

Tanulói tévképzetek a fizikában

Doktori értekezés tézisei

Kuczmann Imre

Témavezető: Dr. Tasnádi Péter egyetemi tanár

**Fizika Doktori Iskola
Vezető: Dr. Tél Tamás**

**Fizika Tanítása Doktori Program
Vezető: Dr. Tél Tamás**



Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar

2018

Bevezetés

Tanulói tévképzeteknek azokat a tanulók körében felbukkanó hiedelmeket nevezzük, amelyek ellentmondanak a tudományosan elfogadott ismereteknek [1], de valamilyen indokkal látszólag alátámaszthatók. Találkozhatunk velük a természettudományos tárgyak (fizika, kémia, biológia) [2] és a matematika oktatása során is [3]. A fizika kérdéskörébe tartozó tévképzetek látszólag szemléletesen magyaráznak meg természeti összefüggéseket vagy jelenségeket, de többnyire csak felszínes, köznapi megfigyelésen és mérlegelésen alapulnak.

A tanulói tévképzeteknek egyszerű példája az, hogy a tanulók jelentős része a ható erők szempontjából döntőnek hiszi az ütköző testek tömegeinek arányát, holott a hatás-ellenhatás törvénye másra tanítja őket. Jellegzetes nyomással összefüggő tévképzet a folyadék összmenyiségének figyelembevétele a mélységtől való függéssel szemben. A tanulók bizonyos esetekben külsőlegesen, de nem mérvadó jegyekre támaszkodnak, nem a tananyagra.

A tévképzetek forrása gyakran valamilyen gyakorlati tapasztalat. Ezekre a tanulók főleg az alacsonyabb évfolyamokban támaszkodnak. A magasabb évfolyamokban felbukkanó tévképzetek elvontabb módon, logikai mérlegelés útján is keletkezhetnek, és kiterjedtebb gondolatrendszernek is részét képezhetik. Kutatómunkám során folyamatosan szem előtt tartottam a tévképzetek logikai úton való keletkezésének lehetőségét, és belefoglaltam a tévképzetek definícióját érintő tézisembe is.

A tévképzeteket tárgyaló szakirodalom olyan tévképzeteket is leír, amelyek már a régmúltban is elterjedtek voltak. Az arisztotelészi gondolkodásmódnak pl. nem volt része a tehetetlenség törvénye, így az egy ma eleminek minősülő elv fel nem ismerését tükrözte. Az arisztotelészi iskola hatással volt az emberek gondolkodására. Ez arra figyelmeztet minket, hogy a széles körben, de csak tekintélyalapon elfogadott ismeretek helytelenek is lehetnek. Általánosan elfogadott definíciót a tévképzetekre az irodalomban nem találunk. Több, a tévképzetekkel rokon jelenség is létezik, és éles határt nem húzhatunk köztük. Általános értelemben viszont a tévképzetek a jelenségek meg nem értését jelentik [4]. Hogy mi vezethet a megértés hiányára, dolgozatomban a tévképzetek okaira vonatkozó részben és téziseimben tekintem át.

A kutatás fő irányai

Munkám legáltalánosabb célja a tévképzetek lényeges vonásainak megismerése és a leküzdésükre irányuló módszerek kidolgozása volt.

A tanulói tévképzetek vizsgálatához közvetlen adatokat a mechanika és a hidrosztatika területén nyertem. Ezen túlmenően tanulmányoztam az elektromágnesesség és a modern fizika kérdéseit is, mert a logikai úton keletkező tévképzetek jellegzetes formái elsősorban a fizika elvontabb fejezeteihez köthetők [S1] [S2]. A modern fizika vonatkozásában felmértem, hogyan viszonyul a szakirodalom a területet tanulmányozók körében felbukkanó tévképzetekhez. A figyelem központjában a tévképzetek okainak feltárása állt.

A tévképzetek keletkezésének általános okát vizsgálva beláthatjuk, hogy a tanulók ismereteire különféle tényezők vannak hatással, így az internet is. Ez kiemeli az iskolai oktatás és nevelés, tehát a pedagógusok munkájának fontosságát. Nem hanyagolható el az alkalmazott tankönyvek minőségének kérdése sem. Célul tűztem ki annak megítélését, hogy a tanulók által használt források milyen minőségűek a tévképzetek megelőzése szempontjából.

