MŰHELY

Tóth Zoltán

A Mazur-féle „egymás tanítása” („peer instruction”) módszerrel kapcsolatos nemzetközi tapasztalatok, kutatási eredmények
II. A módszer egyes lépéseinek elemzése

Az előző részben (Tóth, 2017) részletesen bemutattam Eric Mazur, a Harvard Egyetem fizikaprofesszora által kidolgozott és alkalmazott „egymás tanítása” (peer instruction) interaktív módszert (Mazur, 1997), amely épít a tanulók közötti kommunikációra és kihasználja az egymást tanítás lehetőségeit. Szerencsésen ötvözi a hagyományos frontális tanítás, a problémaalapú tanítás és a kooperatív tanítás elemeit. Elsősorban a fogalmi megértés – és részben a problémamegoldás – ellenőrzésére és elmélyítésére alkalmas. A módszer leírásán kívül bemutattam a hatékonyságát vizsgáló pedagógiai kísérletek eredményeit is.

Az elmúlt több mint két évtized kutatásai azt mutatják, hogy a Mazur-féle „egymás tanítása” módszer eredményesen alkalmazható az egyetemi oktatásban. Szinte valamennyi tanulmányban arról számoltak be, hogy elősegíti a hallgatók fogalmi megértését, fejleszti a problémamegoldás szempontjából fontos tudástranszfert, és pozitív irányba változtatja a tantárggyal kapcsolatos attitűdöket. A hallgatók többsége nem zárkózik el a módszer használatától, sőt inkább pozitívan viszonyul ahhoz. Bár a vizsgálatok többsége az egyetemi szintű képzésben, és elsősorban a fizika oktatásában történt, valószínű, hogy

eredményesen alkalmazható a középszintű – elsősorban fakultációs – kémiaoktatásban is.

Ebben a tanulmányban részletesen elemzem a Mazur-féle „egymás tanítása" módszer egyes lépéseit, bemutatom az azokkal kapcsolatos nemzetközi tapasztalatokat, és felhívom a figyelmet a leggyakoribb buktatókra is. A tanulmány megírásakor számos helyen támaszkodtam Vickrey és mtsai (2015) összefoglaló közleményére.

A Mazur-féle „egymás tanítása" módszer lépései

Az előző közleményben már bemutatott ábra (Tóth, 2017: 1. ábra) alapján az „egymás tanítása" módszer főbb lépései a következők:

1. Kérdésfelvetés
2. A tanulók egyénileg válaszolnak a kérdésre (szavazás)
3. Az oktató értékeli a válaszok eloszlását
4. A tanulók egymással megbeszélik a kérdést (egymás tanítása)
5. A tanulók újra válaszolnak a kérdésre (szavazás)
6. A két szavazás eredményének bemutatása és megbeszélése, a helyes válasz kifejtése

Kérdésfelvetés

A Mazur-féle „egymás tanítása" módszer a fogalmi megértésre, a fogalmi megértési zavarok feltárására és korrekciójára helyezi a hangsúlyt a tárgyi tudás és ismeret helyett. Ennek megfelelően a felvetett kérdésnek (problémafeladatnak) is a fogalmi megértésre, a tanultak elmélyítésére, alkalmazására kell irányulnia. A szavazás megkönnyítése érdekében a problémát zárt végű (feleletválasztásos) formában célszerű megfogalmazni. Két kémiai példa:

Ténybeli tudásra, ismeretre vonatkozó kérdés:

Mit nevezünk durranógáznak?

A) A hidrogéngáz és a klórgáz 1:1 térfogatarányú elegyét.
B) A nitrogéngáz és az oxigéngáz 4:1 térfogatarányú elegyét.
C) A vízgőzt.
D) A hidrogéngáz és az oxigéngáz 2:1 térfogatarányú elegyét.
E) Az oxigéngáz és a hidrogéngáz bármilyen összetételű elegyét.

