő áramköri elemeken okoz változást. Ez a jelenség kapcsolatban lehet egy korábbi állapottal, a töltésmegmaradást még nem elfogadó gyermeki gondolkodással, de magasabb szinten is jelentkezhet.

A probléma gyökerét sok kutató abban látja, hogy a gyerekek az áramkör teljesebb – már a töltésmegmaradást is tartalmazó – értelmezése keretében egyfajta *szekvenciális modellt* konstruálnak. Ennek lényege, hogy az áramkörben a töltésmozgást, és az annak megfelelően kialakuló elektromos jelenségeket egy szekvenciális folyamatként írják le, vagyis az elektronok „kijönnek” az áramforrásból, szép sorban végighaladnak az egyes áramköri elemeken, ahogy azok sorba vannak kötve, és a folyamat végén „bemennek” az áramforrásba. Lényegében tényleg ez történik, de két probléma mindenképpen adódik, ha e kép uralkodik el az áramkörök „működésének” magyarázatán. Az egyik, hogy *a jelenségek lokálisak lesznek*, amikor az áram „odaér”, akkor – függetlenül attól, hogy milyen más elemek vannak a körben – ott fog történni valami. Márpedig tudjuk, hogy a jelenségeket az áramkör egésze határozza meg, lokális magyarázatok nem adhatók. A másik probléma – hogy *az elektromos jelenségek „ősoka” az áram* – is ezzel függ össze, illetve ez a szemlélet erősödik meg. Látni fogjuk, hogy ebből következik az áramerősség és a feszültség fogalmainak összekapcsolása. Példaként nézzük a következő feladatot!

Mekkora feszültség mérhető az *AB* pontok között ideálisnak tekinthető feszültségmérővel a vázolt két esetben?



- 1,5 V és 1,5 V
- 0 V és 0 V
- 1,5 V és 0 V
- 0 V és 1,5 V
- Nem dönthető el, mert nem tudjuk az izzó ellenállását.



1. ábra. Az egyszerű áramkör-tesztfeladat megoldottsága a 2008-as felmérésben.

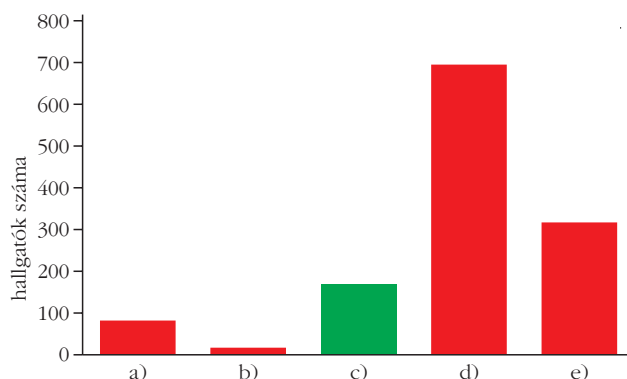
A feladat több ízben szerepelt első éves egyetemi hallgatók belépő dolgozatában, amelyet tanulmányaik megkezdése előtt szoktak megírtni a felsőoktatási intézményekben. A megoldottsága 20% körül, vagy az alatt szokott lenni. Ennek oka minden bizonnyal a feszültség és áramerősség fogalmak differenciálatlan volta.

Bő tíz éve, 2008 őszén 1324 fő, a felsőoktatás mérnök és fizika BSc szakjaira beiratkozó diák írt meg egy, a hallgatók fizikatudás-szintjét vizsgáló dolgozatot, amelynek egyik kérdése volt a fenti feladat. Indoklást is kértünk. 189-en jól választottak és indokoltak, 2 pontot kaptak. A kollégák részpontoszámot, 1 pontot azon 96 hallgatónak adtak, akik szövegesen értékelhető gondolatokat írtak le. A többiek – 1039-en(!) – 0 pontot kaptak (1. ábra).