A fizikaoktatás legáltalánosabban követett és egyben legcélszerűbb szervezési módja az egyes részterületek (pl. mechanika, molekuláris fizika és hőtan, elektromosság és mágnesesség stb.) egymás után való tárgyalása, majd a folyamat megisméltése egy magasabb életkorban. A ciklikusság tananyagszervezési forma az ismeretek elmélyülését és megerősödését hozza. Munkám a ciklikusságra vonatkozóan is tartalmaz következtetéseket.

A kutatás módszerei

A tévképzetek kutatásának nélkülözhetetlen eszköze a diákok körében végzett adatgyűjtés és megfigyelés. A mechanikatesztekben a tanulók előre megfogalmazott válaszokból választottak, a gondolkodásmódjukra ebből lehetett következtetni. A hidrosztatikai tesztkben azonban a tanulókat a válaszok rövid indoklására is megkértem, így módomban állt a tanulói tévképzetek szerkezetének közvetlen megismerése [S3]. A válaszok világossá tették előttem, hogy a tévképzeteket alapjaiban határozzák meg az elsajátítandó ismeretrendszer szerkezeti összefüggései, bár szerepet játszanak az emberi gondolkodásmód jellegzetességei is [5].

A mechanikatesztkben Hestenes 29 kérdést tartalmazó mechanikatesztjére támaszkodtam [6] [S4]. Az egyes kérdések megértését ábrák segítették. A kérdések főleg a tehetetlenség törvényére, a hajításokra, a hatás-ellenhatás törvényére és az erők általános tulajdonságaira irányultak. A munkába saját tanítványaimon kívül három középiskola egy-egy osztályát és egy 22 tagú elsőéves főiskolai hallgatói csoportot is bevontam. A válaszadást a teljes teszt esetében az interneten keresztül szerveztem [S5].

A folyadékok mechanikájának tesztje papíralapú volt, és 186 diák vett benne részt három középiskolából (a kilencediktől a tizenkettedik évfolyamig). A feladatokat egyszerű ábra és

rövid leírás mutatta be. Saját kérdéseim mellett olyan kérdéseket is feltettem, amelyek egy korábbi vizsgálatban már szerepeltek [S3] [7].

Tézisek

Kiindulva a tesztek elemzése során tapasztalt hibák logikai összefüggéseiből, a tévképzetek természetére és leküzdésük módjaira vonatkozó téziseket állítottam fel, melyeket az alábbi pontokban ismertetek. Az első négy pont az ismeretek szerkezetével összefüggő meglátásokat tartalmazza és olyan gondolati hálót képez, amelyre tévképzetek ellen ható stratégiát lehet alapozni. Az 5. és 6. pontokban a korai megelőzés és kritikus gondolkodás szükségességére hívom fel a figyelmet. A 7. pontban az információs technológiákon alapuló eszközöket mutatok be, melyek segítik a tévképzetek virtuális kísérletek útján történő cáfolatát. A 8. pontban a szemléletesség és helyes szóhasználat jelentőségére világítok rá. A 9. pontban átfogóbb javaslatot teszek a tévképzetek definíciójára.

1. A lényeges információk birtoklásának kérdése

A tanulók körében a mechanikai tévképzetekre irányuló tesztek eredményei alapján megmutattam, hogy tévképzeteik gyakran azzal függenek össze, hogy nem rendelkeznek az adott helyzet teljes megértéséhez szükséges valamennyi lényeges ismerettel. Feltehető ugyanis, hogy egyes tévképzetek nem alakulnának ki, ha a tanulók a kellő időben rendelkeznének az adott kérdést érintő minden lényeges ismerettel. Ismereten egyrészt tények ismeretét, másrészt tények közti összefüggések ismeretét értjük.

Az, hogy a megütött golflabdára vonatkozóan a tanulók magas aránya azt hiszi, hogy a golflabdára a repülés teljes ideje alatt hat az ütés ereje, azt mutatja, hogy a tehetetlenség törvényét a tanulók jelentős része *egyáltalán* nem ismeri, vagy olyannyira *formálisan* ismeri, hogy azt egy közvetlen szituációban nem is használja, nem is ismeri fel.

