

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
NEVELÉSTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA
TANTÁRGYPEDAGÓGIA DOKTORI PROGRAM

OROSZ GÁBOR

KUTATÁSI KÉSZSÉGEK FEJLESZTÉSE A KÉMIAÓRÁN: EGY 10. ÉVFOLYAMON
VÉGZETT KÍSÉRLET TAPASZTALATAI

PhD értekezés tézisei

Témavezető:

Dr. Korom Erzsébet

egyetemi docens



Szeged, 2023

Tartalom

BEVEZETÉS	3
ELMÉLETI HÁTTÉR.....	3
ELŐKÉSZÍTŐ EMPIRIKUS VIZSGÁLATOK.....	6
KUTATÁSI CÉLOK ÉS HIPOTÉZISEK	7
Kutatási kérdések.....	7
Hipotézisek	7
A kutatási készségeket fejlesztő program bemutatása.....	7
A fejlesztő kísérlet bemutatása	8
Minta.....	8
Mérőeszközök.....	8
EREDMÉNYEK	9
LIMITÁCIÓK ÉS TOVÁBBLÉPÉSI LEHETŐSÉGEK	11
A DISSZERTÁCIÓHOZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK	12
A TÉZISFÜZETBEN FELHASZNÁLT IRODALOM.....	15

BEVEZETÉS

Kutatásomban egy olyan fejlesztő programot dolgoztam ki, mely elősegíti a tizedikes diákok kutatási készségeinek fejlődését a kémiatanulás során. A program célja, hogy segítse a tanulókat a kísérlettervezéshez és kísérleti elrendezések elemzéséhez szükséges változók azonosítása és kontrollja készségek elsajátításában. Ezek a készségek elengedhetetlenek a megfelelő kísérlettervezéshez és a bizonyítékokon alapuló következtetések levonásához (Chen & Klahr, 1999). Ezek hiányában a tanulók nem tudják megkülönböztetni a helyes kísérleti elrendezéseket a helytelenektől, és így téves eredményekhez, megbízhatatlan következtetésekhez jutnak (Kuhn, 2007). A változók azonosítása és kontrollja készségek fejlesztése elősegítheti a tanulók kritikai gondolkodásának és problémamegoldó képességeinek fejlődését is (Kuhn, 2008; Willingham, 2008). A kutatási készségek fejlődésén kívül azt is vizsgáltuk, hogy milyen hatása volt a fejlesztésnek a diákok természettudományos tantárgyi attitűdjeire és a természettudományos tanulási motivációjára. Ennek azért van jelentősége, mivel ezek a tényezők befolyásolhatják a diákok tantárgyi teljesítményét, illetve pályaeorientációját (Pintrich et al., 2007). Azáltal, hogy fejlesztjük a diákok kutatási készségeit, valamint elősegítjük a természettudományokkal kapcsolatos pozitív attitűdöket és a természettudományos tanulási motivációt, javulhat a diákok teljesítménye a kémiában és más természettudományos területeken.

Az értekezésben bemutatott kutatások 2016–2019 között valósultak meg, így az eredmények értelmezésekor az aktuálisan érvényben lévő oktatáspolitikai helyzetek, tantervek és taneszközök a mérvadók. Az értekezésben felhasználtam a korábbi publikációimat. Az első két fejezet az MTA-SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport kémia munkacsoportja által gondozott módszertani kötet fejezetein (Z. Orosz & Korom, 2020; Z. Orosz, 2020) alapul. A harmadik és az ötödik fejezetben egy korábbi nemzetközi tanulmányunkból (Orosz et al., 2023) mutatok be részleteket. Az értekezésben bemutatott kutatások és a fejlesztő program az MTA Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programjának támogatása által az MTA-SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport közreműködésével készültek el.

ELMÉLETI HÁTTÉR

A *kutatási készségek* a természettudományos megismerés során működtetett procedurális készségek. Ezek csoportosítása és definiálása azonban változó a szakirodalomban. Az egyik leginkább elterjedt modell, melyet az értekezésben bemutatott vizsgálatokban használtunk, Wenning (2007) rendszere. Ez a modell a következő készségeket különíti el: 1) probléma azonosítása; 2) hipotézisalkotás; 3) kísérlettervezés; 4) kísérlet kivitelezése; 5) adatelemzés; 6) következtetések levonása (további részletekért magyar nyelven lásd Bónus és Nagy, 2020). A kísérlettervezéshez, a kísérleti elrendezések értékeléséhez és a következtetések levonásához elengedhetetlenek a kísérleti változókkal kapcsolatos készségek. Ezeket a készségeket a szakirodalomban számos névvel illetik, sokszor pedig a készségek helyett a kontrollált kísérletek tervezéséhez szükséges stratégiát nevezik meg: változók elkülönítése (*isolation of variables*, Inhelder & Piaget, 1958), „egyszerre egy tényezőt változtatunk” elv (*vary one thing at a time*, VOTAT, Tschirgi, 1980), változók kontrollja stratégia (*control of variables strategy*, CVS, Chen & Klahr, 1999). Értekezésünkben a változók azonosítása és kontrollja készségek (CVS) megnevezést preferáljuk. A kutatások eredményei azt mutatják, hogy a CVS elsajátítása előfeltétele több komplex természettudományos készség kifejlődésének, úgymint a többváltozós oksági gondolkodás (*multivariable causal reasoning*) és a komplex problémamegoldás (Kuhn, 2007). A CVS már alsó tagozatosoknál megjelenik. A készség kifejlődése a diákok kísérletezéssel kapcsolatos metafoglami megértését, illetve a tudomány természetének megértését igényli (Osterhaus et al., 2017). Azonban a készség teljes elsajátítása

még felnőtteknél sem következik be mindig. A pubertáskor kiemelt szerepet játszik a CVS fejlődésében, hiszen ekkor tudják elsajátítani a kísérlettervezés részkészséget (Bullock et al., 2009). A felnőttkorban mérhető különbségek feltehetően a tartalmi tudásban lévő különbségekkel magyarázhatók (Koslowski, 1996; Kuhn, 2009).

Számos kutatás célozta a kutatási készségek fejlesztését (Ross, 1988; Schwichow et al., 2016). Az eredmények azt mutatják, hogy megfelelő támogatással minden korosztályban fejleszthetők a kutatási készségek. A hatásméreteket azonban befolyásolhatják az alkalmazott módszerek (Chen & Klahr, 1999, Mayer, 2004; Lazonder & Egberink, 2014; Schalk et al., 2019), a tanári támogatás mértéke (Chen & Klahr, 1999; Klahr & Nigam, 2004; Strand-Cary & Klahr, 2008; Triona & Klahr, 2003), a mérőeszközök, értékelési módszerek (Chen & Klahr, 1999; Klahr & Nigam, 2004; Ross, 1988; Strand-Cary & Klahr, 2008; Zohar & David, 2008; Zohar & Peled, 2008) és az iskola rangsorban elfoglalt helye (Schwichow et al., 2016; Szalay et al., 2021). A természettudományok tanításának és a kutatási készségek fejlesztésének ígéretes módszere a kutatásalapú tanulás.

