



2. fejezet

---

# **A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS GONDOLKODÁS ÉS FEJLESZTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI KISISKOLÁSKORBAN**

---

Z. Orosz Gábor  
Molnár Milán  
Korom Erzsébet

A természettudományos nevelés alapvető célja egyrészt a gyermekek világról szerzett tudásának gyarapítása, olyan tudományos fogalmak, ismeretek elsajátításának elősegítése, amelyek révén értelmezhető, megérthető a körülöttünk lévő világ. Nem feledkezhetünk meg azonban a másik fontos céljáról sem, a gondolkodás fejlesztéséről, ahol tudatos tevékenységünkkel jelentős eredményeket érhetünk el, ezért célszerű ráirányítani a figyelmünket. Kutatási eredmények támasztják alá, hogy a tudományos tevékenységek, a tudomány művelése révén fejlődnek az általános (nemcsak a természettudományok területén, hanem szélesebb körben, akár a hétköznapi életben is használható) gondolkodási képességek is (Eshach & Fried, 2005). Bár korábban vitatták, hogy célszerű-e gyermekeknek, kisiskolásoknak természettudományt tanítani, amikor a fogalomrendszerük és a kognitív képességeik is fejletlenebbek, mint idősebb társaiknak, Eshach és Fried (2005) áttekintő munkájukban számos érveléssel támasztják alá, hogy megfelelően kiválasztott és fokozatosan bevezetett tevékenységekkel, tudatos tanári segítséggel minél előbb érdemes elkezdni a természettudományokkal való ismerkedést. A témában zajlott kutatások eredményeire alapozva mindezt azzal indokolják, hogy a gyerekek természetüktől fogva élvezik a természet megfigyelését, valamint a természetről való gondolkodást, és pozitív attitűd alakulhat ki bennük, ha a kíváncsiságukat és a lelkesedésüket felkeltő módon találkoznak a természettudományokkal. Kiemelik azt is, hogy a kezdeti tapasztalatok jelentős hatással lehetnek a tudományos ismeretek elsajátítására, későbbi alaposabb megértésére, és a tudományos kifejezések korai életkorban történő használata befolyásolja a tudományos fogalomrendszer fejlődését. Felhívják továbbá a figyelmet azokra a kutatási eredményekre, amelyek arra találtak bizonyítékot, hogy a gyerekek is képesek tudományosan gondolkodni, például már egészen fiatal korban el tudják dönteni egy kísérletről, hogy az megfelelő-e, meggyőző-e egy adott feltevés tesztelésére, valamint rámutatnak arra, hogy a természettudomány hatékony eszköz a tudományos gondolkodás fejlesztéséhez, az elemzőképesség és a kritikai gondolkodás fejlődéséhez.

Ebben a fejezetben – alapul véve a kisiskoláskori természettudomány-tanítás fontosságát alátámasztó kutatási eredményeket – röviden áttekintjük a tudományos megismerés jellemzőit és a természettudományos gondolkodás fogalmát, összetevőit. Kitérünk a gyermekkori tanulás és gondolkodás legfontosabb jellemzőire, valamint bemutatunk néhány ajánlást arra, hogyan segítheti a kisiskoláskori természettudományos nevelés a megismerési és gondolkodási folyamatok fejlődését.

## A TUDOMÁNYOS MEGISMERÉS JELLEMZŐI

Minden élőlény, így az ember is születésétől fogva törekszik arra, hogy környezetét feltérképezze. Az információk begyűjtése, feldolgozása és a megfelelő válaszreak-

ció a túlélés záloga. Idézzük fel egy pillanatra, hogyan ismerkednek a kisgyermek az új játékaikkal. Látjuk magunk előtt, ahogy megtekintik, megfogják, szájukba veszik, megrázzák, esetleg mosolyogva földhöz vágják. Mindeközben érzékszerveik segítségével értékes információkat szereznek a tárgy tulajdonságairól, amelyeket memóriájukban rögzítenek. A folyamat spontán, különösebb tervezés nélkül, a kíváncsiság által vezérelve megy végbe, melyben nagy szerepe van a próbálgatásnak. A megismerés egyéni célokat szolgál, hozzádeka pedig a felfedezés öröme túl az a kibővült tudásrendszer, amely később növeli az egyén boldogulási esélyeit az életben.

A tudományos megismerésnek is az ismeretszerzés a célja. A gyermeki felfedezés spontaneitásával szemben azonban tudatosan, szervezeten és szisztematikus módon valósul meg. A megismerőtevékenység mindig valamilyen konkrét céllal történik, a folyamat lépéseit precízen tervezik meg, a kutatást a módszertani és etikai alapelveket szem előtt tartva hajtják végre, majd az eredményeket körültekintően, objektivitásra törekedve elemzik. A tudományos megismerés elsősorban közösségi tevékenység. Mivel az eredmények nemcsak az egyén, hanem az egész társadalom számára hasznosak, így azok megbízhatóságát szigorúan ellenőrzik.