Hasonlóan komoly hiányosságokra utalnak a hatás-ellenhatás törvényével kapcsolatos hibák, melyek az erő fogalmának hiányos ismeretét jelzik.

A probléma elkerülését az segíti, ha a tanár a témakörök tervezése során átgondolja az információk *teljességének* kérdését.

Kapcsolódó irodalom: [S1] [S2] [S6] [S7]

2. Az egymáshoz szorosan kötődő ismeretek kérdése

A hidrosztatikai teszt eredményeinek tanulmányozása során arra a meglátásra jutottam, hogy a témakör bizonyos ismeretei közt olyan szoros az összefüggés, hogy esetükben szerves

egészlet alkotó ismeretegyüttesről kell beszélnünk. Ilyenkor közülük bármelyik láncszem hiánya a többi ismeret megkérdőjeleződéséhez vezethet. Az ilyen esetekre mint az egymáshoz szorosan kötődő ismeretek kérdésére hivatkozhatunk.

Az állítást alátámasztja, hogy a tanulók a különleges alakú edényekben nem számoltak a hidrosztatikai nyomás mélységfüggésének jelentőségével. Nem alkalmazták a közlekedőedények elvét a változó keresztmetszetű csőben, és nem mérlegelték a külső légnyomás hatását illetően Pascal törvényét. Ez azt jelenti, hogy a nyomás fogalmával összefüggő részismeretek a gondolkodásukban nem kapcsolódtak össze úgy, hogy egy bonyolultabb helyzetben egymást támogassák. Az ilyen kapcsolatok tényével a tanárnak tisztában kell lennie és az ismeretek átadása során ezt szem előtt kell tartania.

Kapcsolódó irodalom: [S3] [S4] [S5][S6]

3. A tananyagban fellelhető teljes gondolati ívek szerepe

A hidrosztatikai teszt eredményeinek tanulmányozása során arra a következtetésre jutottam, hogy a tévképzetek felbukkanása egyes esetekben ahhoz köthető, hogy a tanulók sikeresen túljutottak-e a tananyagban fellelhető egyes gondolati íveken. Ha a közlekedőedények elvének tárgyalásakor pl. azt is tudatosítják, hogy a nyomás nem függ a folyadékmennyiségtől (hidrosztatikai paradoxon), akkor biztosabb ismeretekkel rendelkeznek a hidrosztatikai nyomásról.

A közlekedőedények eredményes tanítása érdekében szükséges a hidrosztatikai nyomás és a hidrosztatikai paradoxon összefüggéseinek együttes átlátása. Ennek végiggondolása egy teljes gondolati ív bejárását jelenti, elmaradása pedig azt, hogy az adott kérdéskör nem jut el abba a fázisba, amikor már elég biztosan feldolgozottnak tekinthető. A tananyagcsökkentés egyes esetekben nem biztos, hogy könnyebbséget jelent a tanulóknak, mert a gondolati ívek megrövidítése kétségesse teheti a célkitűzések elérhetőségét is. A tanár ezen úgy segíthet, ha következetesen végig viszi azokat a gondolati íveket, amelyek hozzátartoznak az ismeretátadás teljességéhez.

Kapcsolódó irodalom: [S3] [S6] [S8]

4. Az alapelvek megerősítő szerepe

A megértés szoros összefüggésben áll az alapelvek ismeretével. Kutatómunkám annak felismeréséhez vezetett, hogy az alapelvek megtárgyalása a tananyag rendszerezési fázisában

segíti a tévképzetek kizárását. Az alapelvek kimondásával gátoljuk a tévképzetek kiújulásának lehetőségét is, ami a tévképzetek makacs felbukkanása okán nem közömbös.

A tudományágak természetes fejlődéssel jutnak el az alapelvek kimondásáig. Az oktatásnak azonban céltudatosan az alapelvek kimondása felé kell haladnia, a tanárnak pedig már a tanítási folyamat tervezésében érvényesíteni kell az alapelvek útmutató szerepét.

A tanulóknak életkoruknak megfelelő alapelveket kell megtanítanunk.