A kutatásalapú tanulás (*inquiry-based learning*, IBL) egy olyan tanulóközpontú módszer (Kuhn et al., 2000), amelyben „a tanulást a kutatás folyamata irányítja” (Kahn & O'Rourke, 2005, p. 1.). Egy kérdés megválaszolása vagy egy probléma megoldása érdekében a tanulók a tudományos felfedezés lépéseit követve kísérleteket végeznek, adatokat gyűjtenek és elemeznek, következtetéseket vonnak le, ezáltal új ismereteket és készségeket szereznek (Bell et al., 2010; Pedaste et al., 2015). A módszer a tanulás konstruktivista megközelítésén alapul, amely szerint a tanulók a tanulási folyamatban való aktív részvételükkel hozzák létre a megértésüket (Bächtold, 2013; Driver & Oldham, 1986). Azonban az IBL mint tanítási stratégia – hasonlóan a felfedezéses, problémaalapú és tapasztalati tanulóhoz – nem feltétlenül vezet sikeresebb tanulóhoz a szaktárgyi tudás elsajátítása szempontjából (Reid & Ali, 2020). Ebben a módszerben a hangsúly nem teljes mértékben az ismeretek átadásán, hanem a kutatási készségek és a tudomány természete megértésének elősegítésén van (Schwartz et al., 2004). A fiatalabb tanulóknak több támogatásra van szükségük a kevésbé fejlett kognitív struktúrák és a kevesebb előzetes tudás miatt (Hattie & Yates, 2013; Kirschner et al., 2006; Reid & Ali, 2020). Ezért fontos, hogy a megvalósítási módszereket a tanulási környezethez igazítsuk. A nagyobb mértékű önállóság növelheti a kognitív terhelést. Ha egy kutatási tevékenység túlterheli a tanulók munkamemóriáját, az csökkent megértéshez, töredezett tudáshoz vagy akár tévképzetek kialakulásához is vezethet. A megoldás a megfelelően irányított, a tanulói szabadság és a tanári támogatás egyensúlyát biztosító kutatásalapú tanulásban rejlik (Kirschner et al., 2006), ahol a tanári támogatás a gondolkodást helyezi előtérbe (Hmelo-Silver et al., 2007).

A tanulók számára nyújtott információ mennyiségétől és a tanári jelenlétől függően a kutatásalapú tanulás három szintje különböztethető meg (pl. Hegarty, 1978; Spronken-Smith & Walker, 2010; Tafoya et al., 1980; Zion & Mendelovici, 2012), habár ezek meghatározása és elnevezése nem egységes a szakirodalomban (Buck et al., 2008). Az első szint a strukturált kutatás (*structured inquiry*), ahol a problémát és a kísérlet lépéseit is a tanár adja meg, de a megoldást a tanulók javasolják a megfigyeléseik és méréseik eredményei alapján. Ez a fajta tevékenység korlátozott lehetőséget kínál az önálló gondolkodásra, és a tanulók figyelmét a megoldáshoz vezető útra irányítja. Ez a módszer hasznos lehet a viszonylag egyszerű kutatási készségek (pl. megfigyelés, mérés, adatértelmezés, az eredmények megvitatása és dokumentálása) gyakorlására, vagy a tanulók bevezetésére a kutatásalapú tanulásba. A következő szintet az irányított kutatás (*guided inquiry*) jelenti, ahol a problémát továbbra is a tanár adja meg, de a folyamat minden további lépését (pl. hipotézisek megfogalmazása, a kísérlet megtervezése) a diákok hajtják végre. Ezek a tevékenységek lehetőséget biztosítanak a kooperatív tanulásra, és nagyobb teret engednek a tanulók kreativitásának, valamint készségeik és képességeik fejlesztésének. A kutatásalapú tanulás legmagasabb szintje a nyitott kutatás (*open inquiry*), ahol a tanár szerepe a téma és a tanulási célok meghatározására korlátozódik, a

tanulók pedig maguk választják ki a problémát és a kutatási kérdéseket, amelyeket vizsgálni kívánnak. Ez a tevékenység típus adja a legnagyobb szabadságot, ugyanakkor a legfejlettebb kutatási készségeket, természettudományos gondolkodást és kreativitást követeli meg, így nagy felelősséget ró a diákokra. Az értekezésben bemutatott fejlesztő programban az irányított kutatásalapú tanulást használtuk, hiszen számos kutatás támasztotta alá hatékonyságát a kémiaoktatásban (pl. Barthlow & Watson, 2014; Kadioglu-Akbulut & Uzuntiryaki-Kondakci, 2021; Tornee et al., 2019). Az irányított kutatásalapú tanulás számos előnye ellenére a módszert ritkán alkalmazzák az osztályteremben (Capps & Crawford, 2013; Engel et al., 2013; Hofer et al., 2018; Wallace & Kang, 2004). Ennek okait (időhiány, kevés kipróbált kutatásalapú feladat áll rendelkezésre, tanári meggyőződések, pedagógiai nehézségek, munkaszervezési nehézségek, nagy osztálylétszám, balesetvédelmi kérdések, tanulói tévképzetek kialakulásának kockázata, tanulói panaszok, értékelési kérdések, anyagi feltételek – Cheung, 2007) az értekezésben részletesen bemutattuk.

Kutatások rámutattak arra, hogy a természettudományok tanulásának sikerességét, a tanulmányi teljesítményt nagymértékben befolyásolják a diákok tanulási motivációi és tantárgyi attitűdjei. Emiatt az értekezésben bemutatott fejlesztő kísérletünk során követtük a tanulási motiváció változását. A *természettudományos tanulási motiváció* egy olyan belső állapotként határozható meg, mely „felkelti, irányítja és fenntartja a természettudományok tanulásával kapcsolatos viselkedéseket” (Glynn et al., 2011, p. 2). Komponensei az intrinzik motiváció, az öndetermináció, az önhatékonyság és az extrinzik motiváció. Az intrinzik motiváció egy tevékenység iránti természetes késztetésre vagy érdeklődésre utal, mely nem külső jutalmakból vagy nyomásból fakad (Ryan & Deci, 2000). Az öndetermináció azt fejezi ki, hogy a diákok milyen mértékben érzik úgy, hogy irányíthatják a tanulási folyamatot (Ryan & Deci, 2000), míg az önhatékonyság azt mutatja meg, hogy a diákok milyen mértékben bíznak abban, hogy sikeresek lehetnek a természettudományok tanulásában (Pajares, 1996). Az extrinzik motiváció arra a késztetésre utal, hogy egy tevékenységet külső tényezők – például jutalmak vagy büntetések – által vezérelve folytassunk, nem pedig a tevékenységgel kapcsolatos érdeklődés vagy az abból fakadó élvezet alapján (Ryan & Deci, 2000). A természettudományos tanulási motivációval összefüggésben az extrinzik motiváció számos formát ölthet. Rövid távú célként a jó tanulmányi jegyek szerzése és a tanulmányi sikerek elérése hathat ösztönzőleg (*jegyért tanulás*), míg hosszú távon a természettudományos területekhez köthető karrierlehetőségek tarthatják fenn az érdeklődést a természettudományok tanulása iránt (*karriermotiváció*) (Schumm & Bogner, 2016). A természettudományos tanulási motiváció komponenseinek fejlettsége eltérő megoszlást mutat életkortól, nemtől és országtól függően a különböző tanulmányokban. Kutatásunk szempontjából legrelevánsabb B. Németh és munkatársai (2020) eredménye, mely azt mutatja, hogy a 8. évfolyamosok tanulási motivációja a 6. évfolyamosokénál szignifikánsan alacsonyabb. Legerősebb tényező a jegyért tanulás, legkevésbé jelentős pedig a karriermotiváció. Nem találtak jelentős különbséget a természettudományos tanulási motiváció szintjében a tanulók neme szerint.

ELŐKÉSZÍTŐ EMPIRIKUS VIZSGÁLATOK

1) Tantervek és kémia érettségi vizsgakövetelmények elemzése a tudományos gondolkodás és kutatás készségeinek fejlesztése szempontjából

A vizsgálatba a 2012-ben elfogadott Nemzeti alaptantervet, a környezetismeret, a természetismeret és a kémia tantárgyak kerettanterveit, valamint a kémia érettségi vizsgakövetelményeit vontuk be. A tartalomelemzés során használt kulcsszavak a következők voltak: természettudományos gondolkodás, megfigyelés, vizsgálat, kísérlet, kísérletezés, kutatás, kutatásalapú tanulás, problémamegoldás, kontextus, tudástranszfer, alkalmazás.