Brønsted elmélete szerint sav

A) az a molekula vagy ion, amely protonleadásra képes.
B) az a molekula vagy ion, amely protonfelvételre képes.
C) az az anyag, amely vizes oldatban hidrogénionra és savmaradékionra disszociál.
D) az az anyag, amely vizes oldatban hidroxidionra és valamilyen kationra disszociál.
E) az az anyag, amely vízben oldva megnöveli az oldat hidrogénionkoncentrációját.

Fogalmi megértésre vonatkozó feladat:

Hány mól hidrogéngázt tartalmaz 1,00 mol durranógáz?

A) 2,00 mólt.
B) 1,00 mólt.
C) 1/2 mólt.
D) 1/3 mólt.
E) 2/3 mólt.

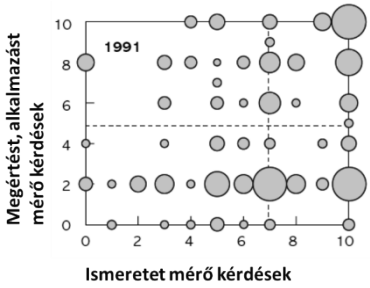
A Brønsted-elmélet értelmében a következő anyagok/részecskék közül melyik tekinthető csak savnak?

A) HCl
B) NH_4^+
C) SO_3^{2-}
D) HCO_3^-
E) HNO_3

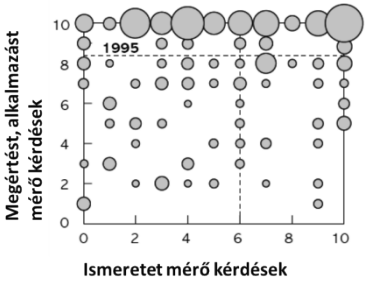
Egy feladat kognitív műveleti szintjét többféle keretrendszerben értékelhetjük (Bruck és Towns, 2009). A hagyományosnak tekinthető Bloom-féle taxonómia (Bloom, 1956) szintjei: *ismeret, megértés, alkalmazás, magasabb rendű műveletek* (analízis, szintézis, értékelés). Ezek közül az „ismeret" szintű kérdések nem alkalmasak a fogalmi megértés ellenőrzésére. Robinson és Nurrenbern (2006) a kémiai feladatok három csoportját különböztette meg: *felidézés* (tények, adatok, egyenletek, definíciók, értelmezések felidézése), *algoritmusszerű* (folyamatok, eljárások, megoldási módszerek ismerete) és

magasabb rendű kérdések (információk kezelése, kiválasztása, tudástranszfer egy ismert területről ismeretlenre). Bretz, Smith és Nakhleh (2004) az előbbi keretrendszer finomítása révén a következő három csoportot javasolta: *definíció/felidézés szerű kérdések* (tények, egyenletek, definíciók, magyarázatok felidézése), *algoritmusszerű kérdések* (makroszint-makroszint, makroszint-részecskeszint, részecskeszint-szimbólumszint közötti átlépés algoritmusa, többlépéses algoritmusok) és *fogalmi megértésre vonatkozó kérdések* (fogalmak használata jelenségek értelmezésében, részecskeábrák elemzése, értelmezése, táblázatok, grafikonok értelmezése, kémiai és fizikai változások kimenetelének előrejelzése). Ezek közül csak a legmagasabb szintű (magasabb rendű kérdések, illetve fogalmi megértésre vonatkozó) kérdések használhatók a Mazur-féle módszer során.

Rosenberg, Lorenzo és Mazur (2006) összehasonlította a hagyományos módszerrel és az „egymás tanítása" módszerrel tanított tanulók esetén egy adott fizikai témakör felmérésében az ismeret jellegű, valamint a megértés-alkalmazás jellegű kérdések megválaszolásának sikerességét (1. és 2. ábra). Látható, hogy a hagyományos oktatáshoz képest (1. ábra) a Mazur-féle módszer lényegesen növelte a megértés-alkalmazás jellegű feladatok megoldásának sikerességét, ugyanakkor kis-mértékben csökkentette az ismeret jellegű kérdésekét (2. ábra).