A tudományos megismerés a természettudományokban a probléma jellegétől függően különböző módszerekkel történhet. Gyűjthetünk információkat megfigyeléssel vagy kísérlet segítségével, melyekről a későbbiekben még részletesebben is szólunk. Alkothatunk természettudományi vagy matematikai modelleket, melyekkel tanulmányozhatjuk egy rendszer működését, és ezek alapján előrejelzéseket is tehetünk. A közvetlenül nem megfigyelhető, nem mérhető dolgokról (pl. az anyagot felépítő részecskékről, amelyek túl kicsik, vagy az univerzumból, amely túl nagy) következtetéssel juthatunk új ismeretekhez.

A megismerőtevékenység az elméletek és a rendelkezésre álló bizonyítékok összevetését igényli, amit a szakirodalom elmélet-bizonyíték koordinációnak (*coordination of theory and evidence*; Kuhn, 1989) nevez. Ehhez azonban be kell látnunk, hogy a meglévő tudásunk hiányos, esetlegesen téves, így új bizonyítékok keresésére van szükség. Ha az új bizonyítékok összhangban vannak a korábbi elképzeléseinkkel, akkor nem teszünk szert új megértésre, viszont a vizsgált elmélet érvényességének valószínűsége növekszik. Ellentmondó bizonyítékok esetén azonban megkérdőjeleződnek az elméleteink, ami mentális diszkomfort érzettel, ún. kognitív konfliktussal jár, amit mindenképp szeretnénk feloldani. Ennek legegyszerűbb módja az ellentmondó bizonyítékok torzítása vagy figyelmen kívül hagyása, ami téves gondolkodást jelez, és nem tekinthető tudományosnak. Ez különösen fiatalabb korban gyakori, hiszen egyszerű megoldás, és elkerülhető vele a tévedésből fakadó negatív érzések. Fejlettebb gondolkodás esetén az ellentmondó bizonyítékokat minden esetben

figyelembe vesszük, hiszen rámutatnak arra, hogy valahol hibát követtünk el: vagy a vizsgálat tervezése és kivitelezése során, vagy az elképzeléseink tévesek, így azokat módosítani szükséges. Azokat a bizonyítékokat a legnehezebb beépíteni, melyek oksági kapcsolatokra vonatkozó elképzeléseinkkel helyezkednek szembe, hiszen ebben az esetben nemcsak az elméletek kiegészítésére, hanem átalakítására is szükség van (Zimmerman & Klahr, 2018).

## A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS GONDOLKODÁS ÉRTELMEZÉSE

A természettudományos gondolkodásnak többféle meghatározása ismert. A gondolkodás specifikus típusa azoknak a mentális műveleteknek az összessége, melyeket a természettudományos megismerés vagy a természettudományos témákkal, problémákkal való foglalkozás során használunk (Dunbar & Fugelsang, 2005). Szándékos tudáskeresés, az ismeretek megszerzésének, valamint változásának kumulatív és ciklikus folyamata, az elmélet és a bizonyítékok összevetése (Kuhn, 2011); ami az elméletek és hipotézisek generálását, tesztelését és felülvizsgálatát, illetve az ezekre való reflektálás képességét igényli (Zimmerman, 2007).

A természettudományos gondolkodás számos kognitív és metakognitív készséget foglal magába. Alapját az egyszerűbben kivitelezhető, alapvető gondolkodási készségek, képességek jelentik. Ide tartozik a konzerváció, az összehasonlítás, a sorképzés, a csoportosítás, rendszerezés, arányossági, kombinatív, korrelatív és valószínűségi gondolkodás. Erre épülnek a komplexebb, magasabb szintű gondolkodási képességek, mint az induktív és a deduktív gondolkodás, az analógiás gondolkodás vagy a kritikai gondolkodás (Adey & Csapó, 2012). Az alapvető és a komplex gondolkodási képességek együttesen teremtik meg a feltételeit a tudományos megismeréshez szükséges kutatási készségek (*inquiry skills*) sikeres alkalmazásának. Ide sorolható a problémafelvetés, a kérdésfeltevés, a hipotézisalkotás, a kísérlettervezés és kivitelezés, a változók azonosítása és kontrollja, a megfigyelés, az adatok megjelenítése, illetve elemzése, a következtetések levonása és az eredmények kommunikálása. (Az alapvető és a magasabb szintű gondolkodási képességek részletesebb áttekintését l. Adey & Csapó, 2012; Nagy, Korom, Pásztor, Veres, & B. Németh, 2015).