A feladat még azon hallgatók körében is nehézséget okozott, akik emelt szinten érettségiztek. A feladathoz sokan írtak olyan téves megjegyzéseket, hogy ha nem zárt az áramkör, akkor nem is lehet feszültséget mérni. Ehhez hasonló gondolatmenet alapján jutottak arra a következtetésre is, hogy csak a d) válasz (0 V és 1,5 V) lehet a jó [6].

Hét évvel később, 2015 őszén egy újabb felmérésben szerepelt ez a feladat. A felmérésben 1320-an, mindannyian az adott évben érettségizett diák vett részt, de az előbbi felméréssel ellentétben nem csak mérnök, illetve fizika BSc-s, hanem bölcsészhallgatók is voltak. A felmérés online történt, így a válaszok kódolva voltak, amelyek közül mi szűrtük ki a

2. ábra. Az egyszerű áramkör-tesztfeladat megoldottsága a 2015-ös felmérésben.



jót. Nem csak azt néztük, hogy jó vagy rossz választ kaptunk, hanem minden egyes válaszlehetőség előfordulását is vizsgáltuk. Másrészt szöveges indoklást vagy megjegyzéseket nem tudtunk kérni. Mindössze 168-an jelölték be a helyes választ, ami messze elmarad a véletlenszerű választás esetében tapasztalható 20%-nak, 264 főnek.

A kapott adatok megerősítették a fentebb írtakat: a diákok ténylegesen keverik az áramerősség és a feszültség fogalmakat.

A 2. ábrából látható, hogy a legtöbben – a helyes c) válasz helyett – a d) választ, vagyis éppen a fordítottját jelölték meg megoldásként. Ez a feszültség és az áramerősség fogalmak *differentiálatlan* voltát mutatja a frissen érettségizett hallgatók esetében, hiszen akkor kellene valamit mutatnia a műszernek, amikor a lámpa világít. Az e) válaszlehetőséget megjelölők pedig – minden bizonnyal – számításon feladatnak tekintették a problémát, és kevésnek találták a kapott adatokat.

Az eredmények azt mutatják, hogy a fizika tanulása során fontos megépített, valódi áramkörökön méréseket végezni és eredményeket elemezni. A szerzők egyike (RK) több olyan 8. évfolyamos tanórán vett részt, ahol a diákok egyik feladata a fenti áramkör megépítése és a kapcsolón eső feszültség megmérése volt. Nagyon sok diák elcsodálkozott azon, hogy a műszer akkor mutatott közel nulla értéket, amikor a lámpa világított. Többen szóltak tanáruknak, hogy a műszerük elromlott, és cserélje ki azt. A tanár néhány esetben megtette, így a diákok – némi tanári segítséggel – fokozatosan rájöttek, hogy a műszerek nem romlottak el, nem mutatnak hibás eredményt.

A diákokok problémáját az áramerősség és feszültség fogalmak *differentiálatlan* volta, azok gyakorlatilag azonosnak tekintése okozza. Vagyis a feszültségfogalom nem különül el az áramerősség fogalmától, ha van áram a körben, akkor a feszültségnek sehol sem szabadna 0-nak lennie. A feszültség a diákok szemében ugyanúgy az „áram erősségére”, energiájára, „hatékonyságára” jellemző mennyiség, mint az áramerősség, sőt, az Ohm-törvénnyel még meg is erősítjük bennük a két mennyiség azonosítására vonatkozó elképzelést. Tehát a tanulók többségének a feszültség az áram tulajdonsága, és lényegében az áramerősséggel azonosul. A nyitott áramkör esetén nincs áram, tehát a feszültség is 0 V, ha zárjuk az áramkört, akkor pedig az 1,5 V-os elem miatt 1,5 V lesz a kapcsoló kivezetéseinek a feszültség, hiszen ebben az esetben van áram.

## Földtudomány szakos hallgatók fizikatudásának vizsgálata elektromosságtan vizsgadolgozataik alapján

Írásunk további részében földtudomány szakos hallgatók elektromosságtan témakörben írt egyetemi vizsgadolgozatait elemezzük. Bemutatjuk, hogy a hallgatókban milyen jellegű tévképzetek jelennek meg, és

megpróbáljuk értelmezni, hogy az ilyen tévképzetek milyen közoktatásbeli hiányosságokra vezethetők vissza. Természetesen nem várjuk el, hogy a közoktatásban egyetemi tananyagot tanítsanak, csak az alapozáshoz szeretnénk javaslatokat adni a hallgatók tévképzetei, hiányosságaik bemutatásával. A fizika és ezen belül az elektromosságtan oktatásának javításához szeretnénk hozzájárulni.