1. ábra. A hagyományos módszerrel oktatott hallgatók eredményessége két különböző típusú feladatcsoport esetén. A körök nagysága a hallgatók számával arányos, a szaggatott vonalak a feladatcsoportban elért átlagot szemléltetik. (Rosenberg, Lorenzo és Mazur dolgozatából (2006:79) átvéve)



2. ábra. A Mazur-féle módszerrel oktatott hallgatók eredményessége két különböző típusú feladatcsoport esetén. A körök nagysága a hallgatók számával arányos, a szaggatott vonalak a feladatcsoportban elért átlagot szemléltetik. (Rosenberg, Lorenzo és Mazur dolgozatából (2006:79) átvéve)

Számos tanulmány – például Rao és DiCarlo (2000) orvosi éllettanból; Smith és mtsai (2009) genetikából; Porter és mtsai (2011) informatikából; Knight, Wise és Southard (2013) fejlődésbiológiából – bizonyítja, hogy a Mazur-féle „egymás tanítása" módszerből akkor profitálnak a hallgatók a legtöbbet, ha viszonylag nehéz, magasabb rendű kognitív műveleteket igénylő feladatokat használunk. (Persze – amint a későbbiekben látni fogjuk – az sem jó, ha túl nehéz a kérdés és senki sem tudja a helyes választ.)

A tanulók egyénileg válaszolnak a kérdésre (szavazás)

Vajon szükséges-e azzal tölteni az időt, hogy a tanulók egyénileg gondolkodjanak a probléma megoldásán és válaszoljanak a feltett kérdésre? Turpen és Finkelstein (2009) szerint számos oktató nem tulajdonít jelentőséget ennek a lépésnek, és kihagyja a módszer alkalmazása során. Noha azt még valóban nem vizsgálták, hogy ennek a lépésnek a kihagyása milyen hatással van a tanulási eredményességre (Vrickrey és mtsai, 2015), néhány kérdőíves vizsgálat és interjú arra figyelmeztet, hogy ez is fontos lépése a Mazur-féle „egymás tanítása" módszernek.

A megkérdezett hallgatók szerint ugyan mindkét módszer hatásos, de szükséges az egyéni gondolkodás is, a válaszlehetőségek áttekintése, a saját elképzelés, vélemény kialakítása, mert így aktívabban tudnak részt venni a későbbi együttes gondolkodásban (Nicole és Boyle, 2003; Nielsen és mtsai, 2014). Nielsen és mtsai (2014) mérései szerint

statisztikailag szignifikánsan megnő az együttes megbeszélés ideje és tartalmi színvonala akkor, ha azt megelőzi az egyéni véleményalkotás és szavazás.

Mazur (1997) szerint viszont nem tanácsos 1 percnél több időt adni az egyéni gondolkodásra, mert egy idő után a hallgatók kommunikálni kezdenek egymással.

Fontos kérdés még a szavazás módja, technikája. A legegyszerűbb módja a kézfeltartás. Ez azért nem tanácsolható, mert óhatatlanul befolyásolja a helyes válaszban bizonytalan hallgatók döntését. Kis létszámú csoportok esetén megoldást jelenthet a kártyás szavazás. Ilyenkor a hallgatók a helyes válasznak megfelelő kártyát tartják fel – egyszerre. Korszerűbb szavazási módszerek az interaktív táblákhoz is illeszthető szavazóegység, vagy az okostelefon. (Utóbbiak esetén a szavazás eredményét azonnal láthatóvá lehet tenni akár oszlopdiagram formájában is.) Okostelefont, táblagépeket és laptopokat, valamint az ún. SOCRATIVE[1] alkalmazást használták a hallgatók Jarosievitz (2016a; 2016b) fizikaóráin.

Néhány tanulmány foglalkozik azzal a kérdéssel, hogy vajon a szavazás módjának, eszközének van-e hatása a tanulás eredményességére és a metakognitív képességek fejlődésére.