A természettudományos gondolkodás fejlesztése fontos célként jelenik meg a hazai és nemzetközi tantervekben, jellemzőit, fejlődését és fejlesztési lehetőségeit intenzíven kutatják (Korom & Z. Orosz, 2020). A területre sokáig nagy hatást gyakorolt Piaget kognitív fejlődésre vonatkozó elmélete, mely szerint a természettudományos gondolkodás alapjai leghamarabb serdülőkorban, a formális műveleti szakaszba lépve sajátíthatók el. Az újabb kutatások viszont rámutattak arra, hogy már az óvodáskorú gyermekek is rendelkeznek a természettudományos gondol-

ködés alapvető összetevőivel (l. Mayer, Sodian, Koerber, & Schwippert, 2014; Piekny & Maehler, 2012). A kutatási eredményekből egy érdekes kettősség rajzolódik ki: bizonyítékok támasztják alá, hogy mennyi mindenre képesek a kisgyermekek a tudományos megismerés terén, de azt is, hogy mennyi hiányossággal rendelkeznek a középiskolások és az egyetemisták. Ahhoz, hogy rájövünk, hol siklik ki a folyamat, először meg kell ismernünk a sikeres természettudományos gondolkodás feltételeit.

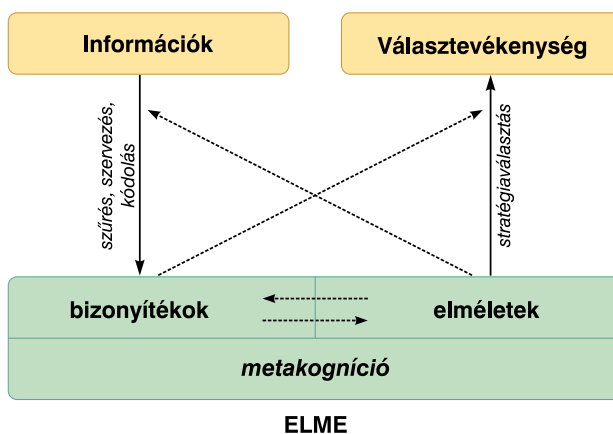
A természettudományos gondolkodás legfontosabb előfeltétele annak a megértése, hogy a gondolatok az elme alkotásai, ennél fogva a valóságtól külön léteznek, így lehetnek hiányosak vagy tévesek. Ez a megértés, mely az ún. tudatelmélet (*theory of mind*) része, leghamarabb négyéves korra alakul ki (Kuhn, 2011; magyar nyelvű részletes áttekintésért l. Gál, 2015). A tudatelmélet segítségével belátható, hogy ugyanarról a dolgról többféle vélekedés is alkotható. Felmerülhet tehát az igény arra, hogy az alternatív elképzelések közül kiderítsük, hogy melyik a helytálló. Egy négyéves gyermek még csak a nagyon egyszerű, közvetlenül megfigyelhető, fizikai tulajdonságokra vonatkozó állítások igazságtartalmát tudja mérlegelni (Kuhn, 2011), az életkor előrehaladtával azonban egyre elvontabb kijelentések is elemezhetővé válnak.

A következő lépés annak belátása, hogy tudásunk bizonyítékokon alapul, és ezek segítségével elképzeléseink megerősíthetők vagy cáfolhatók. Kuhn és Pearsall (2000) vizsgálatában futókról készült képeket mutatott 4 és 6 éves gyerekeknek. Az első képsorozat a futókat versenyzés közben, a második pedig már az eredményhirdetéskor ábrázolta, ahol a győztes trófeát tartott a kezében. A kutatók arra kérték a gyerekeket, hogy elemezzék a verseny kimenetét (Ki nyert?), és indokolják meg a válaszukat (Honnan lehet tudni? Miért van így?). A várt válasz az volt, hogy az a nyertes, aki a kezében tartja a trófeát. A 4 éves gyerekek azonban az esetek többségében nem a bizonyítékra (kezében tartja a trófeát), hanem az elméletükre (amivel magyarázták ezt a helyzetet) támaszkodtak, és azt válaszolták, hogy azért az illető nyert, mert neki volt a legjobb futócipője. Az eredmények azt sugallják, hogy ebben az életkorban a gyerekek elméjében még nem különülnek el élesen az elméletek a bizonyítékoktól. A 6 éves gyerekek körében már lényegesen ritkább volt ez a tévedés, serdülőknél pedig egyáltalán nem fordult elő. A sikeres természettudományos gondolkodáshoz tehát az szükséges, hogy az elméletek és a bizonyítékok egymástól elkülönüljenek az elmében.

A természettudományos gondolkodás az információk szervezését, kódolását is igényli. Ehhez ki kell tudni szűrni a kérdés szempontjából lényegtelen dolgokat, amihez ismeret jellegű tudásra van szükség. Minél több ismerettel rendelkezik valaki egy témáról, annál hatékonyabban tudja megítélni az új információk relevanciáját.

A lényeges információkat szervezni és rögzíteni kell a memóriában. Ebben a kódolási stratégiák segíthetnek (1. ábra).