2) Természetismeret- és kémiatankönyvek feladatainak elemzése

A fejlesztő program előkészítése során áttekintettük az 51/2012. (XII. 21.) EMMI-rendeletben közölt kerettantervek alapján készült újgenerációs tankönyvek kémia témájú feladatait is, hogy feltérképezzük, mely kutatási és gondolkodási képességek fejlesztésére alkalmasak, illetve hogyan változik a számuk az évfolyamot tekintve. Ezt az elemzést (Orosz et al., 2017) egy nagyobb projekt részeként valósítottuk meg, amelyben biológia- és fizikatankönyvek feladatainak vizsgálatára is sor került (Nagy & Kissné Gera, 2017; Radnóti, 2016; Veres, 2017). Újgenerációs tankönyveknek a 2014-től indult kísérleti tankönyvfejlesztési program keretében készült és a gyakorlati kipróbálás tapasztalatai alapján átdolgozott tankönyveket nevezik (Kojanitz, 2014).

3) Egy irányított kutatásalapú foglalkozás kipróbálásának tapasztalatai

Az értekezésben bemutatott fejlesztő program előkészítésének érdekében egy nagyvárosi középiskola 9. évfolyamos tanulói körében ($N = 88$, átlag_{életkor} = 15,43 év, szórás = 0,71 év; 33,0% fiú, 67,0% lány) kipróbáltunk egy irányított kutatásalapú foglalkozást. A tanulóknak egy hétköznapi élethez kötődő problémát kellett megoldaniuk 4-5 fős csoportokban. A problémafelvetés után vizsgálták a megadott kémiai anyag tulajdonságait, hipotéziseket alkottak, kísérletet terveztek, összeválogatták a szükséges eszközöket, a kísérletet elvégezve megfigyelték a tapasztalatokat és következtetéseket vontak le, majd az eredmények tükrében felülvizsgálták a hipotéziseiket. A tanulói munkavégzést feladatlappal irányítottuk, mely a kutatásalapú tanulás minden lépéséhez tartalmazott kérdéseket és kiegészítő információkat (pl. mi a hipotézis és a kísérlet szerepe a hipotézis tesztelésében).

A tanulási folyamat feltárásához és elemzéséhez az esettanulmány (*case-study*) módszerét (Hamilton & Corbett-Whittier, 2013; Yin, 2018) alkalmaztuk, hogy több nézőpontból (szakértők, foglalkozásvezető tanárok mint megfigyelők, tanulók) értékeljük az irányított kutatásalapú tanulás megvalósítását. Kutatásunkban vegyes módszertani elrendezést (*mixed-method design*) követtünk (Tashakkori & Teddlie, 2003), hogy több szempontból vizsgáljuk (tartalomelemzés, rubrikák, tanulói kérdőív) a tanulási folyamatokat.

KUTATÁSI CÉLOK ÉS HIPOTÉZISEK

A kutatás célja a középiskolások számára kidolgozott kutatási készségeket fejlesztő program hatásvizsgálata volt. Annak feltárása, hogy milyen mértékű fejlesztő hatás mérhető a programnak köszönhetően a 10. évfolyamos diákok kutatási készségeinek, azon belül kiemelten a változók azonosítása és kontrollja készség fejlettségében a kontrollcsoporthoz viszonyítva.

Kutatási kérdések

- 1) Hogyan változnak a tizedikesek kutatási készségei a fejlesztő kísérlet hatására?
- 2) Hogyan befolyásolja a tanulók képességszintjei és neme a fejlesztő hatást?
- 3) Hogyan változik a tanulók kémia tanulási motivációja a fejlesztés hatására?

Hipotézisek

- H1: A kísérleti csoport kutatási készségei szignifikánsan nagyobb mértékben fejlődnek, mint a kontrollcsoport készségei.
- H2: A kísérleti csoport változókkal kapcsolatos készségei szignifikánsan nagyobb mértékben fejlődnek, mint a kontrollcsoport készségei.
- H3: A fejlesztő program a közepes képességszintű diákokat fogja fejleszteni leginkább.
- H4: A fejlesztő program hatásában nemek szerint nem lesz különbség.
- H5: A fejlesztő program pozitív hatást gyakorol a kémia tanulási motivációra.
- H6: A fejlesztésben részt vevő diákok pozitív visszajelzéseket adnak a fejlesztő programról.

A kutatási készségeket fejlesztő program bemutatása

A fejlesztő program a 10. évfolyamos gimnáziumi kémia tanítás „*Karbonsavak és észterek*” tanegységéhez kapcsolódva a kutatási készségek indirekt, tantárgyi tartalomhoz kötött fejlesztésére irányult, kiemelt hangsúlyt fektetve a kísérleti változókkal kapcsolatos készségekre (változók azonosítása és a változók kontrollja). A program kidolgozásánál a konstruktivista tanuláselméletet vettük alapul. Ennek érdekében a feladatokat úgy alkottuk meg, hogy azok feldolgozása aktív tanulási módszereket, páros vagy csoportmunkát igényeljen. A fejlesztés összesen 10 tanórán keresztül zajlott. Ezen felül további négy tanórát igényelt az elő- és utómérések lebonyolítása. A program kidolgozása során törekedtünk arra, hogy a fejlesztő feladatokat egyenletesen osszuk el a rendelkezésre álló tanórák között, teret adva az ismétlésnek. További szempont volt, hogy a diákok ne csak „receptszerűen” kövessék a kutatás lépéseit, hanem megértsék azok céljait, így beépítettük a programba az ehhez szükséges procedurális és episztemológiai ismeretek átadását is. A változókkal kapcsolatos procedurális és episztemológiai ismereteket (pl. függő, független változó, állandók) expliciten tanítottuk.

A programba bekerültek rövidebb (5–10 perces) feladatok, amelyek rendszerint egy vagy néhány készség fejlesztését célozzák, valamint hosszabb (30–45 perces) foglalkozások is, amelyek megvalósítása során több kutatási készség működtetésére van szükség. A feladatmegoldás során a diákok páros vagy csoportmunkában dolgoztak, melyet feladatlapokkal irányítottunk. Ez a kutatásalapú tanulás strukturált szintjének felel meg. Az egész tanórás foglalkozás az irányított kutatásalapú tanulás lépéseit követte. A játékos feladatok az érdeklődés felkeltésén túl a problémamegoldás során fontos együttműködés, kritikai gondolkodás és döntéshozatal fejlesztését is szolgálták. A kísérleti csoportokat tanító pedagógusok számára kidolgoztuk a tématervet, amely előírta, hogy melyik tanórán melyik fejlesztő feladatot kell feldolgozni. A kémiaórákból fennmaradó időben a tanárok saját belátásuk szerint haladhattak a tananyaggal.

A fejlesztő kísérlet bemutatása

A kísérletben a kétszoros, elő- és utóméréses elrendezést követtük (1. ábra). Mivel a mintaválasztás során kényelmi mintavételt alkalmaztunk, így a kísérletünk kvázi-experimentálisnak tekinthető. Az elő- és utómérés során elsősorban a kvantitatív kutatómódszertan eszköztárát használtuk. A két mérési pontban két tesztet, egy kérdőívet és egy-egy háttérkérdőívet vettünk fel. Ezek közül a *Kutatási készségek teszt* és a *Kémia tanulási motiváció kérdőív (CMQ II)* megegyezett a két mérési pontban, míg a változókkal kapcsolatos készségeket mérő teszt (*Kísérleti változók I.*) bizonyos itemei az utómérés során módosításra kerültek, amit az értekezésben részletezünk. A *Kísérleti változók I. teszt* eredményeinek értékelése során tartalomelemzést is végeztünk.

