

Bónus Lilla¹ – Nagy Lászlóné²¹ SZTE Neveléstudományi Doktori Iskola

MTA-SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport

² SZTE TTIK Biológiai Szakmódszertani Csoport

MTA-SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport

Kutatási készségek fejlesztése digitálisjáték-alapú tanulással tantárgyi tartalmon

Az oktatásban alkalmazott játékok iránti megnövekedett érdeklődés nyomán számos kutató bizonyította, hogy egy helyesen megválasztott és kivitelezett játék képes a tanulók tartalmi tudásának növelésére, kedvezően hat az attitűdre és motivációra, valamint képességfejlesztésre is alkalmazható. Az áttekintés első részében ismertetjük a kutatási készségeket, a kutatási készségek mérésének hazai igényét, valamint a kutatási készségek fejlesztésének néhány lehetőségét. A második részben kitérünk a digitálisjáték-alapú tanulás értelmezésére, a digitális játékok tervezésének elméletére. A harmadik részben a digitálisjáték-alapú tanulás és a kutatási készségek kapcsolatát mutatjuk be.

Bevezetés

A természettudományos tantárgyak, köztük a biológia tanításának célkitűzései közé tartozik a természettudományos kutatás során létrehozott tudás elsajátítása és azoknak a folyamatoknak a megismertetése a tanulókkal, amelyekkel ezt a tudást létrehozták. Ezért a természettudományos tantárgyi tartalom, a kutatási készségek és a természettudományos gondolkodás fejlesztése egyaránt fontos feladata a közoktatásnak (Nagy L.-né, 2010; Nagy L.-né és Nagy, 2016).

A 21. században a korábban alkalmazott tanulási formák és módszerek már nem képesek fenntartani a tanulók érdeklődését, motivációját. Egyre több nemzetközi tanulmány és vizsgálat (pl. Rocard és mtsai, 2010) hangsúlyozza a változtatás szükségességét. A kutatási készségek fejlesztésére ajánlott kutatásalapú tanulás (*Inquiry-Based Learning, IBL*) sikeres megvalósításához több nehézséggel is szembe kell néznünk. Ez a tény nem számít újdonságnak, hiszen Edelson és munkatársai már 1999-ben felhívták rá a figyelmet, ahogy arra is, hogy a technológia fejlődése ezekre a kihívásokra képes megoldást találni. A digitálisjáték-alapú tanulás (*Digital Game-Based Learning, DGBL*) és a kutatásalapú tanulás metszeteként megjelent a játékos kutatásalapú tanulás (*game-transformed inquiry-based learning*), amely a két tanulási megközelítés előnyeit ötvözi egy koncepcióban (Srisawasdi és Panjaburee, 2018). A virtuális tanulási környezet és a játék többletmotivációt biztosít a tanulóknak, valamint lehetőséget teremt a gyakorlásra és a biztonságos kísérletezésre is (Prensky, 2001).

A szakirodalmi tanulmány áttekintést nyújt a kutatási készségekről (*inquiry skills*), a kutatási készségek mérésének és fejlesztésének helyzetéről, a digitálisjáték-alapú tanulás elméletéről, a digitális oktatójátékok tervezésének és oktatásba való integrációjának elméleti háttéréről, valamint a játékos kutatásalapú tanulás eddigi sikereiről.

Kutatási készségek (*inquiry skills*)

A kutatási készségek értelmezése

A tudomány magában foglalja a létrehozott tudományos tudást (tények, törvények, hipotézisek, elméletek) és az új tudás létrehozásának és elsajátításának folyamatát (Özlegen, 2012). A tudományos tudás elsajátításának affektív és kognitív dimenziója van. Kognitív aspektusból a tudás létrehozásához kapcsolódnak a tudományosfolyamat-készségek (*Science Process Skills, SPS*): olyan gondolkodási képességek, amelyeket a tudósok használnak a tudás megalkotásához, hogy kérdéseikre választ kapjanak, problémákat oldjanak meg (Bybee és De Boer, 1993). A SPS alap (*Basic Science Process Skills, BSPS*) és integrált tudományosfolyamat-készségekre (*Integrated Science Process Skills, ISPS*) bontható, melyek egy kétszintű hierarchikus rendszert alkotnak (Germann és Aram, 1996). A kutatók között egyetértés mutatkozik abban, hogy az integrált tudományosfolyamat-készségek az alap tudományosfolyamat-készségek kombinációinak tekinthetők, és a folyamat-készségek két csoportja kiegészíti egymást (Padilla, 1990). A kognitív dimenzióhoz tartozik továbbá a természettudományos gondolkodás (*scientific thinking*), a kritikai gondolkodás (*critical thinking*) és a tudományos módszerek (*scientific methods*). Egyes kutatók a teljes kognitív dimenziót a tudományos kutatással (*scientific inquiry*) azonosítják. Ezt az elképzelést egészíti ki, hogy a kutatás pedagógiai szempontból három módon értelmezhető: készségek készleteként, kognitív kimenetként és kutatás-orientált tanítási megközelítésként (Özlegen, 2012).

A kutatás (*inquiry*) szűken értelmezve természettudományos területekre vonatkozik, viszont tág értelmezéséhez hozzátartozik bármely területen végzett vizsgálódás, kutatás. Ebből következik, hogy problémát jelenthet, ha a tanulónak azt közvetítik, hogy a kutatásnak egyetlen szigorú, előírt menete van, amely alapján mindenféle kutatás megvalósul. A különböző diszciplínák különböző megismerési utakat, kutatási folyamatokat képviselhetnek, valamint a kutatók is nagyban különbözhetnek egymástól tehetségük, intuíciójuk és bátorságuk tekintetében (Bybee, 2006).

A National Science Education Standard (NRC, 1996) alapján a természettudományos kutatás (scientific inquiry, SI) egyrészt utal a tudósok kutatómunkájára, ahogy tanulmányozzák a természetet, és annak megismerésére bizonyítékokon alapuló magyarázatokat javasolnak. Másrészt utal a diákok kutatótevékenységeire is, amelyekben a tudományos ismereteiket, a tudományos tartalmak megértését fejlesztik. Ezért olyan hiteles tanulási környezetet kell biztosítani, amely lehetővé teszi a természettudományos gondolkodást és a természettudományos kutatás különböző aspektusainak megértését (Lederman és mtsai, 2014). A természettudományos kutatás megköveteli a sokrétű gondolkodást, amely a kutatási folyamat lépései mögött húzódik.

A National Science Education Standard (NRC, 1996) alapján a természettudományos kutatás (*scientific inquiry, SI*) egyrészt utal a tudósok kutatómunkájára, ahogy tanulmányozzák a természetet, és annak megismerésére bizonyítékokon alapuló magyarázatokat javasolnak. Másrészt utal a diákok kutatótevékenységeire is, amelyekben a tudományos ismereteiket, a tudományos tartalmak megértését fejlesztik. Ezért olyan hiteles tanulási környezetet kell biztosítani, amely lehetővé teszi a természettudományos gondolkodást és a természettudományos kutatás különböző aspektusainak megértését (Lederman és mtsai, 2014). A természettudományos kutatás megköveteli a sokrétű gondolkodást, amely a kutatási folyamat lépései mögött húzódik. A természettudományos gondolkodás a következő folyamatokkal írható le: a jelenségek, problémák elemzése, kérdések, hipotézisek megfogalmazása, megfigyelés, vizsgálat, kísérlet megtervezése és kivitelezése, változók azonosítása és kontrollja, módszerek kiválasztása, adatgyűjtés, adatok megjelenítése és elemzése, az eredmények értékelése, értelmezése, következtetések megfogalmazása, valamint az eredmények kommunikálása és prezentálása (Adey és Csapó, 2012; Mayer, 2007, idézi Hilfert-Rueppell és mtsai, 2013; Nagy L.-né és mtsai, 2015).