A természettudományos megismerés nemcsak információkeresésként, hanem problémamegoldásként is értelmezhető. Ehhez pedig megfelelő stratégiahasználatra van szükség. Stratégia alatt egy cél érdekében végrehajtott cselekvéssorozatot értünk (Siegler, 1996). A bevezetőben említettük, hogy a kisgyermek felfedezőtevékenységei még nem szisztematikusak, stratégiáik egyszerűek. Később a környezettel való kölcsönhatás eredményeként új stratégiákra tesznek szert. A stratégiaelsajátítás történhet spontán felfedezéssel, ám ez meglehetősen időigényes. Másik lehetősége az utánzás, melyben nagy szerepük van a társaknak és a felnőtteknek. Ebben a két esetben a hangsúly a lépések elsajátításán van, ami nem jár automatikusan azok megértésével is. A harmadik eset a célzott stratégiatanulás, mely explicit tanítással valósítható meg. Ebben az esetben az is cél, hogy megmutassuk és megértsük, mit miért teszünk. A problémamegoldás során az újonnan tanult és gyorsabban kivitelezhető stratégiákat részesítjük előnyben (Morris, Croker, Masnick, & Zimmerman, 2012).



1. ábra A természettudományos megismerés mentális folyamatai

A természettudományos megismerés komplex folyamat, középpontjában a tudatos cselekvés és a megértés áll. Amellett, hogy a szóban forgó kérdést, vizsgálatunk tárgyát elemezzük, saját gondolkodásunkat is nyomon kell követnünk. Ez a folyamat, melyet metakogníciónak nevezünk (részletes áttekintésért l. Csikos, 2007), teszi lehetővé, hogy egymástól függetlenül kezeljük saját elméleteinket és a rendelkezésre álló bizonyítékokat, hogy gondolkodás közben kiválasszuk a megfelelő stratégiát, illetve hogy reflektáljunk cselekedeteink következményeire. A metastratégiák elsajátítása lassan történik, és sok támogatást igényel.

## A TANULÁS ÉS A GONDOLKODÁS JELLEMZŐI GYERMEKKORBAN

Számos elmélet született azzal kapcsolatban, hogyan tanulnak a gyerekek. A jelenleg leginkább elfogadott megközelítés, a konstruktivista felfogás szerint a gyerekek aktívan vesznek részt az ismeretszerzési folyamatban, megkonstruálják, felépítik a világról való tudásukat. Ebben segítségükre vannak mindazok a tapasztalatok és információk, amelyeket érzékszerveik és cselekvéseik, valamint a körülöttük lévő személyekkel való interakciók révén szereznek.

### A világról való tudás változása

A gyerekek már egészen fiatal kortól modelleket alkotnak és implicit elméleteket hoznak létre, amelyek lehetővé teszik számukra, hogy megértsék és megszervezzék a tapasztalataikat (Kuhn, 2011). Elméleteik gyakran tévesek és hiányosak, számos olyan fogalmat, elképzelést tartalmaznak, amelyek nem felelnek meg a jelenleg elfogadott tudományos ismereteknek. Kezdetben a szakirodalom ezeket tévképzeteknek nevezte, később inkább olyan kifejezések (pl. alternatív elképzelés, alternatív elmélet, gyermektudomány) terjedtek el, amelyek arra utalnak, hogy a gyerekek fogalmai, elképzelései mások, mint a felnőtteké (Korom, 2002). Például a gyerekek szerint a Föld lapos, mert különben az emberek leesnének róla; az anyagok folytonosak, mert nem láthatók a részecskéik; a növények nem élnek, mert nem mutatják azokat az életjelenségeket (pl. mozgás, légzés, táplálkozás), amelyek alapján az állatokat vagy az embereket az élőlények közé sorolják. Úgy gondolják, hogy a különböző változások (pl. égés, oldódás, párolgás) során az anyag eltűnhet, és nem csak az anyagot, az energiát sem tekintik megmaradó mennyiségnek, csak hasznossági szempontból értelmezik (megtermelik, és az emberek használják a gépek működtetéséhez). A mozgásról alkotott képük (a labda azért áll meg, mert elfogy a mozgás ereje) arisztotelészi jellegű. (A gyermeki tudásról és annak fejlődéséről részletesebben l. Adorjánné, Makádi, Nagy, Radnóti, & Wagner, 2014; Korom, 2005; Nagy, 1999; Nahalka, 2002; Tóth, 2000).

A világról alkotott ismeretek fejlődése hosszú, sok éven át tartó folyamat, melynek során a gyerekek az elméleteiket felülvizsgálják, és meg is változtathatják új bizonyítékok hatására. Ezt a folyamatot fogalmi változásnak nevezik (Korom, 2005; Nahalka, 2002). A naiv elképzelések változását segítik az iskolai tanulmányok, amikor a gyerekek kezdenek megismerkedni a jelenségek tudományos magyarázataival és a tudományos megismerés módszereivel. A tanítás során azonban rendkívül fontos figyelembe venni azt, hogy a gyerekeknek már van egy sajátos képük a világról (ráadásul ez az egyéni tapasztalatoknak köszönhetően különböző lehet), és a tananyagban szereplő tudományos fogalmakat, összefüggéseket a meglévő tudásuk alapján, illetve annak szűrőjén keresztül tudják értelmezni.

A tudásszerzés tehát nem a tudás egyes részeinek felhalmozása, hanem inkább a meglévő tudás folyamatos bővítése, tesztelése, újraszervezése, ahol a meglévő ismeretek, sémák, valamint a tudományos gondolkodás fejlettsége jelentős mértékben befolyásolja az új ismeretek elsajátítását és megértését (Kuhn, 2011).