Lasry (2008) algebraalapú mechanika kurzusán azt találta, hogy mind a kártyás szavazás, mind a szavazóegységes eljárás egyforma mértékben fejlesztette a tanulás eredményességét és a vizsga-eredményeket. Nem volt szignifikáns különbség a két csoport eredményessége között.

Érdekes módon, egy pszichológia kurzuson végzett kísérlet (Brady, Seli és Rosenthal, 2013) azt mutatta, hogy a hagyományos szavazókártyák használata inkább fejlesztette a hallgatók metakognitív készségét, mint a korszerű szavazóegység. Ugyanakkor a szavazóegységet használó csoport szignifikánsan jobb eredményt ért el, mint a szavazókártyát használók. Ennek az ellentmondásnak a feloldása további vizsgálatokat igényel.

Az eddigi eredmények tehát azt mutatják, hogy a tanulók egyéni válaszadása fontos, kihagyhatatlan lépése a módszernek. A szavazás

[1] http://www.socrative.com/

technikai megvalósításának viszont nincs jelentős hatása az eredményességre.

Az oktató értékeli a válaszok eloszlását

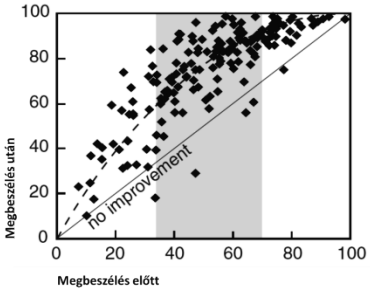
Számítógép alapú szavazási technikák esetén az oktató pillanatok alatt megnézheti az első szavazás eredményét. Kérdés, hogy *meg kell-e mutatni ezt az eredményt a hallgatóknak* is.

Néhány tanulmány (Perez és mtsai, 2010; Nielsen, Hansem-Nigård és Stav, 2012) foglalkozik ezzel a kérdéssel. Általában az volt a tapasztalat, hogy az előzetes szavazás eredménye befolyásolja a végleges eredményt: a hallgatók egy része az előzetes szavazáson népszerűbbnek bizonyult választ jelöli meg a második szavazás során – függetlenül attól, hogy valóban az-e a helyes válasz vagy sem.

Bár ezt a kérdést még nem vizsgálták meg alaposan, az eddigi eredmények alapján úgy tűnik, hogy nem célszerű az első szavazás eredményét megmutatni a hallgatóknak a második szavazás előtt.

Másik igen fontos kérdés, hogy *miért éppen 35% és 70% között* célszerű sort keríteni a közös megbeszélésre.

Amint az a 3. ábrából kitűnik, a hallgatói megbeszélés után kapott helyes válaszok részaránya akkor haladja meg leginkább a megbeszélés előtti részarányt, ha a megbeszélés előtti sikeresség 50% körül van (Rosenberg, Lorenzo és Mazur, 2006).



3. ábra. A Mazur-féle módszerrel oktatott csoportok második szavazás esetén elért százalékos eredményességének függése az első szavazás eredményességétől (Rosenberg, Lorenzo és Mazur dolgozatából (2006:82) átvéve)

Látható azonban, hogy a megbeszélés hatása még 35%-os kezdeti eredményesség esetén is lehet jelentős. Ezt támasztják alá Simon,

Kohanfars és Lee (2010), valamint Smith és mtsai (2009) eredményei is. A 35%-os alsó határt tehát nem szabad szigorúan venni, ettől az oktató lefelé eltérhet, legfeljebb néhány rávezető kérdéssel segítheti az eredményesebb csoportmegbeszélést.

A tanulók egymással megbeszélik a kérdést (egymás tanítása), majd újra szavaznak

Ez a lépés a Mazur-féle „egymás tanítása" módszer legfontosabb része. Felvetődik a kérdés, hogy a második szavazás eredményességét mennyiben befolyásolja a megbeszélés, és mennyiben az, hogy több ideje van a tanulóknak a válasz átgondolására. Lasry és mtsai (2009) vizsgálata azt mutatja, hogy a társakkal való megbeszélés sokkal nagyobb mértékben javította a második szavazás eredményét, mint a csendben elmélkedés.