A földtudomány, illetve különböző ágainak műveléséhez elengedhetetlen a fizikatudás. Továbbá az alkalmazott mérőműszerek mindegyike fizikai alapon nyugszik. Ezért a földtudomány szakos hallgatóknak kötelezően előírt fizikakurzusokat, mint mechanika-hőtan és elektromosságtan-optika tartunk. Azon hallgatók számára, akik nem elegendő tudást hoznak középiskolai tanulmányaikból fél éves felzárkóztató kurzust szervezünk. Sajnos az 1. évfolyam nagy részének látogatnia kell, mivel a közoktatás során csak kevesen szereznek annyi ismeretet, hogy elfogadható mértékben tudják megírni a szintfelmérő dolgozatot. Ez az elkeserítő eredmény abból adódik, hogy a közoktatás utolsó évében már nem kötelező a fizika oktatása, a tanulók többsége nem érettségizik fizikából, így fakultatív tantárgyként sem veszik fel, egy éven át csak felejtik az addig megszerzett tudást. (A diákok inkább a földtudományokhoz legközelebb álló földrajzból és még valamilyen kötelező érettségi tantárgyból, legtöbb esetben matematikából fakultálnak.) Sokan számolnak be arról, hogy iskolájukban nem vették komolyan e tantárgyat, nem volt rendes fizikaórájuk. Továbbá nem gondolták, hogy választott szakjukon fontos lesz a fizika, ezért nagy többségük csak a kötelező érettségi tantárgyakra és az egyetemi bekezdésre koncentrált.

A fent említett vizsgadolgozatok szerkezete a következő: 20 darab kis kérdés szerepel, amelyekben fizikai törvények matematikai megfogalmazásait (képleteket), azok szöveges értelmezését – esetleg ábrával kiegészítve – kérjük. Majd 4 kifejtős kérdés szerepel. Ezek közül 2-3 rövid levezetés, 1-2 pedig gyakorlatilag középiskolási szintű számításon feladat. A hallgatók előre megismerik a dolgozat szerkezetét. Készülékükhöz megkapják a várható kérdések, levezetések körét (természetesen annál jóval többet), akár olyan formában is, ahogy az a dolgozatban szerepel. A feladatmegoldást pedig – az előadásokon túl – számolási gyakorlat is segíti.

A dolgozatok értékelését minden esetben kvantitatívan is elvégezzük, a sikerességet statisztikailag is kiértékeljük. Azonban jelen írásunkban nem ezzel foglalkozunk, hanem kvalitatív elemzéssel, konkrét hallgatói megfogalmazások, hibás gondolatmenetek bemutatásával szeretnénk rámutatni a jellegzetes hibákra.

A hallgatók dolgozataiban is a *feszültség* definíciója bizonyult a legproblematisabb területnek.

Sokan a következő definíciót adták:  $U = I \cdot R$ , tehát „az elektromos feszültség egyenesen arányos az ellenállás értékével és az ellenálláson átfolyó áramerősség szorzatával”.

A hallgatók egy áramkörben lévő  $R$  ellenálláson eső feszültségként határozzák meg a fogalmat, és nem az elektromos mező töltésen végzett munkájához kötik.

Érdekes a következő hallgatói definíció is: „áramjárta vezető két pontja közt az áramerősségtől és a vezető ellenállásától függően feszültségkülönbség alakul ki”.

A potenciálkülönbség helyett itt még a „feszültségkülönbség” kifejezés is megjelenik. Az ellenállás két végpontja között, ha zárt áramkörbe kötjük, valóban feszültség lesz, de e mondatban az a tévképzet érhető tetten, mintha minden elektromos jelenség „ősoka” az elektromos áram lenne. Ez a felfogás tapasztalható a szinuszos váltóáram effektív értékeinek definiálásánál is. A hallgató szerint az áram áthaladva az ellenálláson „ugyanynyi feszültséget hoz létre...”.