## A gondolkodás és a megismerőtevékenységek fejlődése

A gyerekek gondolkodása és az a mód, ahogyan látják és felfedezik a világot, sokat változik kisiskoláskorban az iskolát megelőző évekhez képest (Korom & Nagy, 2016a). A továbbiakban Piaget fejlődésemélete (Piaget, 1970) és Harlen (2006) munkája alapján három életkori szakasz jellemzőit tekintjük át.

### 5–7 éves kor

Ekkor a gyerekek értelmi fejlődése a műveletek előtti szakasz végén tart, a világot szimbólumok (képzeleti képek, szavak, gesztusok) segítségével képezik le, a tárgyról és az eseményekről már tudnak úgy is gondolkodni, hogy azok nincsenek jelen, de még gyakori, hogy a cselekvéseiket azok átgondolása helyett ténylegesen végre kell hajtaniuk, hogy lássák az eredményt. Például az idősebb gyerekek át tudják gondolni, hogy ha megnyújtják a lépteik hosszát, akkor kevesebb lépéssel mennek át a szobán. Ezzel szemben az 5-6 éves gyerekeknek ezt ténylegesen meg is kell csinálniuk.

A dolgokat csak egy nézőpontból, a sajátjukból tudják szemlélni. Nem jönnek rá arra, hogy más nézőpontból a dolgok másképp néznek ki, kivéve, ha fizikailag egy másik pozícióba kerülnek. Egy időben a tárgyaknak vagy szituációknak csak egy aspektusára tudnak figyelni. Például felismerik, hogy a növényeknek az életben maradáshoz szükségük van a következő tényezők egyikére: napfényre, vízre, levegőre, de nem képesek a hármat kombinálni.

Magyarázataik általában a megfigyeléseik átfogalmazásából születnek (tautológiák). Például a dob azért ad ki hangot, mert „nagyon hangos”, a vizes ruha „a Nap miatt” szárad meg vagy a gyertya azért ég, mert „valaki megvilágította”.

Az eseményeknek csak egy részét azonosítják. Valószínű, hogy a sorozat első és utolsó elemére fognak emlékezni, a közbülsőkre viszont nem. Például egy hatéves, miután megnézi, hogyan pereg át a homok a homokórán, a kezdeti és a végállapotot le tudja rajzolni, de a közöttük lévőket nem, és azokat a rajzokat sem tudja sorba rakni, amelyek a homok lepergéseinek fázisait mutatják.



## 8–10 éves kor

A gyerekek ekkorra már átléptek az értelmi fejlődésben a Piaget-féle konkrét műveletek szakaszába. Képesek mentális műveleteket végezni. Ezek a műveletek a konkrét tárgyakon végzett tevékenységek belsővé válása révén jönnek létre. Előrelépés, hogy a cselekvés helyett egyre gyakrabban a gondolkodást használják, de inkább csak azokban az esetekben, amelyek ismerősek számukra, és amelyek konkrét tárgyakkal kapcsolatosak. Főként azokat a mennyiségeket tudják gondolatban manipulálni, amelyek megfigyelhetők vagy könnyen reprezentálhatók, mint például a hosszúság, a terület, míg a tömeg és a hőmérséklet kevésbé könnyen megragadható számukra.

Képesek egyszerű folyamatokat egészben látni, az egyes részeket összekapcsolni egymással. Tudnak fordítva is gondolkodni, rájönnek arra, hogy bizonyos fizikai mennyiségek változatlanok maradnak akkor is, ha egyes külső jellemzők megváltoznak, és a változások vissza is fordíthatók (konzerváció). Például egy gyurmagolyó tömege nem változik, ha azt kilapítjuk.

Egyszerre több jellemzőre, szempontra is tudnak figyelni, és a tárgyakat több szempont együttes figyelembevételével is képesek csoportosítani. Magyarázatalkotás során több tényezőt is figyelembe tudnak venni (pl. a nedves ruhát a hő és a levegő mozgása segíti megszáradni), és a fizikai okot kezdik kapcsolatba hozni annak hatásával (pl. a tölgyfa a környezeti tényezők változása miatt hullajtja le ősszel a leveleit, és nem azért „mert meg akar szabadulni tőlük”, mint ahogyan azt a fiatalabb gyerekek gondolják).

## 10–12 éves kor

Még mindig a konkrét műveleti szakasz tart, de a gyerekek gondolkodása a szélesebb körben alkalmazható elképzelések, valamint a strukturáltabb és szigorúbb gondolkodás felé mozdul el. Komplexebb jelenségekkel tudnak foglalkozni, és el tudják képzelni, hogy egynél több tényező befolyásolhat egy eseményt. A tevékenységeiket tudatosabban végzik, mint korábban. Rájönnek arra, hogy egyes vizsgálatok során szükség van mérésekre, és fontos odafigyelni a megfigyelések, az adatrögzítés és a fogalomhasználat pontosságára.