A természettudományos kutatás készségei a természettudományos gondolkodás specifikus elemeinek tekinthetők (Korom és mtsai, 2016). A tanulmányban a kutatást természettudományos tartalmakra és a tanulói tevékenységekre értjük és alkalmazzuk.

A kutatási készségek csoportosítására többféle kategóriarendszer is ismert. Fradd, Lee, Sutman és Saxton (2001) munkája alapján a kutatási készségek sokoldalú tevékenységet jelölnek, melyek hat kategóriába sorolhatók: (1) kérdésfelvetés, hipotézisalkotás, (2) kutatás tervezése, (3) kutatás kivitelezése, (4) következtetés, (5) eredmények bemutatása, (6) alkalmazás. A Wenning (2007) által azonosított kutatási készségeket és azok bővebb leírását az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat. Kutatási készségek és leírásuk (Wenning, 2007; Elmas és mtsai, 2018 alapján)

Kutatási készségek	Bővebb leírás
A vizsgálendő probléma azonosítása	
Hipotézis megalkotása	Előrejelzések és általánosítások megfogalmazása egy eseményről vagy helyzetről a tapasztalatok alapján, figyelembe véve, hogy mi miért történik. Egy ideiglenes állítás arra vonatkozóan, hogy mi okozza az eredményeket.
Kísérlet tervezése a hipotézis ellenőrzésére	Megfigyelések, észrevételek felhasználása egy hipotézis tesztelésére. Része a változók azonosítása és kontrollja.
Tudományos kísérlet végzése	A kísérlet kivitelezése.
Adatgyűjtés, adatok rendszerezése és precíz elemzése	Adatok rögzítése, összerendezése és értelmezése a kísérletek során.
Következtetés és érvelés	Számolás és statisztikai módszerek alkalmazása, hogy következtetésre jussunk, és azt alátámasszuk. Az eredmények alapján következtetések és magyarázatok javaslata.

A természettudományos kutatás és a tudomány természetének kapcsolata

A természettudományos kutatással szorosan összefügg „a tudomány természete” (*nature of science, NOS*) kifejezés. A tudomány természete kifejezés a tudomány episztemológiájára, a tudományra mint a megismerés egyik módjára, vagy a tudományos ismeretekhez és a tudományos ismeretek fejlődéséhez kapcsolódó értékekre és hiedelmekre utal (Abd-El-Khalick és Lederman, 2000). Lederman (2019) szerint a SI és a NOS kritikusan

átfednek, és ennek oka részben, hogy a tudomány természete egy rövidített kifejezés, ezért a „nature of scientific knowledge” (NOSK) kifejezés alkalmazását javasolja a NOS helyett. A NOS és a NOSK szinonimáknak tekinthetők. Továbbá Lederman tisztázza, hogy a SI és a NOSK nem függetlenek egymástól, de különbség van közöttük. A NOS a tudományos ismeretek olyan jellemzőire utal, amelyek szükségszerűen abból származnak, hogy a tudást miként hozták létre. Vagyis a SI a tudományos ismeretek megalkotásának folyamatát jelenti, és a folyamat eredményeként létrejött tudásnak szükségszerűen vannak bizonyos jellemzői, és ez a NOSK.

A Next Generation Science Standards (NGSS, 2013) a természettudományok oktatásához három dimenzió integrálását javasolja: (1) gyakorlatok (*practices*), (2) a több területet érintő fogalmak (*crosscutting concepts*), (3) a tudományterület alapvető elképzelései (*core ideas*). A NGSS alapján a tudósok és a mérnökök nyolc kulcsfontosságú gyakorlatra támaszkodnak: (1) kérdések feltevése és problémák meghatározása, (2) modellek alkotása és használata, (3) kutatások megtervezése és kivitelezése, (4) adatok elemzése és értelmezése, (5) matematikai gondolkodás, (6) magyarázatok megalkotása és megoldások megtervezése, (7) következtetések levonása a bizonyítékokból, (8) megfigyelés, értékelés és az információ kommunikálása. Ezeket gyakorlatoknak nevezik, nem készségeknek, mert a „mikor” és „miért” egy gyakorlathoz ugyanúgy szükséges, mint a „hogyan”, és nem különítik el a tudományterület alapelveitől, mivel ezek eszközök, amelyekkel a tudósok kutatnak, modelleket és elméleteket alkotnak (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2017). A kutatási készségek a gyakorlatokban, a NOSK a gyakorlatok és a több területet érintő fogalmak dimenzióban kaptak helyet. Tehát az NGSS alapján a kutatási készségek a gyakorlatoknak felelnek meg, míg a NOSK beleolvad a gyakorlatokba és a több területet érintő fogalmak dimenziójába (Lederman, 2019).

A kutatási készségek mérésének igénye Magyarországon

Hazánkban nincs nagy hagyománya a kutatási készségek mérésének (Korom és mtsai, 2016). A nemzetközi mérésekben azonban hangsúlyos a kutatási készségek vizsgálata. A PISA vizsgálatokban a tudományos jelenségek magyarázatát igénylő feladatok megoldásához többre van szükség a szaktudományi ismereteknél, hiszen az információk, tények felidézése és felhasználása önmagában nem elegendő. A tanulóknak tisztában kell lenniük a tudományos kutatásban használt eljárásokkal (procedurális tudás), valamint a tudomány működésének és a tudásalkotás folyamatának megértése (episztemikus tudás) is kulcsfontosságú (OECD, 2019).

Korom és munkatársainak (2016) mérései a vizsgálatok tervezésére, az adatok értelmezésére és a következtetésre vonatkoztak. A vizsgált korosztályokban (8., 9., 10. és 11. évfolyam) a tanulók a legjobban az adatok értelmezése alteszten teljesítettek, míg a legkevesebb százalékpontot a vizsgálatok tervezése alteszten érték el. Z. Orosz, B. Németh és Korom (2018) középiskolás diákok (10. és 12. évfolyam) és tanár szakos egyetemi hallgatók kutatási készségeit mérték. A tesztet alkotó altesztet a következő kutatási készségekre vonatkoztak: adatértelmezés, változók azonosítása, kutatási kérdés vizsgálata, hipotézisvizsgálat, kísérlet tervezése és a változók kontrollja, következtetések levonása. Mindhárom korcsoport a legjobb teljesítményt az adatok értelmezésében, a leggyengébbet pedig a kísérlet tervezése és a változók kontrollja alteszten érte el. Ezek a hazai eredmények felhívják a figyelmet arra, hogy további mérésekre és azok eredményeire alapozott fejlesztésre van szükség. A hazai eredmények alapján a fejlesztést leginkább a kutatási kérdés azonosítása, a kísérlet tervezése és a változók kontrollja igényli (Korom és mtsai, 2016; Z. Orosz és mtsai, 2018).

Jóllehet nem minden tanuló választja a természettudományos pályát, mégis fontos megjegyezni, hogy azok a gondolkodási képességek, amelyeket a természettudományos

kutatás közben használunk, kapcsolódhatnak más formális és informális gondolkodási folyamatokhoz is (Zimmerman, 2007). Mivel a tudomány továbbra is alapvető fontosságú a modern társadalmak számára, egyre nagyobb szükség van a tudományos kutatás folyamatával kapcsolatos ismeretek és a tudományos tartalmak oktatására.