A társakkal való beszélgetés elemzése során Brooks és Koretsky (2011) azt találta, hogy még azoknak a hallgatóknak a fogalmi megértése is fejlődött a megbeszélés során, akik az első szavazásnál helyes választ adtak.

A társakkal való megvitatás nem csak az adott probléma helyes megoldását segítette elő, hanem az ahhoz hasonló problémák megválaszolását is (Smith és mtsai, 2009; Porter és mtsai, 2011). Ez azt mutatja, hogy a hallgatók nem csak mechanikusan elfogadják a helyes választ, hanem többé-kevésbé meg is értik annak magyarázatát, és az így szerzett tudásukat képesek transzferálni másik hasonló problémára is.

Egy újabb kutatás (Zhang, Ding és Mazur, 2017) pedig arra hívja fel a figyelmet, hogy sokkal hatékonyabbak azok a közös megbeszélések, amelyek állandó csoportban történnek, mintha csak véletlenszerűen állnának össze a csoportok.

Néhány tanulmány (James, 2006; James, Barbieri és Garcia, 2008); Turpen és Finkelstein, 2010) foglalkozik azzal a problémával, hogy a társdiszkusszióban való részvétel pontokkal (jegyekkel) történő értékelése hogyan befolyásolja a hallgatók aktivitását a társ-megbeszélések során. Azt találták, hogy amennyiben csak a jó választ adók kapnak pontot (jó jegyet), akkor ez csökkenti a társmegbeszélés intenzitását és hatékonyságát. Amennyiben pusztán a megbeszélésben

való részvételért már jár a pont, annak pozitív hatása van a társmegbeszélésre.

Fontos további kérdés, hogy mennyi időt adjunk a tanulóknak a probléma megbeszélésére. Ez az idő általában 2 perc és 5 perc között változik. Figyelemre méltó Miller és mtsai (2014) tanulmánya, amelyben arról számolnak be, hogy a csoportmegbeszélés során általában azok adják le legkésőbb a szavazatukat, akik nem tudják a helyes választ, vagy továbbra sem biztosak benne. Szerintük az optimális idő az, amelyen belül a hallgatók 80%-a leadja szavazatát.

A társakkal való megbeszélés tehát elhagyhatatlan eleme a Mazur-féle módszernek. Nem csak az adott kérdés helyes megoldásának megtalálását és megértését segíti elő, hanem más hasonló jellegű kérdésekét is. Ezt a megbeszélést célszerű néhány fős, előre összeállított csoportban végezni. A szükséges idő néhány perc, vagy annyi idő, amennyi a csoport 80%-ának szavazatleadásához szükséges volt.

A két szavazás eredményének bemutatása és megbeszélése, a helyes válasz kifejtése

Smith és mtsai (2011) két genetika kurzus során összehasonlították a csak társmegbeszéléssel, a csak oktatói magyarázattal, valamint a társmegbeszéléssel és az oktatói magyarázattal is dolgozó csoportok eredményességét. Szignifikánsan jobb eredményt ért el a harmadik csoport, akik mind a társakkal való megbeszélésben, mind az oktatói magyarázatban részesültek a problémák feldolgozása során. Hasonló eredményre jutott Zingaro és Porter (2014a, 2014b) informatika kurzusok esetében. Sőt még azt is kimutatták, hogy a kurzust lezáró vizsgán is szignifikánsan jobban teljesített az a csoport, amelyik mindkét feldolgozási módszert használta, szemben a csak társakkal való megvitatást használó csoporttal.

Amint azt már korábban megállapítottuk, hogy ebben a fázisban mindenképpen jó, ha az oktató bemutatja a két szavazás eredményét, a válaszok eloszlását.