Minta

A kutatás mintáját három magyarországi nagyvárosi gimnázium 10. évfolyamos diákjai képezték. Öt osztály alkotta a kísérleti csoportot ($N = 121$; $M_{\text{életkor}} = 16,7$ év, $SD = 0,4$ év; fiú 42,1%, lány 57,9%) és hat osztály a kontrollcsoportot ($N = 151$; $M_{\text{életkor}} = 16,8$ év, $SD = 0,4$ év; fiú 50,3%, lány 49,7%). A mintaválasztás során kényelmi mintavételt alkalmaztunk. Először a fejlesztő program kipróbálása iránt nyitott és érdeklődő pedagógusokat kerestük meg. Az általuk tanított 10. évfolyamos osztályok képezték a kísérleti csoportot. Az iskolák többi tizedikes osztálya alkotta a kontrollcsoportot. A kiválasztás jellegéből adódóan a minta nem reprezentatív. Az osztályok a fejlesztés előtt normál tanterv és ugyanazon kémia tankönyv szerint, azonos óraszámú és hasonló módszerekkel tanulták a kémiát. Az osztályok között kémia tagozatos nem szerepelt.

Mérőeszközök

Kutatási készségek teszt

A kutatási készségeket egy saját fejlesztésű online teszttel (Z. Orosz et al., 2018) mértük az eDia rendszeren keresztül. Ezt a mérőeszközt az MTA-SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport fejlesztette ki, egy korábbi mérőeszköz (Korom et al., 2016) átdolgozásával. A teszt összesen 39 itemet tartalmaz és a következő alskálákra tagolódik: adatértelmezés (4 item), változók azonosítása (5 item), kutatási kérdés vizsgálata (8 item), hipotézisvizsgálat (6 item), változók kontrollja (4 item), kísérlettervezés (4 item), következtetés (8 item).

A kísérleti változók teszt

A változók azonosítása és kontrollja készségeket egy nemzetközi szakirodalomból adaptált feladatokat tartalmazó (Zhou et al., 2016) papír alapú mérőeszközzel mértük. A mérőeszköz négy feladatot tartalmaz, az első kettő hétköznapi kontextusban, a második kettő kémiai tartalom mérő a kísérleti elrendezések elemzését, a változók hatásának tesztelését, a változók kontrollját és a kísérlettervezést.

Kémia tanulási motiváció kérdőív

A kémia tanulási motivációt a más kutatásokban (Salta & Koulougliotis, 2015; Zhang & Zhou, 2023) is alkalmazott módon, a Természettudományok tanulási motivációi kérdőív (*Science Motivation Questionnaire II – SMQ II*, Glynn et al., 2011) magyar nyelvre és kémia tantárgyra adaptált változatával mértük. A kérdőívet a nemzetközi gyakorlathoz hasonlóan Kémia tanulási motiváció kérdőív II (*Chemistry Motivation Questionnaire II – CMQ II*) névvel azonosítottuk, az értekezésben az angol névnek megfelelő betűszót használjuk.

A mérőeszköz 25 itemet tartalmaz és öt alszállára tagolódik: intrinzik motiváció, öndetermináció, önhatékonyság, jegyért tanulás, karriermotiváció. Mindegyik állítás esetében ötfokú skálán (1: soha, 2: ritkán, 3: néha, 4: gyakran, 5: mindig) kell kifejezni azt, hogy milyen gyakran gondolják a tanuló a kémia tanulása során az állításban szereplő dolgot.

Háttérkérdőív

A háttérkérdőív a tanulók életkorán és nemén túl a tantárgyi attitűdöket, az előző félév során kapott tantárgyi érdemjegyeket, a kémiaórán használt taneszközöket és tanítási módszereket vizsgálta. A tantárgyi attitűdök esetén a diákoknak egy ötfokú Likert-skálán (1: egyáltalán nem szeretem, 5: nagyon szeretem) kellett kifejezniük, hogy mennyire kedvelik az adott tárgyat.

EREDMÉNYEK

1. tézispont: A szabályozó dokumentumok elemzése alapján megállapítottam, hogy mind a tantervekben, mind az érettségi vizsgakövetelményekben célként és követelményként jelenik meg a tudományos vizsgálódáshoz szükséges kutatási és gondolkodási készségek fejlesztése, és az oktatásirányító dokumentumok számos témát, illetve tevékenységet javasolnak ennek megvalósításához.
2. tézispont: Elemzéseim azt mutatták, hogy a kutatási készségeket, a gondolkodási képességeket és a problémamegoldás készségeit fejlesztő feladatok a 6. évfolyamot kivéve minden évfolyam újgenerációs természetismeret- és kémia tankönyveiben jelen vannak, azonban számuk és komplexitásuk nem növekszik egységesen az évfolyamokkal. A leggyakrabban fejlesztett kutatási készségek a megfigyelés, a kísérletek kivitelezése, az adatértelmezés és a magyarázatalkotás. Alacsony számban vannak a problémafelvetést, a kutatási kérdés megfogalmazását, a hipotézisalkotást, az előrejelzést, a kísérlettervezést, illetve az eredmények kommunikálását fejlesztő feladatok. Az összehasonlítás, az arányossági gondolkodás és az oksági gondolkodás bizonyult a leggyakrabban fejlesztett gondolkodási képességeknek. Nincs konzervációt, valószínűségi gondolkodást és korrelatív gondolkodást fejlesztő feladat, de alacsony arányban vannak jelen a sorképzést, az osztályozást, az arányossági és a kombinatív gondolkodást fejlesztő feladatok is. Számos feladat igényli a kémiai problémák megoldásában is fontos információgyűjtést, tájékozódást, azonban ritkán kéri a feladatok a talált információk kritikai feldolgozását, értékelését, illetve bemutatását. Kevés az olyan feladat, amely a kémiai ismeretek transzferálását kéri más tudományterületekre.
3. tézispont: Esettanulmányom eredményei azt mutatják, hogy az irányított kutatásalapú tanulás eredményesen használható a módszerrel újonnan ismerkedő tanulókkal, ha megfelelő támogatást biztosítunk számukra a hipotézisalkotás, a megfigyelések rögzítése, a következtetések levonása és a hipotézisvizsgálat szakaszokban.
4. tézispont: Megállapítottam, hogy a fejlesztő kísérletnek kis hatása volt a diákok *Kutatási készségek utóteszten* nyújtott teljesítményére (Cohen-d = 0,315). A kísérleti csoport jobb átlageredménnyel rendelkezik, mint a kontrollcsoport, azonban a

különbség nem szignifikáns. A magas átlagok plafonhatást jeleznek, mely arra utalhat, hogy a teszt nem differenciál jól a mintán, így a különbségek kimérése és a fejlesztőhatás jellemzése is nehézkes ezzel a mérőeszközzel.

5. tézispont: A kísérleti csoport szignifikánsan jobb átlagteljesítményt nyújtott a *Kísérleti változók utóteszten* mint a kontrollcsoport. A kísérleti hatás közepes (parciális eta négyzet = 0,159), ha a *Kutatási készségek előteszt*, a *Kísérleti változók előteszt* és a *CMQ II előmérés* eredményeit kovariánsként bevonjuk a modellbe. Ebből arra következtettem, hogy a fejlesztő program alkalmas a tanulók kísérleti változókkal kapcsolatos készségeinek fejlesztésére.
6. tézispont: A képességszinteknek nincs szignifikáns hatása, ha független változóként bevonjuk a modellbe, illetve a képességszintek és a fejlesztő kísérlet interakciója sem szignifikáns, így arra következtettem, hogy az alacsony, a közepes és a jó képességű tanulók is egyforma mértékben profitáltak a fejlesztésből.
7. tézispont: A tanulók nemének sincs szignifikáns hatása a modellbe bevonva, így arra következtettem, hogy a fejlesztés egyenlő mértékben hat a fiúk és lányok készségeire.
8. tézispont: A fejlesztés ideje alatt a kísérleti és a kontrollcsoport kémia tanulási motivációja is csökkent, mely egybeesik Salta és Koulougliotis (2015) eredményeivel. A varianciaanalízis és a hatásméretszámítások eredményei alapján megállapítottam, hogy a fejlesztő kísérletnek a tanulási motivációra nincs hatása (Cohen-d = 0,052).
9. tézispont: A tanulói visszajelzések alapján megállapítottam, hogy a kísérleti csoportban szívesebben tanulták a témakört a diákok és úgy érezték, hogy nagyobb megértésre tettek szert. A fejlesztés során használt módszerek közül a kutatásalapú tanulás volt a legnépszerűbb, melyet a játékos feladatok és a feladatlapok követtek.