A kutatási készségek fejlesztése

A kutatási készségek fejlesztésére kidolgozott koncepció a kutatásalapú tanulás, amely kérdésekkel vagy problémákkal vezetett, tanuló- és kutatásközpontú, aktív tanulás (Khan és O'Rourke, 2005). A hangsúly a kutatás folyamatán, a tudás keresésén és megértésén van, miközben a pedagógus facilitátor szerepben segíti a tanulók munkáját (Nagy L.-né, 2010; Nagy L.-né és Nagy, 2016).

Attól függően, hogy a pedagógus milyen mértékben segíti és irányítja a kutatás folyamatát, megkülönböztetjük (1) az igazoló kutatást (*limited/confirmation inquiry*), (2) a strukturált kutatást (*structured inquiry*), (3) az irányított kutatást (*guided inquiry*) és (4) a nyitott kutatást (*open inquiry*) (NRC, 2000). Az igazoló kutatás során a pedagógus fogalmazza meg a kutatás középpontjába állított problémát, az eljárást és az eredményeket. A kutatás célja ebben az esetben egy korábban bevezetett elv megerősítése, igazolása, miközben a tanulók a kutatási készségeiket alkalmazzák. A strukturált kutatásban csökken a tanári dominancia, hiszen a tanulóknak az eredményeket már önállóan kell megfogalmazniuk, míg a kutatási probléma és eljárás továbbra is adott. Az eredménynek minden esetben bizonyítékokon alapuló magyarázatnak kell lennie (Banchi és Bell, 2008). Az irányított kutatásban a diákok megvizsgálják a tanár által bemutatott kérdéseket és eljárásokat, de egymással együttműködve döntenek el, hogy mely eljárással ériék el a kívánt megoldást. A tanárok szerepe itt is fontos, hiszen útmutatást kell adniuk a tanulóknak, hogy megfelelő eredményhez vezető kutatást végezzenek (Zion és Mendelovici, 2012). Az IBL legbonyolultabb szintjén, a nyitott kutatásban, a tanárok csak a kutatás kereteit határozzák meg a diákok számára, így a tanulók feladata, hogy kiválasszák a vizsgált problémát, ahhoz eljárásokat tervezzenek, majd az eredményeket értelmezzék és összevegyik a kiindulási problémával. A nyitott kutatás folyamatában a tanulóknak folyamatosan döntéseket kell hozniuk és felül kell vizsgálniuk a kapott eredményeket, így ez a szint tükrözi leginkább a valódi kutatók munkáját (Reid és Yang, 2002).

Az igazoló kutatás során a pedagógus fogalmazza meg a kutatás középpontjába állított problémát, az eljárást és az eredményeket. A kutatás célja ebben az esetben egy korábban bevezetett elv megerősítése, igazolása, miközben a tanulók a kutatási készségeiket alkalmazzák. A strukturált kutatásban csökken a tanári dominancia, hiszen a tanulóknak az eredményeket már önállóan kell megfogalmazniuk, míg a kutatási probléma és eljárás továbbra is adott. Az eredménynek minden esetben bizonyítékokon alapuló magyarázatnak kell lennie (Banchi és Bell, 2008). Az irányított kutatásban a diákok megvizsgálják a tanár által bemutatott kérdéseket és eljárásokat, de egymással együttműködve döntenek el, hogy mely eljárással ériék el a kívánt megoldást. A tanárok szerepe itt is fontos, hiszen útmutatást kell adniuk a tanulóknak, hogy megfelelő eredményhez vezető kutatást végezzenek (Zion és Mendelovici, 2012).

Természetesen a különböző szintek alkalmazásának egyaránt vannak előnyei és hátrányai, illetve mindig figyelembe kell venni a tanulók életkorát, kognitív jellemzőit. Az első két szint sokkal egyszerűbb készségeket igényel a tanulóktól, így ezeket kisebb gyerekeknél érdemes alkalmazni. Az igazoló és strukturált kutatás segíti a tanulókat a tudományos ismeretek megismerésében és megértésében. Ezek a módszerek arra is alkalmasak, hogy növeljék a tanulók önbizalmát, hiszen biztos vezérfonalak vezetnek a kutatást (Zion és Mendelovici, 2012). Az irányított kutatás már sokkal alkalmasabb arra, hogy a tanulók természettudományos gondolkodását, kutatási készségeit fejlesszük. A szakirodalom alapján a legeredményesebb a nyitott kutatás, hiszen a kognitív folyamatokra, a kutatási készségekre és az attitűdváltozásra is ez hat legkedvezőbben (Sen és Oskay, 2016). A kutatás négy szintjének jellemzőit foglalja össze a 2. táblázat.

2. táblázat. A kutatás szintjei a tanár által nyújtott információ mennyisége szerint (Banchi és Bell, 2008 alapján)

Kutatás szintje	Tanár által nyújtott információ		
	Kutatási probléma	Eljárás	Eredmény
Igazoló kutatás (<i>confirmation inquiry</i>)	+	+	+
Strukturált kutatás (<i>structured inquiry</i>)	+	+	–
Irányított kutatás (<i>guided inquiry</i>)	+	–	–
Nyitott kutatás (<i>open inquiry</i>)	–	–	–

A kutatásalapú tanuláson túl érdemes megemlíteni néhány irányzatot, amelyek a technológiát integrálják a kutatásalapú tanulási megközelítésbe. A web-alapú természettudományos kutatási környezet (*web-based inquiry science environment*, WISE) olyan sajátosságokkal rendelkezik, amelyek támogatják a tanulást és hangsúlyozzák a tudás integrációjának folyamatát. A tudásintegráció (*knowledge integration*, KI) az ötleteket építőelemekként kezeli, és azokat a folyamatokat mozgósítja, amelyekkel az építőelemek előállíthatók. Célja, hogy az oktatásban elősegítse a kutatás és a tudomány koherens megértését azáltal, hogy hangsúlyozza az ötletek összekapcsolásának, az ötletek közötti különbségtételnek és az irányadó ötleteken alapuló érvek megalkotásának képességét. A WISE képes arra, hogy a tanulók tudásintegrációját növelje (Ulus és Oner, 2020). Úgy vonja be a tanulókat a kutatási tevékenységekbe, hogy a tanulók számára releváns kérdések vizsgálatát célozza meg. Több funkcióval is rendelkezik, mint például az ötletkosár (*Idea Basket*) vagy a magyarázatépítő (*Explanation Builder*), amelyek támogatják a tanulókat abban, hogy különböző ötleteket hozzanak létre, ezeket nyomon kövessék, és az ötletek alapján magyarázatokat javasoljanak (Clark és Linn, 2013).

További lehetőség a szimulációk beemelése a kutatásalapú tanulásba. A nemzetközi szakirodalomban ez a kifejezés *simulation-based inquiry learning* formájában olvasható (Mulder és mtsai, 2015). A számítógépes szimulációk számítógépes programok. A programok alapja egy modell, amely általában egy valós természeti jelenség leegyszerűsítése. A szimulációk alkalmazását az indokolja, hogy előfordulhat, hogy nehéz, vagy lehetetlen teljesen modellezni a valós világot. Olykor a célunk eléréséhez a szimuláció is elég, és arra is gondolni kell, hogy a nagyobb realizmus mindig több költséget jelent (de Jong, 2011). Az ilyen tanulási környezet legfontosabb előnyei, hogy a szimuláció kíváncsiságot kelt a tanulóknál a nyitott kutatás révén, alapvető elméleti háttérrel biztosítva tesztelhető

hipotézisek kialakításához, lehetőséget nyújt arra, hogy a tanuló kísérleti beállításokat hozzon létre és figyelje azokat, valamint segít a tanulóknak abban, hogy bizonyítékon alapuló következtetéseket vonjanak le (Sri-sawadi, 2018).