Összefoglalás

Az eddigi szakirodalmi adatok alapján megállapítható, hogy a Mazur-féle „egymás tanítása" módszer egyik lépése sem hagyható el a módszer eredményességének csökkenése nélkül. Fontos a megfelelően megfogalmazott problémafelvetés. A probléma ne ismeretet, felidézést mérjen, hanem a tanultak megértését, még inkább alkalmazását. Kiderült, hogy mind a megoldás megértése, mind a metakogníció fejlesztése miatt nem hagyható el az, hogy rövid ideig a hallgatók maguk is elgondolkozzanak a problémán, és egyedül próbálják megválaszolni a kérdést. Nem ajánlott viszont az első szavazás eredményének bemutatása. A módszer akkor a leghatékonyabb, ha az első szavazás során a hallgatóknak csak 35-70%-a ad helyes választ. A társmegbeszélés alapvető fontosságú ebben a módszerben. Úgy tűnik, hogy az előzetesen kialakított, és egy kurzus során állandó összetételű csoport hatékonyabban tud dolgozni, mint az óráról órára változó, alkalomszerűen összeállt csoport. A társmegbeszélést kísérő tanári magyarázat tovább növeli a módszer hatékonyságát.

A szakirodalmi adatok szerint egy kérdés ilyen módon való feldolgozása átlagosan 15 percet (10-20 percet) vesz igénybe, tehát egy tanítási órán (45-50 perc) legfeljebb három ilyen kérdésfeldolgozásra van lehetőség.

Szakirodalmi hivatkozások

Bloom B. S. (1956): *Taxonomy of educational objectives, handbook I: the cognitive domain,* New York, David McKay Co. Inc. (Idézi: Bruck és Towns, 2009)

Brady, M., Seli, H., Rosenthal, J. (2013): "Clickers" and metacognition: a quasi-experimental comparative study about metacognitive self-regulation and use of electronic feedback devices. *Computers & Education,* 65, 56–63.

Bretz S. L., Smith K. C. and Nakhleh M., (2004), *Analysis of the ACS blended general chemistry exams using a new coding framework*, 227th American Chemical Society National Meeting, Anaheim, CA, March 28, 2004. (Idézi: Bruck és Towns, 2009)

Brooks, B. B. J. és Koretsky, M. D. M. (2011): The influence of group discussionon students' responses and confidence during peer instruction. *Journal of Chemical Education,* 88, 1477–1484.

Bruck, A. D. és Towns, M. H. (2009): Analysis of classroom response system questions via four lenses in a General Chemistry course. *Chemistry Education Research and Practice*, 10, 291–295.

James, M. C. (2006): The effect of grading incentive on student discourse in peer instruction. *American Journal of Physics,* 74, 689.

James, M. C., Barbieri, F. és Garcia, P. (2008): What are they talking about? Lessons learned from a study of peer instruction. *Astronomy Education Review,* 7, 37–43.

Jarosievitz B. (2016a): The impact of ICT and multimedia used to flip the classroom (Physics lectures) via Smart phones and tablets. *In:* Lars-Jochen, T., és Raimund, G. (szerk.): *Proceedings of the 20th International Conference on Multimedia in Physics Teaching and Learning.* Mulhouse, European Physical Society (EPS), 357-363.

Jarosievitz B. (2016b): Fordulj a társadhoz! Saját eszközökkel megvalósított interaktív tanítási módszer a fizika oktatásában. *In:* Karlovitz J. T. (szerk.): *Társadalom, kulturális háttér, gazdaság: IV. IRI Társadalomtudományi Konferencia.* Komárno, International Research Institute, 396-402.

Knight, J.K., Wise, S.B. és Southard, K. M. (2013): Understanding clicker discussions: student reasoning and the impact of instructional cues. *CBE Life Science Education,* 12, 645–654.

Lasry, N. (2008): Clickers or flashcards: is there really a difference? *Physics Teaching,* 46, 242.

Lasry, N., Charles, E., Whittaker, C. és Lautman, M. (2009): When talking is better than staying quiet. *In:* Sabella, M., Henderson, C és Singh, C. (eds.): *Physics Education Research Conference,* Melville, NY, American Institute of Physics, 181–184.