Olyan problémákat is képesek kezelni, amelyekben egynél több változó van, és a logikai kapcsolatok szélesebb skáláját tudják használni. A változók szétválasztásának és manipulálásának képessége azonban az egyszerű esetekre korlátozódik, amikor a változók nyilvánvalóak. Át tudják gondolni az egyszerű vizsgálatok lehetséges lépéseit, és el tudják készíteni a szükséges tevékenységek tervét. Megfontoltabbak a következtetések levonásánál, mivel kezdik megérteni, hogy az elképzeléseiket össze kell vetni a bizonyítékokkal.

## A MEGISMERÉST ELŐSEGÍTŐ GYERMEKI TEVÉKENYSÉGEK KISISKOLÁSKORBAN

Ahogy láttuk, a természettudományos gondolkodás magvai már gyermekkorban kifejlődnek. Azonban ahhoz, hogy később teljes pompájukban virágozhassanak, inspiráló környezetre, türelemre és sok gondoskodásra van szükség. Az adekvát támogatás biztosításában jelentős szerepe van az oktatásnak. Ha a tanítás során csak a szaktárgyi ismeretek átadására helyezzük a hangsúlyt, akkor elszalasztjuk a gondolkodásfejlesztés értékes lehetőségeit. A természettudományos nevelésnek fontos célja, hogy az ismeretek átadásán túl azt is megmutassuk, hogy miként tettünk szert azokra, hogy hogyan működik a tudomány, és milyen szerepet tölt be az életünkben. Ennek talán a leggyümölcsözőbb módja az, ha a gyerekek nemcsak tanulnak a tudományról, hanem ki is próbálják azt.

Az életkori szakaszok jellemzői meghatározzák azokat a tevékenység típusokat, amelyekből a gyerekek tanulhatnak. Az életkori sajátosságok mellett érdemes figyelembe venni Vigotszkij elméletét a legközelebbi fejlődés zónájáról (Vigotszkij, 1971). Ha egy adott készség esetében ismerjük, hogy a tanulók milyen fejlettségi szinten állnak, eredményesebben fejleszthetjük őket, ha nem az adott szintnek megfelelő, hanem nehézségüket tekintve a következő fejlődési szinthez közelítő feladatokat adunk számunkra. Olyanokat, melyekkel önállóan nem, de a pedagógus segítségével, támogatásával képesek megbirkózni. A három életkori sávban ajánlott tanulói tevékenységeket Harlen (2006) munkája alapján foglaljuk össze.

Mivel 5–7 éves korban a tevékenység és a gondolkodás szorosan kapcsolódik, ekkor az oktatás elsődleges célja a közvetlen tapasztalatszerzés, a felfedezés biztosítása, ami a gyerekek számára a mindennapokból ismerős tárgyak, jelenségek révén valósítható meg. Megfigyelhetnek és megvizsgálhatnak tárgyakat a környezetükben, csoportosíthatják, rendszerezhetik azokat. Szét is szedhetik a tárgyakat, hogy megnézzék milyen részeik vannak, illetve készíthetnek egyszerű szerkezeteket, modelleket. E tevékenységek által a gyermekek már ebben a korai, az óvodát befejező és az iskolát kezdő időszakban képesek lesznek arra, hogy a tárgyakkal cselekvéseket végezzenek: feltárják, jellemezzék, osztályozzák, manipulálják azokat. A tevékenységek tartalmát célszerű fokozatosan kiterjeszteni, és lehetőséget biztosítani arra, hogy egyre több új tapasztalatot szerezhessenek.

A 8–10 éves korban alkalmazható tevékenységek a dolgok és az események szélesebb körének vizsgálatára, valamint a tapasztalatoknak a korábbiakkal való összekapcsolására fókuszálnak. Megjelenhetnek olyan feladatok is, melyek alaposabb megfigyelést (pl. részletek, események sorrendje) igényelnek, és ezáltal mintázatok vagy összefüggések keresését teszik lehetővé. Bővül a vizsgált tartalmak köre, és

a már korábban is alkalmazott módszerek (megfigyelés, megbeszélés, kérdezés, tapasztalatok rögzítése) mellett arra is érdemes figyelmet fordítani, hogy a gyerekek felismerjék, hogy azokra a kérdésekre, amelyeket a dolgokkal kapcsolatban feltesznek, gyakran könnyebb valamilyen cselekvéssel válaszolni, mint pusztán megfigyeléssel. Megjelenik a kísérletezés is, mely során ők idézik elő a változást. Kezdi megérteni, hogy csak akkor vonhatnak le biztos következtetéseket, ha csak egy tényezőt változtatnak a kísérleteikben, és a többit ugyanazon az értéken tartják (korrekt, fair összehasonlítás). Lényeges, hogy a tevékenységek ösztönözzék a gyerekeket arra, hogy próbálják megmagyarázni a dolgok működését, és szisztematikusan, ellenőrzött vizsgálatok révén keressenek válaszokat saját kérdéseikre, ne pedig csak csináljanak valamit, és megnézzék, hogy mi történik.