A kutatásalapú tanulást általában a természettudományos tantárgyak esetében alkalmazzák, ugyanakkor a terület hiányossága, hogy számos esetben az IBL alkalmazásának célja csupán a fogalmi megértés elősegítése. Ez rendkívül hangsúlyos kémiából, de a többi természettudományos tantárgy esetében is jelentős, amit a tantárgyi tartalom elvont jellegével magyaráznak a kutatók (Osborne és Collins, 2001). Emellett gyakran mért és azonosított tapasztalat az IBL alkalmazása során a megváltozott tanulói attitűd és a motiváció. Ezekre nemzetközi példát kémia (Sen és Oskay, 2016) és matematika (Lukáč, 2015) területen találunk. Az IBL valódi előnye – a kutatási készségek fejlesztése – kevésbé jelenik meg a mérésekben. Természetesen ez utóbbira is találunk nemzetközi példát, ahol természettudományos tartalmakon az IBL segítségével fejlesztik az általános iskolás tanulók kutatási készségeit (Koksal és Berberoglu, 2014; Wu és Hsieh, 2006).

A kutatásalapú tanulás kiegészülhet digitális játékkal is, ezért a következő fejezetben a digitálisjáték-alapú tanulást mutatjuk be.

Digitálisjáték-alapú tanulás (Digital Game-Based Learning, DGBL)

A digitálisjáték-alapú tanulás értelmezése

Mark Prensky javasolta először a kifejezést, amely után a DGBL iránti érdeklődés jelentősen megnőtt a kutatók és oktatók körében egyaránt (Byun és Joung, 2018; Plass és Mtsai, 2013; Prensky, 2001). A digitálisjáték-alapú tanulás valamely digitális eszközön (iPad, iPhone, tablet, interaktív tábla, számítógép) megjelenített játékos fejlesztő alkalmazás használata során végbemenő tanulás (Prensky, 2001; Whitton, 2012). Úgy is fogalmazhatunk, hogy a DGBL szabályokon alapuló formális rendszer, amelynek számszerűsíthető eredményei vannak, különböző értékű tanulási kimenetek jellemzik, és a játékosok befolyásolják ezeket a kimeneteket (Juul, 2003). A digitálisjáték-alapú tanulás során megvalósuló tanulási folyamatra jellemző: (1) a hiteles és jelentőségteljes kontextus, (2) a cselekvések és

A kutatásalapú tanulást általában a természettudományos tantárgyak esetében alkalmazzák, ugyanakkor a terület hiányossága, hogy számos esetben az IBL alkalmazásának célja csupán a fogalmi megértés elősegítése. Ez rendkívül hangsúlyos kémiából, de a többi természettudományos tantárgy esetében is jelentős, amit a tantárgyi tartalom elvont jellegével magyaráznak a kutatók (Osborne és Collins, 2001).

Emellett gyakran mért és azonosított tapasztalat az IBL alkalmazása során a megváltozott tanulói attitűd és a motiváció.

Ezekre nemzetközi példát kémia (Sen és Oskay, 2016) és matematika (Lukáč, 2015) területen egyaránt találunk.

Az IBL valódi előnye – a kutatási készségek fejlesztése – kevésbé jelenik meg a mérésekben. Természetesen ez utóbbira is találunk nemzetközi példát, ahol természettudományos tartalmakon az IBL segítségével fejlesztik az általános iskolás tanulók kutatási készségeit (Koksal és Berberoglu, 2014; Wu és Hsieh, 2006).

reflexiók által megvalósuló tapasztalati tanulás, (3) a közös játék, (4) a kreativitás, (5) a személyre szabottság, (6) a biztonság, (7) az elkötelezettség (extrinzik és intrinzik motiváció) (Stewart és mtsai, 2013).

A digitális játékoknak számos előnye van, mint például, hogy egy olyan aktív, vonzó és biztonságos környezetet teremtenek a játékosok számára, amelyben lehetőség van a tanulásra, a problémamegoldásra, a kísérletezésre. Ugyanakkor támogatják a csoportos tevékenységeket is, így elősegítik a játékosok közötti kommunikációt (Whitton, 2012).

A digitális játékok használatának három fő eszköze és ahhoz kapcsolódó módszere van: (1) speciális célú digitális játékok (*special-purpose digital games*), (2) kereskedelmi játékok (*commercial off-the-shelf games, COTS*) és (3) digitális játékfejlesztés (*digital game co-creation*). Az oktatásban a speciális célú digitális játékok alkalmazását részesítik előnyben. Ezeket a játékokat tovább csoportosíthatjuk aszerint, hogy mi a játék tervezett elsődleges célja, tanulási eredménye. A tervezett elsődleges tanulási eredmény alapján háromféle speciális célú digitális játékot különböztetünk meg. Elsődleges cél lehet: (1) tudástranszfer (kognitív tanulási eredmények), (2) készségek szerzése és (3) attitűdváltozás (Stewart és mtsai, 2013). Azonban egy speciális célú digitális játékban nem ritka, hogy több cél is megjelenik. Például a kognitív célokat attitűdváltozás kíséri (Srisawasdi és Panjaburee, 2018).

Nem minden játéktípus egyformán hatékony a tanulás különböző szintjein. Például a kártyajátékok kiválóak a fogalmak összekapcsolására, a számok kezelésének és a minták felismerésének elősegítésére. A szóbeli információk és konkrét fogalmak tanulásának előmozdításában azonban valószínűleg az osztályteremben játszott Jeopardy jellegű, azaz kvízzjátékok a legmegfelelőbbek. A hipotézisek tesztelésére és a problémamegoldás elősegítésére pedig eredményesen alkalmazhatók a kalandjátékok, mivel narratív és nyitott tanulási környezet jellemzi őket (Van Eck, 2006). Ezért fontos, hogy áttekintsük, hogyan kell digitális oktatójátékokat tervezni.

A digitális játékok tervezésének elméleti háttere

Az oktatási célú játékok tervezése interdiszciplináris kihívást jelent, mivel megköveteli a játéktervezés elméletének, a tantárgyi ismereteknek és a megfelelő tanulási elméletek alapjainak mélyreható megértését (Boyle és mtsai, 2011). A digitális játékoknak szilárd pedagógiai alapokon, valamint a tanulási tevékenységeket biztosító forráskönyveken kell alapulniuk (Dorji és mtsai, 2015). A hangsúly a tudományos tartalom játékstratégikává való átalakításán és a játék pedagógiai használatán van, azzal a céllal, hogy javítsuk a diákok tanulási teljesítményét (Srisawasdi és Panjaburee, 2018).

A játékcél modell (*Game Object Model, GOM*) egyesíti az oktatási elméletet és a játéktervezést, valamint konstruktivista alapokon nyugszik (Amory és Seagram, 2003). A modell tartalmazza azokat a pedagógiai elemeket, amelyek olyan tanulási környezetet hozhatnak létre a játékban, amely elősegíti a tanulási folyamatot. Eközben a modell játékelemei szórakozást és élvezetet nyújtanak, amelyek motiválják a tanulókat, és növelik az interaktivitást a tanuló és a játék között. Ennek megfelelően a pedagógiai elemeket absztrakt interfészek képviselik, mint például a móka, dráma, játék, felfedezés, kihívások, elköteleződés, kritikai gondolkodás, felderítés, célképzés, célteljesítés, verseny és gyakorlás. A játékelemeket konkrét interfészek képviselik, mint például a grafika, a hang, a technológia, az interakciók, gesztusok stb. (Amory, 2001).