Ezek az eredmények megerősítik a fejlesztő kísérlettel kapcsolatos H2, H4, H6 hipotéziseket, azonban a H1, H3 és H5 hipotéziseket nem támasztják alá, így azokat elvettem.

LIMITÁCIÓK ÉS TOVÁBBLÉPÉSI LEHETŐSÉGEK

A kísérlet során praktikus okokból kényelmi mintaválasztás használtam. A kísérleti és a kontrollcsoportba nagyvárosi gimnáziumok osztályai kerültek be, ami nem biztos, hogy reprezentatív a magyar gimnazisták populációjára. Mivel a tanulók szocioökonómiai státusza befolyásolhatja az iskolai teljesítményt (Harsányi et al., 2019; Saifi & Mehmood, 2011; OECD, 2019), a jövőben érdemes lenne a vizsgálatot kiterjeszteni kisvárosi és kistérségi iskolákra is. A minta mérete nem biztos, hogy elég nagy a kis, de szignifikáns hatások kimutatásához. A minta kiterjesztése növelné az alkalmazott statisztikai próbák erejét, és ezáltal a következtetések érvényességét.

A kísérleti csoport már a fejlesztés előtt is magasabb természettudományos tanulási motivációval rendelkezett, ami hatással lehetett a tanulás iránti elkötelezettség mértékére (Nolen, 2003). Ezt a torzítást a tanulók véletlenszerű besorolásával lehetne kiküszöbölni, de ez iskolai környezetben nehezen megvalósítható, hiszen ez azt jelentené, hogy bizonyos diákoknak osztályt kellene váltania a fejlesztés időtartama alatt.

Az eredményekből az is kiderült, hogy a *Kutatási készségek teszt* a vizsgált mintán már nem differenciál jól, mivel a kérdések többsége túl könnyű a diákok számára. Szükséges lenne tehát a teszt átdolgozása. Különösen az adatértelmezés, a hipotézisvizsgálat, a kísérlettervezés és a következtetés alkálák szorulnak átdolgozásra az alacsony reliabilitásuk miatt. Az itemszám bővítésével növelhető lenne a reliabilitás (Kárász et al., 2022).

A *Kísérleti változók teszt* fejlesztésére is szükség lehet. A fejlesztő program alacsonyabb évfolyamokra való kiterjesztéséhez érdemes lenne a kémiai tartalmú feladatokat a 7–8. évfolyam számára adaptálni, hiszen a jelenlegi verzió olyan fogalmakat tartalmaz (pl. kémiai egyensúly), melyek csak középiskolában kerülnek bevezetésre. Emellett felmerül a kérdés, hogy mennyire hatékonyan mérhetők a kutatási készségek a zárt végű kérdéseket tartalmazó hagyományos tesztekkel. A szakirodalomból régóta ismert a virtuális valóságon alapuló tanulási környezetek, az interaktív szimulációk és az oktatási célú játékok kutatási készségeket fejlesztő hatása. Li et al. (2018) a logfile-elemzésen alapuló automatikus pontozási rendszerek kidolgozását javasolja oktatási célú adatbányászat (*educational datamining*), illetve tartalomlemező szoftverek segítségével. Ez a technológia nagymértékben növelné a mérés validitását és továbbra is biztosítaná a nagymintás adatgyűjtést. Amíg hazánkban is elérhetővé válik, addig a hagyományos tesztelést ki lehetne egészíteni a tanulók kísérletezés közben történő megfigyelésével, hangosan gondolkodtatásával (*think-aloud protocol*) (Wu et al., 2014). Az így gyűjtött adatokat rubrik segítségével lehetne értékelni (Halonen et al., 2003). A módszer hátránya, hogy időigényes, így nagymintás mérésekre nehézkesen alkalmazható.

Érdemes lenne megvizsgálni azt is, hogy hogyan hat a fejlesztő program a szaktárgyi tudás elsajátítására. Ehhez tudásmérő tesztek kidolgozására van szükség.

Szükség lenne továbbá a fejlesztő program kibővítésére. Ahogyan azt az elméleti bevezetőben már említettem, a változók azonosítása és kontrollja készség a kísérlettervezés alappilléreinek tekinthető, de a legtöbb valós probléma megoldásához bonyolultabb készségek is szükségesek. Ígéretes lenne például a változók kölcsönhatásainak vizsgálatát is tanítani többváltozós rendszereket tartalmazó feladatok segítségével. A készségek bővítése mellett lehetőség lenne a program tartalmi kiegészítésére. Jelen formájában csak a tizedikes évfolyam fejlesztésére alkalmas, azonban a tartalmi kereteket módosítva adaptálható lenne a 7–9. évfolyamokra is. A fejlesztés időtartalmát is lehetne módosítani, ugyanis a szakirodalom azt mutatja, hogy a hosszabb távú fejlesztések transzferhatása jobb.

Eredményeim gazdagítják a kutatási készségek kémiaórán történő fejlesztésére vonatkozó nemzetközi és a hazai kutatásokat. A kidolgozott és kipróbált program bővíti a kémiatanítás módszertanát.

A DISSZERTÁCIÓHOZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

Folyóiratcikkek

- Z. Orosz, G.** (2023). Elsőéves tanárszakos hallgatók tudományos episztemológiai nézeteinek és természettudományos gondolkodásának vizsgálata. (Iskolakultúra – megjelenés alatt)
- Orosz, G.,** Németh, V., Kovács, L., Somogyi, Z., & Korom, E. (2023). Guided inquiry-based learning in secondary-school chemistry classes: a case study. *Chemistry Education Research and Practice*, 24(1), 50–70. <http://doi.org/10.1039/D2RP00110A>
- Korom, E., & **Z. Orosz G.** (2020). A természettudományos nevelés fő kutatási irányzatai. *Magyar Tudomány*, 181(1), 34–46. <http://doi.org/10.1556/2065.181.2020.1.4>
- Csiszár, I., Korom, E., Molnár, M., Nagy, A., Papp, K., Sós, K., & **Z. Orosz G.** (2019). Tanórai keretek között megvalósítható gondolkodásfejlesztő természettudományos foglalkozások az első hat évfolyamon. *Tanító*, 57(5), 1–5.
- Németh, V., Somogyi, Z., Korom, E., **Z. Orosz, G.,** Balogh, T., & Kovács, L. (2019). Színes kémiai kísérletek. *Tanító*, 57(7–8), 11–13.
- Németh, V., & **Orosz, G.** (2016). A reakciósebesség című SAILS tanulási egység kipróbálásának tapasztalatai. *Iskolakultúra*, 26(3), 81–88. <http://doi.org/10.17543/ISKKULT.2016.3.81>
- Z. Orosz G.,** Kiss, T., & Németh, V. (2016). Projekt módszer a kémiaoktatásban. *Magyar Kémikusok Lapja*, 71(11), 342–346.