Többször előfordul, hogy egy másik képletet – amelyben szerepel a feszültség – húznak elő, például a kondenzátorra vonatkozót, és azzal definiálják a feszültséget,  $U = Q/C$ .

Olyan megfogalmazást is érdekes olvasni e dolgozatokban, amikor a munkához – amelyhez ténylegesen tartozik – kötik fogalmat, de például a következő megfogalmazásban: „a töltésre ható  $W_{AB}$  munka és a  $Q$  töltés hányadosa.”

Ebben az esetben a munka és az erő fogalmának keveredése érhető tetten, hiszen definíció szerint az erő hat a testekre. (Ténylegesen egy másik test vagy mező hatása.) A mező ténylegesen erővel hat a töltésre, azon munkát végez, ami egy folyamat. A feszültség két pont között értelmezendő skalár mennyiség. Míg az erő egy adott pontban ható vektor.

Szinte már szórakoztató, amikor a hallgató „két ponttöltés közötti munkával” határozza meg a feszültség fogalmát  $W_{AB}/Q = U_{AB}$ . Ha csak a képletet néznénk, akár még jó is lehetne, de a szöveges megfogalmazásból látható, hogy sajnos nem érti a lényegét.

Tanulságos a következő megfogalmazás is: „Az elektromos feszültség egyenesen arányos az  $A$ - $B$  közti munkával és az ezen folyó töltés hányadosával.” E szerint mi végzi a munkát, min végzi a munkát, mit jelent a folyó töltés? A hallgató csak arra emlékezett, hogy a feszültségnek köze lehet a munkához.

Az Ohm-törvény megfogalmazásakor is bőven találunk példát a feszültség és az áramerősség fogalmak *differenciálatlan* használatára. Kiváló eset az alábbi hallgatói meghatározás, amely elsőre még jó is lett volna: „A feszültség áramerősség egyenesen arányos az  $R$  ellenálláson átfolyó áramerősséggel feszültséggel és az  $R$  ellenállás hányadosával.”

A hallgató áthúzta az elsőre jól alkalmazott fogalmakat, így azok éppen fordítva szerepelnek. És fel sem tűnt – nem bántotta a fülét –, hogy a *feszültség folyik* át az ellenálláson, amely azért elég furcsa kifejezés.

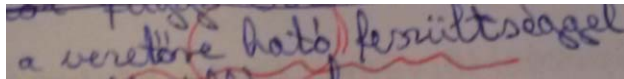
A hallgatók kis százaléka jelölte rajzán, hogy az ellenálláson eső feszültségről, nem pedig az áramkörbe kapcsolt áramforrás feszültségéről van szó.

Többen rajzoltak egyszerű áramkört, amely ellenállást is tartalmaz. Majd a „vezető feszültségéről” írtak.

Például: „A vezetőn folyó áramerősség egyenesen arányos a vezető feszültségével, illetve a feszültség egyenesen arányos a vezetőre jellemző ellenállással.”

A potenciál és a feszültség fogalmak is keverednek. „A potenciál egyenesen arányos az áramerősség és az ellenállás szorzatával.”

Találkozni olyan megfogalmazással is, amely a feszültséget az erőhöz hasonló fizikai mennyiségként értelmezi, mint például „a vezetőre ható feszültség”.



Van olyan hallgató, aki az elektrosztatikus tér erőmentességét értelmezi sajátosan, miszerint „bármely  $\Delta s$  elmozdulás és térerősség szorzatának összege nulla”.

Így hogyan tudna munkát végezni?

A Coulomb-törvényt is sikerült értelmetlenül megfogalmazni. „Két próbatöltés szorzata egyenesen arányos a Coulomb-erővel, távolságuk négyzete fordítottan arányos.” Miért a „próbatöltés” kifejezés? És a távolságuk négyzete mivel arányos fordítottan? Szinte tapintható az értelmetlen magolás.