Tan, Ling és Ting (2007) azt javasolja, hogy a játékterv három részösszetevőt tartalmazzon: a multimodalitást, a feladatot és a visszajelzést. A multimodalitás a multimédiás elemeken, interfészen és narratíván keresztül biztosítja az interakciót a tanuló és a játék között. A feladatokat különböző szinteken kell megtervezni annak érdekében, hogy segítse a tanulókat a játékkörnyezethez való alkalmazkodásban (Prensky, 2001). A játékban a

visszajelzés lehet segítségadás vagy ténylegesen arra vonatkozó információ, hogy elérte-e a tanuló a kitűzött célt. A segítségnyújtás lehetőséget ad a tanulónak arra, hogy a kapott információt helyesen alkalmazza. Elért rész cél, cél esetében a visszajelzést érdemes jutalmazással összekapcsolni, így növelve a tanulók játékba vetett bizalmát (Tan és mtsai, 2007).

A játék sikere szempontjából kiemelt fontosságú a narratíva elkészítése, hiszen a jó narratíva segít a tanulóknak, hogy elmélyedjenek a játékban. A narratíva egy kerettörténet, amelynek elég részletesnek kell lennie ahhoz, hogy motiválja a problémamegoldó feladat elvégzését, de megőrizze a hiteles és következetes történetvilágot. Ugyanakkor elég egyszerűnek kell lennie ahhoz, hogy ne terelje el a diákok figyelmét a tanulási célokról. A narratívaközpontú tanulás (*narrative centered learning*) olyan környezetet teremt, amelyben biztosított a dinamikus kölcsönhatás a játékos és a történet, a megismerő és a tudás, a cselekvés és a megértés között. A narratíva térben és időben új helyre, a játék világába viszi, másrésztől érzelmileg elkötelezi a játékost (Barab és mtsai, 2010). A gazdag, interaktív virtuális környezet bemutatása kerettörténet nélkül csak rövid ideig tartja fent a diákok érdeklődését, míg egy interaktív, rejtélyes forgatókönyv bemutatása a kereskedelmi játékkörnyezet jellemzői nélkül valószínűleg csökkent elkötelezettséget és motivációt eredményez. Ezért az oktatási játékot úgy kell megtervezni, hogy lehetővé tegye a játékmenet és a narratív elemek együttes működését a problémamegoldás és a tanulás ösztönzése érdekében (Rowe és mtsai, 2011).

Fontos szempont a digitális oktató játék megtervezésénél, hogy az intuitív felület két- vagy háromdimenziós legyen. Az oktatási célú digitális játék kialakításánál figyelembe kell venni, hogy melyek azok az elemek, amelyek motiválnak, segítik a megértést és fejlesztést, és melyek azok, amelyek elterelik a tanulók figyelmét. Oktató digitális játékok esetében elégséges a kétdimenziós felület, hiszen így is jól bemutatatható a játék (Hwang, 2015). A háromdimenziós játékfelület több lehetőséget kínál a tanulóknak, hogy úgynevezett feladaton kívüli viselkedést (*off-task behavior*) folytassanak, ami megnehezíti a kitűzött cél elérését (Sabourin, 2014).

A digitális oktatójátékok megtervezésében számos lépés van, amely egyértelműen az oktatásba való integrációt segíti elő, hiszen ezeknek a játékoknak a végső célja a sikeres oktatási célú felhasználás. Ugyanakkor arra vonatkozóan, hogy a digitális játékot hogyan integráljuk a közoktatásba, nincs egységes standard vagy rendelkező dokumentum. Ezt úgy lehet feloldani, hogy a digitális játékokat a legtöbb esetben nem önmagukban, csupán a játék örömeért alkalmazzák és fejlesztik a kutatók. A digitális játékok oktatási céljuk miatt általában kapcsolódnak egy vagy több tanulási megközelítéshez, amelyek közoktatási, tanórai integrációja már ismert. Például a természettudományos kutatás integrációjáról rendelkeznek a hazai és nemzetközi standardok. Így az ehhez kapcsolódó játékos kutatásalapú tanulást az IBL-hez hasonlóan integrálni lehet a közoktatásba. Ezt az integrációt segíti a digitális oktatójáték pontos és precíz megtervezése, a narratíva, a játék- és pedagógiai elemek helyes ötvözése.

A digitálisjáték-alapú tanulás és a kutatási készségek kapcsolata

A kutatási készségek fejlesztésének igénye a nemzetközi és hazai oktatásban egyaránt megjelent (Korom és mtsai, 2016; Rocard és mtsai, 2010). Az elmúlt évtizedekben számos tanulási megközelítést, módszert fejlesztettek ki azzal a céllal, hogy fejlesszék a tanulók kutatási készségeit. Az IBL már nem számít újdonságnak, jól ismerjük alkalmazásának területeit, lehetőségeit és korlátait (Edelson és mtsai, 1999).

A DGBL és az IBL metszeteként megjelent a nemzetközi szakirodalomban a játékos kutatásalapú tanulás. Ennek a koncepciónak a lényege, hogy a természettudományos kutatást játékos keretek közé helyezi azzal a céllal, hogy növelje a diákok

tanulás iránti elkötelezettségét, motivációját és tanulási eredményeit (Srisawasdi és Panjaburee, 2018). Felmerülhet a kérdés, hogy miért van szükség a játékokra, mit tesz hozzá a kutatásalapú tanuláshoz. Annak ellenére, hogy a kutatásalapú tanulás érdekes és hasznos lehetőségeket kínál a tudomány tanuláshoz és a kutatási készségek fejlesztéséhez, sok kihívással kell szembenézni a sikeres megvalósításához. Edelson és munkatársai (1999) öt pontban foglalták össze ezeket: (1) motiváció, (2) kutatási technikákhoz való hozzáférés, (3) háttértudás, (4) összetett tevékenységek kezelése, (5) a tanulási kontextus gyakorlati korlátai. A kutatás kihívásokkal bíró és kiterjedt jellege miatt magasabb szintű motivációt igényel a tanulók részéről, mint a legtöbb hagyományos oktatási tevékenység. A kutatásalapú tanulás feltételezi, hogy a tanuló érdeklődik az eredmények és azok következményei iránt, azonban a természettudományos tantárgyak népszerűsége folyamatosan csökken (Rocard és mtsai, 2010).

A DGBL által felkínált tanulási környezet biztosítani tudja azt a többletmotivációt, amely támogatja a kutatási folyamat sikeres elvégzését (Ketelhut és mtsai, 2010). A digitális környezet megoldja a kutatási technikákhoz való hozzáférést, széleskörű tevékenységek biztonságos kezelését és vezetését. Fontos eleme, hogy lehetőséget biztosít az ismétlésre, gyakorlásra, valamint a tanulási kontextus gyakorlati korlátait is kiküszöbölti (Srisawasdi és Panjaburee, 2018).