Míg a korábbi szakaszokban a hangsúly a tevékenységen, a cselekvésen volt, a 10–12 éves korosztálynál már egyre inkább kiegyenlítődik a tevékenység, a tervezés, a megbeszélés és a tapasztalatok rögzítése. A vizsgálati módszerek köre bővül, illetve a már korábban alkalmazott módszerek is kifinomultabbak lesznek. Adhatunk olyan feladatokat, amelyek részletes megfigyelést és az érzékek kibővítésére szolgáló eszközöket (pl. nagyító, mikroszkóp) igényelnek. Mivel pontosabb megfigyelésre és gondos megkülönböztetésre van szükség, ezért nemcsak a megfigyelés, hanem a mérések is egyre nagyobb szerepet játszanak. A mérést azonban finomítani kell új technikák és eszközök megismertetésével. A mérések megismérlésével és a pontosságra való odafigyeléssel fejleszthető a kvantitatív megközelítés. Rendkívül fontosak azok a beszélgetések is, melyek során a gyerekek megfogalmazzák a környezetükben tapasztalt jelenségekkel, folyamatokkal kapcsolatban felmerülő kérdéseiket, és javaslatot kapnak arra, hogyan keressenek választ azokra. Ezáltal elkezdik felismerni, hogy a tudomány csak bizonyos típusú kérdésekre tud választ adni; valamint ők maguk milyen kérdéseket tudnak megvizsgálni, hogyan tudják egy adott jelenség lehetséges magyarázatát megalkotni és tesztelni. Támogassuk a tanulókat a vizsgálatok tervezésében, kivitelezésében, az eredmények interpretálásában és a társaikkal való megosztásában. Lényeges, hogy felismerjék mindezek hasznát, jelentőségét. Az eredmények értelmezésénél figyeljünk arra, hogy a gyerekek gyakran túláltalánosítanak. Mutassunk rá például, hogy a „minden általam kipróbált fa úszik a vízben” megfelelőbb és pontosabb következtetés, mint „az összes fa úszik a vízben”.

Mindhárom életkori szakaszban igyekezzünk a szóhasználatot és a magyarázatot a gyerekek fejlettségi szintjéhez igazítani, leegyszerűsíteni. Ez rendkívül nehéz feladat, mivel a tudományos pontosságot és a fogalomfejlődés egyes állomásait is figyelembe kell vennünk. Ahogyan utaltunk rá korábban, a gyerekek fogalmi rendszere eltér a felnőttekétől, és hosszú éveken át alakul. Például vannak olyan kifejezések, melyeket másként értelmeznek a gyerekek (pl. a sűrűség, amit a viszkozitással

keverhetnek), illetve kezdetben nem is tudnak egymástól elkülöníteni (pl. mennyiség, térfogat, nagyság). Az absztrakt, tudományos fogalmak megértése ezért csak később, a felsőbb tagozaton, illetve középiskolában valósulhat meg. Lényeges tehát, hogy tisztában legyünk a gyerekek elképzeléseivel egy adott jelenséggel kapcsolatban, és törekedjünk arra, hogy minél jobban elő tudjuk készíteni a tudományos ismeretek későbbi megértését.

A felsorolt tevékenységek mindegyike a tanulói aktivitást, az önálló gondolkodást helyezi a középpontba, ami rémisztő is lehet a gyerekek számára. Éppen ezért nagyon lényeges a fokozatosság és az olyan légkör, ahol lehet próbálkozni és hibázni is. A hibákat azonban meg kell beszélni, és odafigyelni arra, hogy legközelebb lehetőleg ugyanazt a hibát már ne kövessék el a diákok.

## **A KUTATÁSI KÉSZSÉGEK FEJLESZTÉSE KUTATÁSALAPÚ TANULÁSSAL KISISKOLÁSKORBAN**

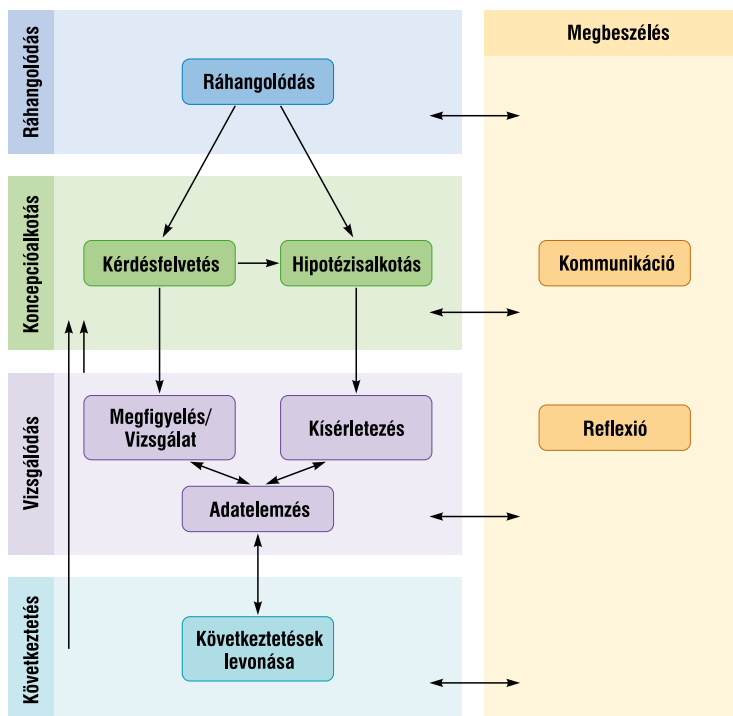
A kutatási készségeket a tananyag feldolgozásába illesztve külön-külön is fejleszthetjük. Például egy adott témában gyakoroltathatjuk a kérdések vagy hipotézisek megfogalmazását, vagy egy kísérlet eredményeinek elemzését, de fejleszthetjük egy kutatási ciklus keretében is úgy, hogy az előző alfejezetben tárgyalt tevékenységeket egybefűzzük egy folyamattá.