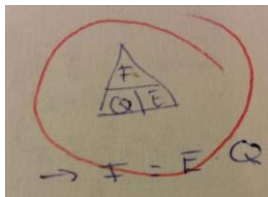
Az *erő* és az *energia* fogalmának keveredése érhető tetten a motorok és generátorok működési elvének leírásában is. Ezekben az elektromos energia alakul át mechanikai energiává, illetve fordítva. A hallgatói megfogalmazás szerint viszont az „elektromos erővel mechanikai erőt képeznek”. Továbbá az erő mintha valamiféle külön anyag lenne. Ez az anyagszerűség jelenik meg ugyanezen hallgató esetében a szinuszos váltóáram effektív értékének definiálásában is, amelyet az áram „hőképző képességével” magyaráz. Vagyis a testek állapotához, vagy a kölcsönhatások jellemzésére szolgáló fizikai mennyiségek mintha külön, önálló létezők lennének.

Az egyetemi tananyagban természetesen szerepelnek a Maxwell-egyenletek, de a földtudomány szakos hallgatók esetében csak integrális formájukban. A hallgatók a korábbi kurzusaikon megismerkednek a differenciál- és integrálszámítás elemeivel, amely sajnálatos módon semmilyen formában sem kötelező tananyag a közoktatásban. A fizikában alapvetően fontos vektorokkal kapcsolatos ismereteket viszont már a közoktatásban kezdik tanulni a diákok. Az egyenletekre vonatkozó kérdések esetében is általános tapasztalat, hogy a hallgatók körülbelül emlékeznek valamiféle összefüggésre, de azok fizikai tartalmával már kevéssé vannak tisztában. Ezt jól jelzi például az, hogy a vektorjelöléseket rendszeresen leahagyják, holott vonal-, illetve felületi integrálokról van szó a vektorokkal jellemzett elektromos, illetve mágneses mező esetében.

A Gauss-törvény esetében például több hallgatónak nem világos, hogy a zárt felületen belül lévő töltésekről – hiszen azok keltik a teret –, nem pedig a zárt görbe felületén levőkről van szó. „Az elektromos mező térerőssége egyenesen arányos a zárt felületen lévő össztöltéssel.”



A hallgatói dolgozatokban egy-két számításos feladat is szerepel. Ponttöltések esetében általában a Coulomb-törvényt kellene alkalmazni. Adott pontban ható erők vagy térerősségek kiszámítása a feladat. Ezek megoldottsága rendkívül gyatra, holott azok középiskolás szintűek. Egy érdekes momentum bemutatása miatt írunk róla: a hallgató az erő, a térerősség és a töltés kapcsolatának kiszámításához úgynevezett segítő háromszöget használt.



Általános iskolai tanárok próbáltak meggyőzni eme segédeszköz ideiglenes használatáról, mondván, a diákok még nem tudnak egyenletet rendezni. Tehát matematikai hiányosságról van szó, amely megnehezíti a fizika tanítását. Ezért a fizikaoktatás elején szereplő kinematika témakörében az út-idő-sebesség számításához gyakran használnak ilyen segítő eszközt. A baj akkor keletkezik, ha ez a fajta segítség rögzül, és még a felsőbb matematika tanulása után is – a racionális megfontolások, a fizikai tartalom helyett – ehhez nyúl a diák.

## Következtetések, javaslatok

Általános tapasztalat, hogy a hallgatók rendkívül hiányos alapokkal érkeznek. Ez nem csak a fizikai, hanem a matematikai tudás hiányosságaira is értendő. A diákok csak képleteket látnak, de a mögöttük lévő fizikai tartalmat már nem, amit az összefüggésekhez fűzött szöveges megfogalmazásokból láthatunk. A hall-