A nemzetközi szakirodalomban komoly érdeklődés övezi azokat a digitális oktatási játékokat, amelyek tartalomba ágyazva érnek el sikereket a diákok tanulási kimeneteleit tekintve. A következőkben áttekinthetünk néhányat ezek közül. A Crystal Island egy narratíva- és tanulóközpontú, biológiai tartalmú virtuális kalandjáték, amely egy elképzelt szigetre invitálja a 8. évfolyamos tanulókat. A virtuális környezetben a megfelelő kutatási készségek alkalmazásával kell megoldani a központi rejtélyt, amely ebben az esetben az, hogy vajon mitől betegedtek meg a sziget lakói. A tanulók feladat iránti elkötelezettsége, a témával kapcsolatos tartalmi tudása nőtt, valamint pozitív összefüggést mutattak ki az elkötelezettség, tanulói érzések és azon stratégiák között, amelyek kulcsfontosságúak a problémamegoldásban, kutatásban (Sabourin, 2014). A River city egy középiskolás diákok számára készített, biológia témájú, virtuális tanulási környezet. A diákok kiscsoportokban dolgoznak, adatokat gyűjtenek, hipotéziseket fogalmaznak meg, majd tesztelik azokat. A hipotézis megvizsgálása után grafikusán és táblázatosan elemzik adataikat, majd egy hiteles

A DGBL és az IBL metszeteként megjelent a nemzetközi szakirodalomban a játékos kutatásalapú tanulás. Ennek a koncepciónak a lényege, hogy a természettudományos kutatást játékos keretek közé helyezi azzal a céllal, hogy növelje a diákok tanulási iránti elkötelezettségét, motivációját és tanulási eredményeit (Srisawasdi és Panjaburee, 2018). Felmerülhet a kérdés, hogy miért van szükség a játékokra, mit tesz hozzá a kutatásalapú tanuláshoz.

Annak ellenére, hogy a kutatásalapú tanulás érdekes és hasznos lehetőségeket kínál a tudomány tanuláshoz és a kutatási készségek fejlesztéséhez, sok kihívással kell szembenézni a sikeres megvalósításához. Edelson és munkatársai (1999) öt pontban foglalták össze ezeket: (1) motiváció, (2) kutatási technikákhoz való hozzáférés, (3) háttértudás, (4) összetett tevékenységek kezelése, (5) a tanulási kontextus gyakorlati korlátai.

laboratóriumi jelentést írnak. Végül összehasonlítják a kutatásukat más osztályok munkájával, hogy bemutassák a virtuális környezetbe ágyazott számos lehetséges hipotézist és ok-okozati kapcsolatot. A River city három hetes alkalmazásának hatására a tanulók természettudományos karrier iránti érdeklődése és tartalmi tudása is nőtt (Ketelhut és mtsai, 2010). Kémia tananyagot dolgoz fel a Factory game, amely különböző kémiai fogalmak (tartalmi tudás) megértését segíti elő, ugyanakkor hozzájárul a tanulók motivációjának növeléséhez középiskolás tanulók körében (Srisawasdi és Panjaburee, 2018). Millis és munkatársai (2011) azzal a céllal alakították ki az Operation AIRES! játékot, hogy a tanulók természettudományos kutatását, kritikai gondolkodását segítsék. A kutatók középiskolásoknak vagy idősebbeknek ajánlják ezt a játékot.

A játékos kutatásalapú tanulás nemcsak természettudományos tantárgyak esetében alkalmazható. Hwang Chiu és Chen (2015) társadalomtudományos témájú digitális oktatójátékot dolgoztak ki általános iskolások számára. A kísérleti eredmények azt mutatják, hogy a javasolt megközelítés hatékonyan növelte a tanulók tanulási teljesítményét, motivációját, elégedettségét és a „flow” állapotot. Történelem tematikájú a Death in Rome kalandjáték, amely a GBL, valamint a GBL természettudományos oktatásban való alkalmazása iránti attitűdöt növelte tanár szakos egyetemi hallgatók körében (Kennedy-Clark és mtsai, 2011).

Összefoglalva a bemutatott játékoknak a tanulásait elmondható, hogy természettudományos és humán tantárgyak tartalma egyaránt megjelenik bennük. Valószínűleg a természettudományos kutatás miatt preferált területük a biológia, hiszen a kutatások eredményei támogatják azt az elképzelést, hogy a tanulók számítógépes játék révén jobban megértik a tudományos fogalmakat, különösen akkor, ha integrálják a kutatásalapú tanulási környezetbe. Általában a tartalmi tudás megértése, a motiváció és a tanulás iránti elkötelezettség növelése céljából alkalmazzák ezeket a játékokat. Ugyanakkor meg van bennük a lehetőség a kutatási készségek fejlesztésére is, hiszen ez nem egy teljesen új koncepció, hanem a kutatásalapú tanulás aktualizálása a 21. századi elvárásokra (Tsai és mtsai, 2019).

Összefoglalás

A szakirodalmi áttekintés alátámasztja azt, hogy a kutatási készségek fejlesztése fontos igényként jelentkezik hazai és nemzetközi viszonylatban egyaránt. A hazai eredmények alapján a kutatási készségek közül leginkább a kutatási kérdés azonosítása, a kísérlet tervezése és a változók kontrollja igényli a fejlesztést (Korom és mtsai, 2016).

A játékos kutatásalapú tanulás ígéretes területe lehet a kívánt fejlesztésnek 7–8. évfolyamos tanulók körében, ugyanis a játékos felület kisebb korosztályokban érezhető igazán motiváló hatását, így a játékos fejlesztések igazi terepe az általános iskola. Ezt kiegészítve jegyezzük meg, hogy a PISA mérések eredményei is felhívják a figyelmet a fejlesztés fontosságára ebben a korosztályban (OECD, 2019).

A fejlesztő programhoz önmagában nem elég a digitális játék, hiába élünk a „digitális bennszülöttek” (Prensky, 2001) korában. A sikeres fejlesztéshez a digitális játék pedagógiai és játékelemeinek összehangolására, a tudományos tartalom játékstratégiákká alakítására, a tantárgyi ismeretekre és a kutatási készségek mélyreható ismeretére egyaránt szükség van (Boyle és mtsai, 2011; Dorji és mtsai, 2015).

Az eddigi kutatások (Ketelhut és mtsai, 2010; Sabourin, 2014; Z. Orosz és mtsai, 2018) alapján hiánypótló lenne egy játékos kutatásalapú tanulás keretei között megvalósított, biológia témájú, kutatási készségeket fejlesztő program kidolgozása. A tantervi szabályozást, a tananyagot és a fejlesztés elméleti kereteit is figyelembe véve, a szakirodalom által feltárt keretekben megvalósítandó játékprogramot 8. évfolyamos tanulók számára érdemes kidolgozni.

Köszönetnyilvánítás, támogatás

A tanulmány megírását a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programja támogatta.