Kapcsolódó irodalom: [S6]

5. A tévképzetek kialakulásának korai megelőzése

Kutatómunkám időszakában arra a meglátásra jutottam, hogy a kulcsfontosságú ismereteknek léteznek egyszerű, bevezető jellegű formái, melyeknek a megfelelő életkorban való elsajátítása gátolhatja a tévképzetek kialakulását. Az ilyen ismeretek életkornak megfelelő formáit célszerű tudatosan keresni és kialakítani. Feltehető, hogy számos tévképzet nem alakulna ki, ha a tanulók a kellő időben kaptak volna rájuk vonatkozó ismereteket.

Tapasztalatom szerint már hatodik évfolyamban beszélhetünk olyan ismeretekről, hogy a mozgás a természetben mindig viszonylagos, hogy ugyanúgy zajlanak le a mechanikai (és egyéb) kísérletek egy mozgó vonaton, mint nyugalomban, hogy súrlódás nélkül a tárgyak mozgása nem állna le, hogy nem jön létre elektromos áram a vezetőben, amennyiben együtt mozdítjuk meg a mágnessel, stb. Ezeket az ismereteket tervezni kell, átadási módjukat céltudatosan ki kell alakítani. A feladat nehézségét az adja, hogy fiatalabb korban korlátozni kell az ismeretek összetettségét.

Kapcsolódó irodalom [S6]

6. Az információk kritikus elemzésének fejlesztése

Bizonyos esetekben a tanulók hozzáférhetnek a megértéshez szükséges minden lényeges ismerethez, de nem látják be elképzelésük hibáját. Más esetekben éppen ellenkezőleg, hiányos ismeretek birtokában is felülbírálják eredeti véleményüket. Ez főleg az iskolán kívülről érkező információk feldolgozásában érhető tetten, de megnyilvánul iskolai körülmények közt is. Az ilyen hibák kritikus gondolkodásmódra való neveléssel szoríthatók vissza, a kritikus gondolkodásmód a tévképzetek ellen ható eszközként is felfogható.

A korunkban megjelenő információáradat mennyiségi jellemzői elképzelhetetlenül nagyok, minőségi jellemzői pedig többek közt ezen oknál fogva is meglepően alacsonyak. Rengeteg az ellenőrizetlen, negatív hatású információ. Ez a természettudományos ismeretek

közvetítésére is kihat. Kulcsfontosságúvá válik a válogatás képessége, de a befogadó sok esetben magára van utalva. Ilyen helyzetben csak az önálló, kritikus gondolkodás segíthet.

A természettudományos tantárgyak oktatása igen alkalmas a kritikus gondolkodás fejlesztésére, mert az ilyen ismeretkörökben tárgyilagosan megtapasztalhatók a hibás döntések következményei. El kell érni, hogy a tanulók ne alkossanak felületes és elhamarkodott véleményt. A teljes megértés igényére kell vezetni őket [8], mert ez a tévképzetekkel szemben is biztos támpont.

Kapcsolódó irodalom: [S6]

7. Informatikai eszközök használata a tévképzetek leküzdésében

Kutatómunkámmal párhuzamosan olyan elektronikus tanulmányi segédleteket készítettem, amelyek aktív tevékenységre nyújtanak lehetőséget a tanulók számára, emellett pedig igazodnak a téziseimben megfogalmazott és általam döntőnek tartott elvekhez. Kimutattam, hogy az elektronikus segédeszközök a tanulók önálló tanulási folyamatát és az órai munkát is segíthetik.

A tévképzetek cáfolatának hatékony eszköze a kísérlet. Ideális esetben a tanulók valós kísérletet végezhetnek és közvetlen tapasztalatokra tehetnek szert. Rosszabb laboratóriumi felszereltség esetén a valós kísérletek előnyeinek legalább egy részét átmenthetjük egy szimulált kísérletbe. Az általam készített elektronikus segédletek a mechanika és hidrosztatika kulcsfontosságú ismereteinek megvilágítására irányulnak, de bizonyos kérdéseket az optika és atomfizika területéről is feldolgoztam, pl. a törés törvényének összefüggését a Fermat-elvvel. A mechanika területén egy alternatív elektronikus tesztet készítettem. Az elektronikus segédleteket a tanítási órákon is bemutattam, illetve javasoltam az otthoni felkészülés támogatására. A tanulók körében ez pozitív visszhanggal találkozott.