gatók nem érzékelik a fizikai mezők leírásához szükséges vektoriális megfogalmazások szükségességét. A fizikai mennyiségeket különálló létezőknek tekintik, nem pedig a testek, a mezők állapotához, vagy éppen a kölcsönhatás leírásához rendelt mérhető jellemzőknek. Nem differenciálódnak olyan alapfogalmak, mint az erő és energia, a feszültség és áramerősség. Azt javasoljuk, hogy a közoktatás éveiben a kollégák sokkal nagyobb hangsúlyt fektessenek a fizika alapvető fogalmainak megértetésére. Érdemes ténylegesen megépíteni az egyszerű áramköröket, például a 2008-as, illetve a 2015-ös vizsgálatban szereplőt is, majd ahhoz kapcsolódóan méréseket (áramerősség, feszültség az áramkör különböző részein) és számításokat is végezni, illetve szimulációkat vizsgálni [7, 8].

## Irodalom

1. Driver, R.: *The Pupil as Scientist?* Open University Press, Milton Keynes, Philadelphia, 1983.
2. Korom E.: *Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest (2005) 192 o.
3. Nahalka István: A gyermektudomány elemei a fizikában. In: Radnóti Katalin, Nahalka István (szerk.): *A fizikatanítás pedagógiája.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest (2002) 159-188. [http://members.iif.hu/rad8012/fizika/fizikatanitas\\_pedagogiaja.pdf](http://members.iif.hu/rad8012/fizika/fizikatanitas_pedagogiaja.pdf)
4. Nahalka István: A természettudományos nevelés pedagógiai háttere. In: Radnóti Katalin (szerk.): *A természettudomány tanítása. Szakmódszertani kézikönyv és tankönyv.* Mozaik Kiadó, Szeged (2014) 19-68.
5. Nagy-Czirok Lászlóné, Horváth Gábor: Tanulók fizikával kapcsolatos tévhitei. *Fizikai Szemle* 69/2 (2019) 63-70.
6. Radnóti Katalin, Pipek János: A fizikatanítás eredményessége a közoktatásban. *Fizikai Szemle* 59/3 (2009) 107-113. <http://fizikai szemle.hu/archivum/fsz0903/FizSzem-200903.pdf>
7. <https://phet.colorado.edu/hu/simulations/category/physics/electricity-magnets-and-circuits>
8. <https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=hu>

# EGY TÉVESZME FELBUKKANÁSA OKTATÁSUNKBAN

Holics László  
Budapest

Az általános és középiskolai fizika- és biológiaórákon a tanulói ifjúságot gyakran tévútra vezet egy elképesztő hiedelem. Érdemes tehát pár mondatot szólni ennek elemzésére. Az alábbiakban e hiedelem forrásaiból idézünk, és igyekszünk feltárni ellentmondásait. Kiindulunk egy konkrét újságcikkből, majd ké-



Holics László 1953-ban diplomázott az ELTE-n. 1959-ig a budapesti II. Rákóczi Ferenc gimnázium matematika-fizika-ábrázoló geometria tanára, majd 2010-ig az ELTE Apáczai Csere János Gimnázium fizika vezetőtanára. A Fizika OKTV, a Mikola Sándor Fizikaverseny Bizottságának és a *KöMaL* szerkesztőbizottságának tagja, több fizika tankönyv szerzője. Többek között az Apáczai Csere János díj, az Ericsson-díj, a Rátz Tanár Úr életműdíj és a Magyar Érdemrend tisztikeresztje birtokosa.

sőbb több más forrást felsorolunk, hogy e hiedelem széles körben való elterjedésére és egyben veszélyére rámutassunk.

A *Magyar Nemzet* 2004. február 14-i száma Magazinjának 29. oldalán jelent meg *Lexikon az agyban* címen Balavány György tollából egy írás, amelyben a Hámori József professzorral folytatott beszélgetés lényegét foglalja össze. E szövegben található egy képtelen állítás, ami sajnos nagyon elterjedt, még különböző pszichológia-, fejlődéslélektani stb. könyvekben<sup>1</sup> is olvasható. Az ominózus állítás így hangzik:

„A csecsemő először fordítva látja a világot, majd a tapasztalatok ráébresztik, hogy ez nem jó így – és a világ talpra áll.”

<sup>1</sup> Lásd a cikk végi idézeteket.