Irodalom

- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665–701. DOI: 10.1080/09500690050044044
- Adey, Ph. & Csapó Benő (2012). A természettudományos gondolkodás fejlesztése és értékelése. In Csapó Benő és Szabó Gábor (szerk.), *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez*. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó. 17–58.
- Amory, A. & Seagram, R. (2003). Educational game models: conceptualization and evaluation. *South African Journal of Higher Education*, 17(2), 206–217. DOI: 10.4314/sajhe.v17i2.25314
- Amory, A. (2001). Building an Educational Adventure Game: Theory, Design, and Lessons. *Journal of Interactive Learning Research*, 192(2–3), 249–264.
- Banchi, H. & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26–29.
- Barab, S. A., Gresalfi, M. & Ingram-Goble, A. (2010). Transformational play: using games to position person, content, and context. *Educational Researcher*, 39(7), 525–536. DOI: 10.3102/0013189x10386593
- Boyle, E., Connolly, T. M. & Hainey, T. (2011). The role of psychology in understanding the impact of computer games. *Entertainment Computing*, 2(2), 69–74. DOI: 10.1016/j.entcom.2010.12.002
- Bybee, R. W. & DeBoer, C. E. (1993). Research on goals for the science curriculum. In Gabel, D. (szerk.), *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: National Science Teachers Association. 357–387.
- Bybee, R. W. (2006). Scientific Inquiry and Science Teaching. In Lawrence, F. & Lederman, N. G. (szerk.), *Scientific Inquiry and Nature of Science Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education*. Dordrecht: Springer. 1–15. DOI: 10.1007/978-1-4020-5814-1_1
- Byun, J. & Joung, E. (2018). Digital game-based learning for K-12 mathematics education: A meta-analysis. *School Science and Mathematics*, 118(3–4), 113–126. DOI: 10.1111/ssm.12271
- Clark, D. B. & Linn, M. C. (2013). The knowledge integration perspective: connections across research and education. In Vosniadou, S. (szerk.), *International handbook of research on conceptual change*. New York: Routledge. 520–538. DOI: 10.4324/9780203154472.ch27
- de Jong, T. (2011). Instruction Based on Computer Simulations. In Mayer, R. E. & Alexander, P. A. (szerk.), *Handbook of Research on Learning and Instruction*. London: Routledge. 446–466. DOI: 10.4324/9780203839089.ch22
- Dorji, U., Panjaburee, P. & Srisawasdi, N. (2015). A learning cycle approach to developing educational computer game for improving students' learning and awareness in electric energy consumption and conservation. *Educational Technology & Society*, 18(1), 91–105.
- Edelson, D. C., Gordin, D. N. & Pea, R. D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *Journal of the Learning Sciences*, 8(3–4), 391–450. DOI: 10.1207/s15327809jls0803&4_3
- Elmas, R., Bodner, M. G., Aydogdu, B. & Saban, Y. (2018). The inclusion of science process skills in multiple-choice questions: Are we getting any better? *European Journal of Science and Mathematics Education*, 6(1), 13–23.
- Fradd, S. H., Lee, O., Sutman, F. X. & Saxton, M. K. (2001). Promoting science literacy with English language learners through instructional materials development: A case study. *Bilingual Research Journal*, 25(4), 479–501. DOI: 10.1080/15235882.2001.11074464
- Germann, P. J. & Aram, J. R. (1996). Students' performance on the science process skills of recording data, analysing data, drawing conclusions and providing evidence. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(7), 773–798. DOI: 10.1002/(sici)1098-2736(199609)33:7<773::aid-tea5>3.0.co;2-k
- Hilfert-Rueppel, D., Looß, M., Klingenberg, K., Eghtessad, A., Höner, K., Müller, R., Strahl, A. & Pietzner, V. (2013). Scientific reasoning of prospective science teachers in designing a biological experiment. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 6(2), 135–154.
- Hwang, G.-J., Chiu, L. Y. & Chen, C.-H. (2015). A contextual game-based learning approach to improving students' inquiry-based learning performance in social studies courses. *Computer & Education*, 81, 13–25. DOI: 10.1016/j.compedu.2014.09.006
- Juul, J. (2003). The game, the player, the world: looking for a heart of gameness. In *Level Up: Digital Games Research Conference Proceedings*. Utrecht: Utrecht University, 30–45.

- Kennedy-Clark, S., Galstaun, V. & Anderson, K. (2011). Death in Rome: Using an online game for inquiry-based learning in a pre-service teacher training course. In Baek, Y. & Whitton, N. (szerk.), *Cases on Digital Game-Based Learning: Methods, Models, and Strategies*. Hershey: IGI Global. 364–382. DOI: 10.4018/978-1-4666-2848-9.ch018
- Ketelhut, D., Nelson, B., Clarke, J. & Dede, C. (2010). A Multi-user virtual environment for building higher order inquiry skills in science. *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 56–68. DOI: 10.1111/j.1467-8535.2009.01036.x
- Khan, P. & O'Rourke, K. (2005). Understanding enquiry-based learning. In Barrett, T., Maclabhrainn, I. & Fallon, H. (szerk.), *Handbook of enquiry and problem based learning*. Galway: Centre for Excellence in Learning and Teaching. 1–12.
- Koksal, E. A. & Berberoglu, G. (2014). The Effect of Guided-Inquiry Instruction on 6th Grade Turkish Students' Achievement, Science Process Skills, and Attitudes Toward Science. *International Journal of Science Education*, 36(1), 66–78. DOI: 10.1080/09500693.2012.721942
- Korom Erzsébet, Pásztor Attila, B. Németh Mária & Gyenes Tamás (2016). Kutatási készségek online mérése a 8–11. évfolyamon. *Iskolakultúra*, 26(3), 117–130. DOI: 10.17543/iskkult.2016.3.117
- Lederman, G. N. (2019). Contextualizing the Relationship Between Nature of Scientific Knowledge and Scientific Inquiry. *Science and Education*, 28(7), DOI: 10.1007/s11191-019-00030-8
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A. & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry, The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65–83. DOI: 10.1002/tea.21125
- Lukáč, S. (2015). Stimulation of the development of inquiry skills in teaching functions. *International Journal of Information and Communication Technologies in Education*, 4(4), 4–18. DOI: 10.1515/ijicte-2015-0016
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In Krüger, D. & Vogt, H. (szerk.), *Theorien in der biogiedidaktischen Forschung*. Berlin: Springer Verlag. 177–186. DOI: 10.1007/978-3-540-68166-3_16
- Millis, K., Forsyth, C., Butler, H., Wallace, P., Graesser, A. & Halpern, D. (2011). Operation ARIES!: A Serious Game for Teaching Scientific Inquiry. In Ma, M., Oikonomou, A. & Lakhmi, J. (szerk.), *Serious games and edutainment applications*. London, UK: Springer-Verlag. 169–195. DOI: 10.1007/978-1-4471-2161-9_10
- Mulder, G. Y., Lazonder, A. W. & de Jong, T. (2015). Simulation-Based Inquiry Learning and Computer Modeling: Pitfalls and Potentials. *Simulations & Gaming*, 46(3–4), 322–347. DOI: 10.1177/1046878115577159
- Nagy Lászlóné & Nagy Mórió Tibor (2016). Kutatásalapú tanítás-tanulás a biológiaoktatásban és a biológiatanár-képzésben. *Iskolakultúra*, 26(3), 57–69. DOI: 10.17543/iskkult.2016.3.57
- Nagy Lászlóné (2010). A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra*, 20(12), 31–51.
- Nagy Lászlóné, Korom Erzsébet, Pásztor Attila, Veres Gábor & B. Németh Mária (2015). A természettudományos gondolkodás online diagnosztikus értékelése. In Csapó Benő, Korom Erzsébet & Molnár Gyöngyvér (szerk.), *A természettudományi tudás online diagnosztikus értékelésének tartalmi keretei*. Budapest: Oktatókutató és Fejlesztő Intézet. 87–113.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2017 (2017). *Seeing Students Learn Science: Integrating Assessment and Instruction in the Classroom*. Washington, DC: The National Academies Press. DOI: 10.17226/23548
- National Research Council (NRC) (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press. DOI: 10.17226/4962
- National Research Council (NRC) (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. Washington, D.C: National Academy Press. DOI: 10.17226/9596
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: National Academies Press. DOI: 10.17226/18290
- OECD (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework, PISA*. Paris: OECD Publishing. DOI: 10.1787/b25efab8-en
- Osborne, J. & Collins, S. (2001). Pupils' views of the role and value of the science curriculum: a focus-group study. *International Journal of Science Education*, 23(5), 441–467. DOI: 10.1080/09500690010006518
- Özlegen, S. (2012). Students' Science Process Skills within a Cognitive Domain Framework. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 8(4), 283–292. DOI: 10.12973/eurasia.2012.846a
- Padilla, M. J. (1990). Science Process Skills. *National Association of Research in Science Teaching Publication: Research Matters – to the Science Teacher (9004)*. Reston, VA: National Association for Research in Science Teaching (NARST).
- Plass, J. L., O'Keefe, P. A., Homer, B. D., Case, J., Hayward, E. O., Stein, M. & Perlin, K. (2013). The impact of individual, competitive, and collaborative mathematics game play on learning, performance, and motivation. *Journal of Educational Psychology*, 105(4), 1050–1066. DOI: 10.1037/a0032688