Könyvfejezetek

- Balogh, T., Németh, V., Somogyi, Z., & **Z. Orosz, G.** (2020). Készségfejlesztő feladatok 7-8. évfolyamosok számára. In E. Korom & V. Németh (Eds.), *Kémia: módszertani kézikönyv* (pp. 55–90). Mozaik Kiadó.
- Németh, V., Kotroczó, T., Somogyi, Z., & **Z. Orosz G.** (2020). A készségfejlesztés tanórán kívüli lehetőségei kémiából. In E. Korom & V. Németh (Eds.), *Kémia: módszertani kézikönyv* (pp. 127–148). Mozaik Kiadó.
- Csiszár, I., Molnár, M., Papp, K., Sós, K., Nagy, A., **Z. Orosz, G.,** & Korom, E. (2020a). Kísérletezős foglalkozások - haladó szint. In E. Korom & I. Csiszár (Eds.), *Kisiskoláskor: módszertani kézikönyv* (pp. 121–186). Mozaik Kiadó.
- Csiszár, I., Molnár, M., Papp, K., Sós, K., Nagy, A., **Z. Orosz G.,** & Korom, E. (2020b). Kísérletezős foglalkozások - kezdő szint. In E. Korom & I. Csiszár (Eds.), *Kisiskoláskor: módszertani kézikönyv* (pp. 55–120). Mozaik Kiadó.
- Papp, K., Nagy, A., & **Z. Orosz G.** (2020). A kisiskoláskori természettudományos nevelés célja, feladata és keretei. In E. Korom & I. Csiszár (Eds.) *Kisiskoláskor: módszertani kézikönyv* (pp. 7–26). Mozaik Kiadó.
- Somogyi, Z., Kovács, L., Németh, V., & **Z. Orosz G.** (2020). Készségfejlesztő feladatok 9- 10. évfolyamosok számára. In E. Korom & V. Németh (Eds.), *Kémia: módszertani kézikönyv* (pp. 91–126). Mozaik Kiadó.
- Z. Orosz, G.,** Kovács, L., & Németh, V. (2020). Játsszunk kémiát! Gondolkodásfejlesztő feladatok a 3-6. évfolyamon. In E. Korom & V. Németh (Eds.), *Kémia: módszertani kézikönyv* (pp. 33–54). Mozaik Kiadó.

- Z. Orosz, G.** (2020). Kutatási készségek fejlesztése a kémiatanítás során. In E. Korom & V. Németh (Eds.), *Kémia: módszertani kézikönyv* (pp. 19–32). Mozaik Kiadó.
- Z. Orosz, G., & Korom, E.** (2020). Természettudományos nevelés és gondolkodásfejlesztés a kémiatanításban. In E. Korom & V. Németh (Eds.), *Kémia: módszertani kézikönyv* (pp. 7–18). Mozaik Kiadó.
- Z. Orosz, G., Molnár, M., & Korom, E.** (2020). A természettudományos gondolkodás és fejlesztésének lehetőségei kisiskoláskorban. In E. Korom & I. Csiszár (Eds.), *Kisiskoláskor: módszertani kézikönyv* (pp. 27–54). Mozaik Kiadó.

Konferenciaelőadások

- Nagy, M. T., Korom, E., & **Z. Orosz, G.** (2021). The relationship between epistemological beliefs and motivation to learn science among sixth graders. (ESERA 2021 Conference, University of Minho, Braga, Portugal. 30 August – 3 September 2021).
- Z. Orosz, G., & Kiss-Kovács, R.** (2021). Tanárjelöltek kutatási készségeinek és reflexió-rumináció indexeinek vizsgálata. In Gy. Molnár & E. Tóth (Eds.), *A neveléstudomány válaszai a jövő kihívásaira : XXI. Országos Neveléstudományi Konferencia* (pp. 617–617).
- Orosz, G., & Korom, E.** (2020). Assessment of Hungarian preservice teachers` beliefs about nature of science and scientific reasoning. In LUMAT Research Symposium, Promoting STEAM in Education: Conference Book (pp. 22–23).
- Z. Orosz, G., & Korom, E.** (2020a). A tudásról és a tudomány működéséről alkotott nézetek vizsgálata 11. évfolyamos diákok körében. In A. Engler, M. Rébay & D. A. Tóth (Eds.) *Család a nevelés és az oktatás fókuszában: XX. Országos Neveléstudományi Konferencia* (pp. 377–377).
- Z. Orosz, G., & Korom, E.** (2020b). Természettudomány szakos tanárok episztemológiai nézeteinek vizsgálata. In A. Engler, M. Rébay & D. A. Tóth (Eds.) *Család a nevelés és az oktatás fókuszában: XX. Országos Neveléstudományi Konferencia* (pp. 195–195).
- Z. Orosz, G., Purevjav, D., & Molnár, E. K.** (2019). Hungarian Science and Mathematics Teachers` Professional Development needs. In *Thinking Tomorrow's Education: Learning from the past, in the present and for the future* (pp. 107–107). (EARLI 2019, Aachen, Germany, 12 August – 16 August, 2019)
- Z. Orosz, G., Korom E., & B. Németh, M.** (2019). The assessment of pre-service teachers` scientific inquiry skills. In *Thinking Tomorrow's Education: Learning from the past, in the present and for the future* (pp. 292–292). (EARLI 2019, Aachen, Germany, 12 August – 16 August, 2019)
- Z. Orosz G., & Korom, E.** (2019). Inquiry-based learning in a chemistry class with 9th graders. (ESERA 2019, Bologna, Italy, 26 August – 30 August, 2019)
- Orosz, G., & Korom, E.** (2019). A természettudományos gondolkodás mérése: a Lawson-teszt hazai kipróbálásának tapasztalatai. In E. K. Molnár & K. Dancs (Eds.), *PÉK 2019 [CEA 2019] XVII. Pedagógiai Értékelési Konferencia [17th Conference on Educational Assessment]* (pp. 71–71).
- Orosz, G., & Purevjav, D.** (2019). Exploring Hungarian science and mathematics teachers` professional development needs: A mixed methods study. In E. K. Molnár & K. Dancs (Eds.), *PÉK 2019 [CEA 2019] XVII. Pedagógiai Értékelési Konferencia [17th Conference on*