Kapcsolódó irodalom: [S3] [S4] [S5] [S8]

8. A szemléletesség és a szavak megválasztásának jelentősége

Abban, hogy egy tanuló milyen elképzelést alakít ki magában egy jelenségkörrel, szerepe van az információ-átadás során használt szavaknak és a szemléletességnek is. Jellemző példákat lehet erre találni a kvantumelméletben. A kvantumelmélet tanulmányozójának szüksége van a szavak mögött meghúzódó érthető fizikai képre, a valóság szemléletes, logikailag ellentmondásmentes feldolgozására. Ennek hiánya kihat az ismeretkör fejlődésére, és pedagógiai következményei is vannak.

Az elméleti úton létrejövő tévképzetek vonatkozásában kitekintettem a kvantumelmélet interpretációs kérdéseire. A kérdés szorosan összefügg a szemléletességgel és a pontos tartalommal rendelkező szavak célszerű megválasztásával. Ha a *részecske* és *hullám* szavakat a klasszikus fizikából kölcsönzött tartalommal töltjük meg, nyilvánvalóan nem lehet a hullámjellegét és a részecskejellegét összebékíteni. Az elektron hullámjellege viszont nem áll ellentmondásban az adagos természetével, és ebbe az irányba mutatnak az általam idézett források is [9] [10]. Ennek értelmében a kvantumelmélet mögött meghúzódó realitás szemléletes megértése, valamint helyes szóhasználatra kell törekednünk.

Kapcsolódó irodalom: [S1] [S7] [S8]

9. A tévképzetek definíciója

A tévképzetek elemzése során figyelemmel követtem, hogy a tévképzeteket nem mindig a gyakorlati tevékenység támasztja alá, hanem néha tisztán elméleti következtetések. Nézetem szerint szükség van ennek a kettősségnek a megjelenítésére a tévképzetek definíciójában is. A tévképzeteket olyan hibás, a tudományos nézeteknek ellentmondó nézeteknek kell tekintenünk, amelyek vagy valamilyen gyakorlati tapasztalat vagy logikai következtetés alapján indokoltnak látszanak.

Az általam javasolt általánosabb definíció a tévképzetek szélesebb körének egységes felölelését teszi lehetővé. A modern fizika területére eső tévképzetek jellegzetesen olyanok, hogy távol esnek a köznap tapasztalatoktól és tisztán az elméleti következtetések kategóriájába sorolandók.

Kapcsolódó irodalom: [S1] [S2]

Összegzés, az eredmények hasznosítása

A fentiekben vázolt eredmények a tanítandó ismeretrendszer szerkezeti összefüggéseiből indulnak ki. Ez a megközelítés nézetem szerint alkalmas a tévképzetek lényegéből fakadó megelőzési és kiküszöbölési módszerek kidolgozására. A munkámban megfogalmazott ajánlások tananyag-szervezési szempontoknak is tekinthetők. Az első három tézispontban arra világítok rá, hogy milyen alapfeltételeket kell teljesíteni akkor, amikor ismeretek átadását tervezzük. Ezek figyelembevétele a tévképzetek fő okait szünteti meg. A negyedik, ötödik és hatodik tézispont úgy is felfogható, mint a hamis szemléletesség érvényesülése ellen ható eszközök rendszere. Bizonyos szempontból a nyolcadik tézispont is közéjük tartozik.

Azoknak a forrásoknak, ahonnan a tanuló iskolai tanulmányai során az ismereteket szerzi (tankönyvek, az óra tartalma), szigorú követelményeknek kell megfelelniük és a tévképzetek lehetőségével is számolniuk kell. A források minőségét nagyban befolyásolja az alkalmazott megfogalmazások pontossága és a szemléletességre való törekvés.

A korai megelőzésre vonatkozó ajánlásban arra hívom fel a figyelmet, hogy az általános nevelési célkitűzések közt is találunk olyat, amelynek pozitív hatása van a tévképzetek leküzdésére. A definícióra tett javaslatomat az motiválta, hogy a tévképzetek keletkezését kiváltó két fő tényező közvetlenül megjelenjen a definícióban.

Az elkészített elektronikus segédletek azon túl, hogy a szemléletesség előnyét használják, azért alkalmas eszközök a tévképzetek leküzdéséhez, mert segítik a tanuló szemszögéből megfogalmazódó kérdések azonnali, kísérleti megválaszolását. A különböző paraméterek beállításának lehetősége a tanulókat tevékenységre ösztönzi és ébren tartja kíváncsiságukat.