- Prensky, M. (2001). *Fun, Play and Games: What Makes Games Engaging*. New York: McGraw-Hill.
- Reid, N. & Yang, M. J. (2002). The solving of problems in chemistry: The more open-ended problems. *Research in Science & Technological Education*, 20(1), 83–98. DOI: 10.1080/02635140220130948
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2010). Természettudományos nevelés ma: megújult pedagógia Európa jövőjéért. *Iskolakultúra*, 20(12), 13–30.
- Rowe, J. P., Shores, L. R., Mott, B. W. & Lester, J. C. (2011). Integrating Learning, Problem Solving, and Engagement in Narrative-Centered Learning Environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 21, 115–133.
- Sabourin, J. (2014). Affect and Engagement in Game-Based Learning Environments. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 5(1), 45–56. DOI: 10.1109/t-af-2013.27
- Sen, S. & Oskay, O. O. (2016). The Effects of 5E Inquiry Learning Activities on Achievement and Attitude toward Chemistry. *Journal of Education and Learning*, 6(1), 1–10. DOI: 10.5539/jel.v6n1p1
- Srisawasdi, N. & Panjaburee, P. (2018). Implementation of Game-transformed Inquiry-based Learning to Promote the Understanding of and Motivation to Learn Chemistry. *Journal of Science Education and Technology*, 28(2), 152–164. DOI: 10.1007/s10956-018-9754-0
- Srisawasdi, N. (2018). Transforming Chemistry Class with Technology-Enhanced Active Inquiry Learning for the Digital Native Generation. In Cox, C. & Schatzberg, W. E. (szerk.), *International Perspectives on Chemistry Education Research and Practice*. Washington, DC: American Chemical Society. 221–233. DOI: 10.1021/bk-2018-1293.ch014
- Stewart, J., Bleumers, L., Van Looy, J., Marien, I., All, A., Schurmans, D., Willaert, K., De Grove, F., Jacobs, A. & Misuraca, G. (2013). *The Potential of Digital Games for Empowerment and Social Inclusion of Groups at Risk of Social and Economic Exclusion: Evidence and Opportunity for Policy*. Luxembourg: Publication Office of the European Union. DOI: 10.2791/88148
- Tan, P. H., Ling, S. W. & Ting, C. Y. (2007). Adaptive digital game based learning framework. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Digital Interactive Multimedia in Entertainment and Arts*. New York: Association for Computing. 142–146. DOI: 10.1145/1306813.1306844
- Tsai, C.-Y., Lan, H.-S. & Liu, S. C. (2019). The effect of pedagogical GAME model on students' PISA scientific competencies. *Journal of Computer Assisted Learning*, 1–11. DOI: 10.1111/jcal.12406
- Ulus, B. & Oner, D. (2020). Fostering Middle School Students' Knowledge Integration Using the Web-Based Inquiry Science Environment (WISE). *Journal of Science Education and Technology*. DOI: 10.1007/s10956-019-09809-4
- Van Eck, R. (2006). Digital Game Based Learning It's Not Just the Digital Natives Who Are Restless. *EDUCAUSE Review*, 41(2), 16–30.
- Wenning, C. J. (2007). Assessing inquiry skills as a component of scientific literacy. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 4(2), 21–24.
- Whitton, N. (2012). The place of game-based learning in age of austerity. *Electronic Journal of e-Learning*, 10(2), 249–256.
- Wu, H.-K. & Hsieh, C.-E. (2006). Developing Sixth Graders' Inquiry Skills to Construct Explanations in Inquiry-based Learning Environment. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1289–1313. DOI: 10.1080/09500690600621035
- Z. Orosz Gábor, B. Németh Mária & Korom Erzsébet (2018). A kutatási készségek vizsgálata középiskolások és egyetemisták körében. In Fehérvári Anikó, Széll Krisztián & Misley Helga (szerk.), *Kutatási sokszínűség, oktatási gyakorlat és együttműködések: Absztrakt kötet: XVIII. Országos Neveléstudományi Konferencia*. Budapest: ELTE Pedagógiai és Pszichológiai Kar – MTA Pedagógiai Tudományos Bizottság. 462.
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27, 172–223. DOI: 10.1016/j.dr.2006.12.001
- Zion, M. & Mendelovici, R. (2012). Moving from structured to open inquiry: Challenges and limits. *Science Education International*, 23(4), 383–399.

Absztrakt

Az oktatás egyik leginkább kutatott területe jelenleg a 21. századi készségek fejlesztése technológiagazdag, kutatásközpontú tanulási környezetben. Ennek oka az, hogy napjainkban olyan átfogó készségek fejlesztése vált hangsúlyossá a közoktatásban, mint például a problémamegoldás és a kritikai gondolkodás. Ezek olyan 21. századi készségek, amelyek fejlesztését célzó standardok leginkább a kutatásközpontú megközelítéseket támogatják. A kutatásközpontú tanulási környezetben a tanulók kutatási készségeiket alkalmazzák, amelyek szorosan kapcsolódnak a problémamegoldáshoz és a kritikai gondolkodáshoz egyaránt. A tudományos vizsgálódás és a problémamegoldás készségei közé tartoznak: a jelenségek, problémák elemzése, kérdések, hipotézisek megfogalmazása, megfigyelés, vizsgálat, kísérlet megtervezése és kivitelezése, változók azonosítása

és kontrollja, módszerek kiválasztása, adatgyűjtés, adatok megjelenítése és elemzése, eredmények értékelése, értelmezése, kommunikálása és prezentálása, valamint következtetések megfogalmazása. Mindebből következik, hogy a kutatási készségek olyan 21. századi készségeknek tekinthetők, amelyek fejlesztése fontos feladata a közoktatásnak. Mindemellett új irányzat a játékelemek beemelése a kutatásközpontú tanulási környezetbe a tanulási eredmények javítása céljából. Az oktatásban alkalmazott játékok iránti megnövekedett érdeklődés nyomán számos kutató bizonyította, hogy egy helyesen megválasztott és kivitelezett játék képes a tanulók tartalmi tudásának növelésére, kedvezően hat az attitűdre és motivációra, valamint képességfejlesztésre is alkalmazható. Az áttekintés első részében ismertetjük a kutatási készségeket, a kutatási készségek mérésének hazai igényét, valamint a kutatási készségek fejlesztésének néhány lehetőségét. A második részben kitérünk a digitálisjáték-alapú tanulás értelmezésére, a digitális játékok tervezésének elméletére. A harmadik részben a digitálisjáték-alapú tanulás és a kutatási készségek kapcsolatát mutatjuk be.