- Educational Assessment*] (pp. 70–70). Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Doktori Iskola.
- Z. Orosz, G.,** Németh, V., & Korom, E. (2019). A kutatási készségek fejlesztése kémiaórán 10. évfolyamosok körében – Részletek az előmérés eredményeiből. In A. Varga, H. Andl & Zs. Molnár-Kovács (Eds.), *Neveléstudomány – Horizontok és dialógusok. Absztraktkötet : XIX. Országos Neveléstudományi Konferencia* (p. 587.). Pécsi Tudományegyetem.
- Z. Orosz, G.** (2019). Kutatási készségek fejlesztése a kémia tantárgy tananyagába ágyazva a 10. évfolyamon. In T. Keleti & L. Szalay (Eds.), *Az MTA Tantárgy-pedagógiai Kutatási Program Természettudományi-matematikai-informatikai oktatás munkacsoportja 3. beszámolókonferenciája: program, előadás-összefoglalók* (pp. 42–42). ELTE Természettudományi Kar.
- Purevjav, D., **Z. Orosz G.,** & Kiss-Kovács, R. (2018). Hungarian teachers' perceptions: Professional development needs. In A. Fehérvári, K. Széll & H. Misley (Eds.), *Kutatási sokszínűség, oktatási gyakorlat és együttműködések: XVIII. Országos Neveléstudományi Konferencia: Absztrakt Kötet* (pp. 426–426). ELTE Pedagógiai és Pszichológiai Kar.
- Z. Orosz, G.,** Korom, E., & B. Németh, M. (2018). A kutatási készségek vizsgálata középiskolások és egyetemisták körében. In A. Fehérvári, K. Széll & H. Misley (Eds.), *Kutatási sokszínűség, oktatási gyakorlat és együttműködések: XVIII. Országos Neveléstudományi Konferencia: Absztrakt Kötet* (pp. 462–462). ELTE Pedagógiai és Pszichológiai Kar.
- Z. Orosz, G.,** Németh, V., & Korom, E. (2017). Supporting the development of inquiry skills: An analysis of Hungarian chemistry textbooks. In *JURE 2017: Education in the light of multiple perspectives: towards intertwining personalised and collaborative learning* (pp. 19–19).
- Korom, E., **Z. Orosz, G.,** & Nagy, A. (2017). A természettudományi tudás megalapozása gyermekkorban. In J. Kerülő, T., Jenei & I. Gyarmati (Eds.), *XVII. Országos Neveléstudományi Konferencia: Program és absztrakt kötet* (pp. 155–155). Nyíregyházi Egyetem.
- Z. Orosz, G.,** & Radnóti, K. (2017). Kutatásalapú foglalkozástervek kipróbálása kémia- és fizikaórán. In E. Korom & A. Patkós (Eds.), *A tanulóközpontú természettudományi-matematikai-informatikai oktatás a szakiskolától a kiemelkedő tehetségek gondozásáig: beszámoló konferencia: program, előadás-összefoglalók* (pp. 32–32). MTA Tantárgy-pedagógiai Kutatási Program.
- Z. Orosz G.,** Somogyi, Z., Kovács, L., & Németh, V. (2017). Egy kutatásalapú kémia-foglalkozásterv kipróbálásának tapasztalatai. In J. Kerülő, T., Jenei & I. Gyarmati (Eds.), *XVII. Országos Neveléstudományi Konferencia* (pp. 158–158). Nyíregyházi Egyetem.
- Z. Orosz G.,** B., Németh M., Kambeyo, L., & Korom, E. (2017). Kutatási készségeket mérő teszt viselkedése magyarországi és namíbiai mintán. In J. Kerülő, T., Jenei & I. Gyarmati (Eds.), *XVII. Országos Neveléstudományi Konferencia: Program és absztrakt kötet* (pp. 532–532). Nyíregyházi Egyetem.
- Z. Orosz G.,** & Korom, E. (2017). Mérési koncepciók és mérőeszközök a természettudományos gondolkodás értékelésében. In É. D. Molnár & T. Vigh (Eds.), *PÉK 2017 [CEA 2017] XV. Pedagógiai Értékelési Konferencia [15th Conference on Educational Assessment]: Program és absztraktkötet* (pp. 15–15). Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Doktori Iskola.
- Korom, E., Radnóti, K., Nagy, L., **Orosz, G.,** & Molnár, G. (2016). Felsőoktatási tanulmányi alkalmasság mérése: a természettudományi teszt eredményei. In Gy. Molnár & E. Bús (Eds.), *PÉK 2016. XIV. Pedagógiai Értékelési Konferencia : Előadás-összefoglalók = CEA 2016 14.*

A TÉZISFÜZETBEN FELHASZNÁLT IRODALOM

- B. Németh, M., Tóth, E., Csíkos, C., & Korom, E. (2022). A természettudomány tanulásának motivációi a 6. és a 8. évfolyamon [Science Learning Motivation in Grades 6 and 8]. *Magyar Tudomány*, 183(11), 1407–1419.
- Bächtold, M. (2013). What do students “construct” according to constructivism in science education? *Research in Science Education*, 43, 2477–2496.
- Barthlow, M. J., & Watson, S. B. (2014). The effectiveness of process-oriented guided inquiry learning to reduce alternative conceptions in secondary chemistry. *School Science and Mathematics*, 114(5), 246–255.
- Bell, T., Urhahne, D., Schanze, S., & Ploetzner, R. (2010). Collaborative inquiry learning: Models, tools, and challenges. *International Journal of Science Education*, 32(3), 349–377.
- Bónus, L., & Nagy, L. (2020). Kutatási készségek fejlesztése digitálisjáték-alapú tanulással tantárgyi tartalom. *Iskolakultúra*, 30(8), 82–96.
- Buck, L. T., Bretz, S. L., & Towns, M. H. (2008). Characterizing the Level of Inquiry in the Undergraduate Laboratory. *The Journal of College Science Teaching*, 38(1), 52–58. <https://eric.ed.gov/?id=EJ809323>
- Capps, D. K., & Crawford, B. A. (2013). Inquiry-based instruction and teaching about nature of science: Are they happening? *Journal of Science Teacher Education*, 24(3), 497–526.
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child Development*, 70(5), 1098–1120.
- Cheung, D. (2007). Facilitating Chemistry Teachers to Implement Inquiry-based Laboratory Work. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(1), 107–130. <https://doi.org/10.1007/s10763-007-9102-y>
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education*, 13(1), 105–122. <https://doi.org/10.1080/03057268608559933>
- Engeln, K., Euler, M., & Maass, K. (2013). Inquiry-based learning in mathematics and science: a comparative baseline study of teachers’ beliefs and practices across 12 European countries. *Zdm – Mathematics Education*, 45(6), 823–836. <https://doi.org/10.1007/s11858-013-0507-5>
- Glynn, S. M., Brickman, P., Armstrong, N., & Taasoobshirazi, G. (2011). Science motivation questionnaire II: Validation with science majors and nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(10), 1159–1176.
- Halonen, J. S., Bosack, T., Clay, S., McCarthy, M., Dunn, D. S., Hill IV, G. W., ... & Whitlock, K. (2003). A rubric for learning, teaching, and assessing scientific inquiry in psychology. *Teaching of psychology*, 30(3), 196–208.
- Hamilton, L., & Corbett-Whittier, C. (2012). *Using case study in education research*. Sage.
- Harsányi, S. G., Koltói, L., Pulai-Kottlár, G., Kovács, D., Kövesdi, A., Nagybányai-Nagy, O., ... & Takács, S. (2019). Az iskolai teljesítménykülönbség és a szocioökonómiai státusz összefüggései-az országos kompetenciamérés eredményeinek vizsgálata a szülők munkájának rendszeressége, az észlelet társadalmi helyzet és a lakókörnyezet voonatkozásában. *Psychologia Hungarica Caroliensis*, 7(4), 148–221.
- Hegarty, E. H. (1978). Levels of scientific enquiry in university science laboratory classes: Implications for curriculum deliberations. *Research in Science Education*, 8(1), 45–57.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Hofer, E., Abels, S., & Lembens, A. (2018). Inquiry-based learning and secondary chemistry education—a contradiction? *Research in Subject-matter Teaching and Learning (RISTAL)*, 1(1), 51–65.

- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence: An essay on the construction of formal operational structures* (Vol. 22). Psychology Press.
- Kadioğlu-Akbulut, C., & Uzuntiryaki-Kondakci, E. (2021). Implementation of self-regulatory instruction to promote students' achievement and learning strategies in the high school chemistry classroom. *Chemistry Education. Research and Practice*, 22(1), 12–29. <https://doi.org/10.1039/c9rp00297a>
- Kahn, P., & O'Rourke, K. (2005). Understanding enquiry-based learning. *Handbook of enquiry & problem-based learning*, 2, –12.
- Kárász, J., Nagybányai Nagy, O., Széll, K., & Takács, S. (2022). Cronbach-alfa: vele vagy nélküle? *Magyar Pszichológiai Szemle*, 77(1), 81–98.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15(10), 66–667.
- Kojanitz, L. (2014). A kísérleti tankönyvek fejlesztésének koncepcionális háttere. *Új Pedagógiai Szemle*, 64(5–6), 45–67.
- Korom, E., Pásztor, A., Gyenes, T., & Németh, M. B. (2016). Kutatási készségek online mérése a 8–11. évfolyamon. *Iskolakultúra*, 26(3), 11–130.
- Koslowski, B. (1996). *Theory and evidence: The development of scientific reasoning*. Mit Press.
- Kuhn, D. (2007). Reasoning about multiple variables: Control of variables is not the only challenge. *Science Education*, 91(5), 710–726.
- Kuhn, D. (2008). *Education for thinking*. Harvard University Press.
- Kuhn, D. (2009). Adolescent thinking. In R. M. Lerner & L. Steinberg (Eds.), *Handbook of adolescent psychology: Individual bases of adolescent development* (pp. 152–186). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9780470479193.adlpsy001007>
- Kuhn, D., & Pearsall, S. (2000). Developmental origins of scientific thinking. *Journal of Cognition and Development*, 1(1), 113–129.
- Kuhn, D., Black, J., Keselman, A., & Kaplan, D. (2000). The development of cognitive skills to support inquiry learning. *Cognition and Instruction*, 18(4), 495–523.
- Lawson A. E., (2000), *Classroom test of scientific reasoning. Multiple choice version*, Arizona State University, <https://www.public.asu.edu/~anton1/AssessArticles/Assessments/Mathematics%20Assessments/Scientific%20Reasoning%20Test.pdf> (utolsó megtekintés 2023.05.06)
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Li, H., Gobert, J., Graesser, A., & Dickler, R. (2018). Advanced educational technology for science inquiry assessment. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 5(2), 171–178.
- Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American Psychologist*, 59(1), 14.
- Millar, R., Lubben, F., Got, R., & Duggan, S. (1994). Investigating in the school science laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. *Research Papers in Education*, 9(2), 207–248.
- Nagy, L., & Kissné Gera, Á. (2017). Gondolkodásfejlesztő feladatok a környezetismeret-, természetismeret-tankönyvek biológia részeiben és a biológia-tankönyvekben. In D., Molnár, É. & Vigh, T. (Eds.), *PÉK 2017 [CEA 2017] XV. Pedagógiai Értékelési Konferencia [15th Conference on Educational Assessment]: program és absztraktkötet [program book and abstracts]*. Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Doktori Iskola, 16.
- NAT (2012). 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet A Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról. *Magyar Közlöny*, 10635–10847. https://ofi.oh.gov.hu/sites/default/files/attachments/mk_nat_20121.pdf
Letöltés dátuma: 2022. 02. 03.
- Nolen, S. B. (2003). Learning environment, motivation, and achievement in high school science. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 40(4), 347–368.

- OECD (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. PISA, OECD Publishing, Paris. doi: 10.1787/b25efab8-en.
- Osterhaus, C., Koerber, S., & Sodian, B. (2017). Scientific thinking in elementary school: children's social cognition and their epistemological understanding promote experimentation skills. *Developmental Psychology*, 53(3), 450.
- Pajares, F. (1996). Self-efficacy beliefs in academic settings. *Review of Educational Research*, 66(4), 543–578.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., ... & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61.
- Pintrich, P. R., & De Groot, E. V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 33.
- Radnóti, K. (2016). A tanulók gondolkodásának fejlesztési lehetőségei a fizika tantárgy keretei között. In A., Zsolnai & L., Kasik (Eds.), *A tanulás és nevelés interdiszciplináris megközelítése: XVI. Országos Neveléstudományi Konferencia: program és absztraktkötet*. MTA Pedagógiai Tudományos Bizottság, SZTE BTK Neveléstudományi Intézet, 288.
- Reid, N., & Ali, A. (2020). Making Sense of Learning. In *Springer texts in education*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-53677-0>
- Ross, J. A. (1988). Controlling variables: A meta-analysis of training studies. *Review of Educational Research*, 58(4), 405–437.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American psychologist*, 55(1), 68.
- Saifi, S., & Mehmood, T. (2011). Effects of socioeconomic status on students' achievement. *International Journal of Social Sciences and Education*, 1(2), 119–128.
- Salta, K., & Koulougliotis, D. (2015). Assessing motivation to learn chemistry: adaptation and validation of Science Motivation Questionnaire II with Greek secondary school students. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 237–250.
- Schalk, L., Edelsbrunner, P. A., Deiglmayr, A., Schumacher, R., & Stern, E. (2019). Improved application of the control-of-variables strategy as a collateral benefit of inquiry-based physics education in elementary school. *Learning and Instruction*, 59, 34–45.
- Schumm, M. F., & Bogner, F. X. (2016). Measuring adolescent science motivation. *International Journal of Science Education*, 38(3), 434–449.
- Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T., & Härtig, H. (2016). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review*, 39, 37–63.
- Spronken-Smith, R., & Walker, R. (2010). Can inquiry-based learning strengthen the links between teaching and disciplinary research? *Studies in Higher Education*, 35(6), 723–740.
- Strand-Cary, M., & Klahr, D. (2008). Developing elementary science skills: Instructional effectiveness and path independence. *Cognitive Development*, 23(4), 488–511.
- Szalay, L., Tóth, Z., & Borbás, R. (2021). Teaching of experimental design skills: results from a longitudinal study. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(4), 1054–1073.
- Tafoya, E., Sunal, D. W., & Knecht, P. S. (1980). Assessing Inquiry Potential: A Tool for Curriculum Decision Makers. *School Science and Mathematics*, 80(1), 43–48. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1980.tb09559.x>
- Tashakkori, A., & Teddlie, C. (2003). Issues and dilemmas in teaching research methods courses in social and behavioural sciences: US perspective. *International journal of social research methodology*, 6(1), 61–77.
- Tornee, N., Bunterm, T., Lee, K. L., & Muchimapura, S. (2019). Examining the effectiveness of guided inquiry with problem-solving process and cognitive function training in a high school chemistry course. *Pedagogies: An International Journal*, 14(2), 126–149. <https://doi.org/10.1080/1554480x.2019.1597722>
- Tschirgi, J. E. (1980). Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses. *Child development*, 1–10.
- Veres, G. (2017). Gondolkodási készségek azonosítása és fejlesztése a biológia tantárgyban – tankönyvelemzés. In A., Zsolnai & L., Kasik (Eds.), *Új kutatások a neveléstudományokban 2016: A tanulás és nevelés interdiszciplináris megközelítése*. MTA Pedagógiai Tudományos Bizottság, Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet, 224–240.

- Wallace, C. S., & Kang, N. H. (2004). An investigation of experienced secondary science teachers' beliefs about inquiry: An examination of competing belief sets. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(9), 936–960.
- Wenning, C. J. (2007). Assessing inquiry skills as a component of scientific literacy. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 4(2), 21–24.
- Willingham, D. T. (2008). Critical thinking: Why is it so hard to teach? *Arts Education Policy Review*, 109(4), 21–32.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods*. Sage Books.
- Zhang, J., & Zhou, Q. (2023). Chinese chemistry motivation questionnaire II: adaptation and validation of the science motivation questionnaire II in high school students. *Chemistry Education Research and Practice*, 24(1), 369–383.
- Zhou, S., Han, J., Koenig, K., Raplinger, A., Pi, Y., Li, D., Xiao, H., Fu, Z., & Bao, L. (2016). Assessment of scientific reasoning: The effects of task context, data, and design on student reasoning in control of variables. *Thinking Skills and Creativity*, 19, 175–187. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2015.11.004>
- Zion, M., & Mendelovici, R. (2012). Moving from structured to open inquiry: challenges and limits. *Science Education International*, 23(4), 383–399.
- Zohar, A., & David, A. B. (2008). Explicit teaching of meta-strategic knowledge in authentic classroom situations. *Metacognition and Learning*, 3, 59–82.
- Zohar, A., & Peled, B. (2008). The effects of explicit teaching of metastrategic knowledge on low-and high-achieving students. *Learning and Instruction*, 18(4), 337–353.