A leírt szempontok támpontot jelentenek mindazok munkájához, akik az ismeretek átadásán fáradoznak és próbálják áthidalni azokat a csapdahelyzeteket, amelyek az ismeretátadás folyamatában elkerülhetetlenül felmerülnek.

IRODALOM

- [1] Gomez-Zwiep, S.: Elementary Teachers' Understanding of Students' Science Misconceptions: Implications for Practice and Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education* 19, 2008, pp. 437–454.
- [2] Stein, M., Larrabee, T. G., Barman, Ch. R.: A Study of Common Beliefs and Misconceptions in Physical Science. *Journal of Elementary Science Education*, Vol. 20, No. 2 (Spring 2008), pp. 1-11
- [3] Stephens, A. C.: Equivalence and relational thinking: preservice elementary teachers' awareness of opportunities and misconceptions. *Journal of Mathematics Teacher Education* 2006, 9: pp. 249–278
- [4] Korom Erzsébet: A naiv elméletektől a tudományos nézetekig. *Iskolakultúra* 1999/10
- [5] Tóth Zoltán: Kémiai tévképzetek. *Természet Világa* 140 (1), 2009
- [6] Hestenes, D., Wells, M., Swackhamer, G.: Force Concept Inventory, *The Physics Teacher*, Vol. 30, March 1992, 141-158
- [7] Loverude, M. E., Heron, P. R. L., Kautz, C. H.: Identifying and addressing student difficulties with hydrostatic pressure. *Am. J. Phys.* 78 _1_, January 2010
- [8] Clement, J.: Students' preconceptions in introductory mechanics. *Am. J. Phys.* 50 (1), 1982, pp. 66-71.

[9] Hobson, A.: There are no particles, there are only fields. American Journal of Physics 81 (3), 2013, pp. 211-223.

[10] Carroll, S.: Particles, Fields and The Future of Particle Physics. Előadás, lásd:

<https://www.youtube.com/watch?v=gEKSpZPByD0>

Saját publikációim:

[S1] Kuczmann Imre: Miből származhatnak tévképzetek a modern fizikában? in: A fizika, matematika és művészet találkozása az oktatásban, kutatásban. Konferenciakiadvány, szerk.: Juhász A. és Tél T., ELTE TTK, pp201–206, 2013. ISBN 978-963-284-346-9

[S2] Kuczmann Imre: Tévképzetek a mechanika és elektromágnesesség határán. in Sokszínű pedagógiai kultúra. Konferenciakiadvány, szerk.: Torgyik Judit, Komárom, International Research Institute s. r. o. pp172-179, 2014. ISBN 978-80-89691-05-0

[S3] Kuczmann Imre: A diákok hidrosztatikai nyomással kapcsolatos tudásszintje és tévképzetei. Fizikai Szemle 7-8, pp267-271, 2014.

[S4] Kuczmann Imre: Tanulói tévképzetek a mechanikában. in Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan. Konferenciakiadvány, szerk.: Tasnádi Péter, Budapest, ELTE TTK, pp375-379, 2011. ISBN: 978-963-284-224-0

[S5] Kuczmann Imre: Student's Misconceptions in Mechanics and their Manifestation in a Survey. Physics Competitions 15, Issue 1-2, pp76-85, 2013.

[S6] Kuczmann Imre: The Structure of Knowledge and Students' Misconceptions in Physics. in TIM 2017 - AIP Conference Proceedings 1916, Editors: D. Vizman and A. Popescu. American Institute of Physics, doi: 10.1063/1.5017454, 2017.

[S7] Kuczmann Imre: Coordinate transformation in description of physical phenomena. in: Teaching Physics Innovatively -15, Conference Proceedings, editors: Andrea Király, Tamás Tél, Budapest, pp373–378, 2016. ISBN 978-963-284-815-0

[S8] Kuczmann Imre: A kvantumszámok szemléletes jelentése az atomburokban. in: Talata István (szerk.): Matematikát, Fizikát és Informatikát Oktatók 41. Országos Konferenciája, Budapest, Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar, pp. 155-160, 2017. ISBN 978-963-269-662-1