Mazur, E. (1997): *Peer instruction - A user's manual*. Prentice Hall, Inc. Simon & Schuster, New Jersey

Miller, K., Lasry, N., Lukoff, B., Schell, J. és Mazur, E. (2014): Conceptual question response times in peer instruction classrooms. *Physical Review Special Topics. Physics Education Research, 10*, 020113.

Nicol, D. J. és Boyle, J. T. (2003): Peer instruction versus class-wide discussion in large classes: a comparison of two interaction methods in the wired classroom. *Studies in Higher Education,* 28, 458–473.

Nielsen, K. L., Hansen-Nygård, G. és Stav, J. B. (2012): Investigating peer instruction: how the initial voting session affects students' experiences of group discussion. *ISRN Education,* 290157.

Nielsen, K. L., Hansen, G. és Stav J. B. (2014): How the initial thinking period affects student argumentation during peer instruction: students' experiences versus observations. *Studies in Higher Education,* 3, 1–15.

Perez, K. E., Strauss, E. A., Downey, N., Galbraith, A., Jeanne, R., Cooper, S. és Madison, W. (2010): Does displaying the class results affect student discussion during peer instruction? *CBE Life Science Education,* 9, 133–140.

Porter, L., Bailey-Lee, C., Simon, B. és Zingaro, D. (2011): Peer instruction: do students really learn from peer discussion in computing? *In:* ICER '11: *Proceedings of the Seventh International Workshop on Computing Education Research,* New York, ACM Press.

Rao, S. P. és DiCarlo, S. E. (2000): Peer instruction improves performance on quizzes*. Advances in Physiology Education,* 24, 51–55.

Rosenberg, J. L., Lorenzo, M. és Mazur, E. (2006): Chapter 8. Peer istruction. Making science engaging. *In:* Mintzes, J. J. és Leonard, W. H. (eds): *Handbook of college science teaching: theory, research, and practice,* National Science Teacher Association, Arlington, Virginia

Simon, B., Kohanfars, M. és Lee, J. (2010): Experience report: peer instruction in introductory computing. SIGCSE '10: *Proceedings of the 41st ACM Technical Symposium on Computer Science Education,* New York, ACM Press, 341–345.

Smith, M.K., Wood, W.B., Adams, W.K., Wieman, C., Knight, J.K., Guild, N. és Su, T. T. (2009): Why peer discussion improves student performance on in-class concept questions. *Science*, 323, 122–124.

Smith, M. K., Wood, W. B., Krauter, K. és Knight, J. K. (2011): Combining peer discussion with instructor explanation increases student learning from in-class concept questions. *CBE Life Science Education,* 10, 55–63.

Tóth Z. (2017): A Mazur-féle „egymás tanítása" („peer instruction") módszerrel kapcsolatos nemzetközi tapasztalatok, kutatási eredmények, I. A módszer leírása és hatékonysága. *Középiskolai Kémiai Lapok,* 44(2), 160-170.

Turpen, C. és Finkelstein, N. D. (2009): Not all interactive engagement is the same: variations in physics professors' implementation of peer instruction*. Physical Review Special Topics. Physics Education Research,* 5, 20101.

Turpen, C. és Finkelstein, N. D. (2010). The construction of different classroom norms during peer instruction: students perceive differences. *Physical Review Special Topics. Physics Education Research,* 6, 020123.

Vickrey, T., Rosploch, K., Rahmanian, R., Pilarz, M. és Stains, M. (2015): Research-based implementation of peer instruction: A literature review. *CBE – Life Science Education,* 14 (spring), 1-11.

Zhang, P., Ding, L., Mazur, E. (2017): Peer instruction in introductory physics: A method to bring about positive changes in students' attitudes and beliefs. *Physical Reviews: Physical Education Research,* 113, 010104-1-9.

Zingaro, D., Porter, L. (2014a): Peer instruction in computing: the value of instructor intervention. *Computers in Education,* 71, 87–96.

Zingaro, D. és Porter, L. (2014b): Peer instruction: a link to the exam. *Proceedings of the 19th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education,* New York, ACM Press, 255–260.