A legismertebb formája ennek a kutatásalapú tanulás (*Inquiry-based Learning* – IBL), ami egy olyan tanulási-tanítási módszer, melyben a diákok a természettudományos megismerés lépéseit követve tesznek szert új ismeretekre. Problémákat vetnek fel, kérdéseket fogalmaznak meg, feltevéseket (hipotéziseket) alkotnak, valamilyen úton (megfigyeléssel vagy kísérlettel) bizonyítékokat gyűjtenek, ezeket elemzik, levonják a következtetéseket, majd az eredményeket megosztják egymással. Nemcsak tanulnak a tudományról, hanem ki is próbálják azt. Ezáltal amellet, hogy új szaktárgyi ismeretekre tesznek szert, fejlődnek a gondolkodási képességeik, a kutatási készségeik, és jobban megértik a tudásalkotás folyamatát. A módszer lehetőséget biztosít a gyermekek természetes kíváncsiságának kibontakoztatására, az ötletek megosztására, a közös felfedezésre, így egy rendkívül izgalmas, élménygazdag tanulást kínál.

Kétségtől sok szempontból hasznos a kutatásalapú tanulás alkalmazása, de nem szabad szem előtt téveszteni, hogy hosszú út vezet odáig, hogy a pedagógus és a diák is otthonosan érezze magát benne. Segítheti a diákok fejlődését, ha lehetőségeket keresünk arra, amikor egyszerű formában, már a természettudományos nevelés kezdeti szakaszában is beemelhetjük ezt a módszert a tanórai vagy a tanórán kívüli foglalkozásokba.

## A kutatásalapú tanulás folyamata és típusai

A kutatásalapú tanulás a tudományos kutatás menetét, lépéseit követi. A tanulók aktív tevékenysége révén valósul meg egyénileg vagy párban, de leginkább csoportmunkában, melyet a pedagógus szervez és irányít. Minden szakaszában nagy szerepet kap az interakció, az elképzelések és az eredmények megvitatása, valamint a kutatásra és a saját munkára való reflexió (2. ábra).



2. ábra A kutatásalapú tanulás szakaszai (Pedaste et al., 2015, p. 56) alapján

A kutatásalapú tanulásnak három formáját különböztetik meg aszerint, hogy az egyes lépések során milyen mértékű önállóságot kapnak a tanulók (Nagy, 2010). A **strukturált kutatás** esetén a tanulók csak a vizsgálat kivitelezésében és a bizonyítékok elemzésekor kapnak szabad kezet, a többi lépést a tanár instrukciói alapján végzik. A feladatuk az, hogy minél pontosabban végrehajtsák az előírt műveleteket. A cél elsősorban a tanulók magabiztosságának növelése a megfigyelés és/vagy a kísérletezés terén, illetve a kutatás lépéseinek érzékeltetése: hogyan jutunk el a problémafelvetéstől, a kutatási kérdéstől az adatok gyűjtésén és elemzésén át a következtetésig.

Az **irányított kutatás** során a tanulók már nagyobb önállóságot élveznek. A problémafelvetés és a kutatási kérdés megadása a pedagógus feladata, viszont a tanulók fogalmazzák meg a feltevéseket, és ők tervezik meg a vizsgálatot is. Ez lényegesen nagyobb teret ad a diákok számára elképzeléseik megvalósításához, de nagyobb felelősséggel is jár. A tanárnak pedig arra kell számítnia, hogy a csoportok eltérő utakon fognak haladni, amihez biztosítani kell az anyagokat és eszközöket, illetve a megbeszélés során elegendő időt kell szánni minden megoldás értékelésére.

A legnagyobb szabadságot a **nyitott kutatás** nyújtja, melynél a vizsgálat tárgyát képező problémát és az ahhoz kapcsolódó kérdéseket is a tanulók jelölik ki. Fontos hangsúlyozni, hogy a diákok az önálló munkavégzés során sincsenek magukra hagyva. A tanár ugyan háttérbe húzódik, de folyamatosan nyomon követi a folyamatot, figyel arra, hogy a munkavégzés biztonságosan történjen. Ha a tanulók elakadnak, segítő kérdéseket tesz fel, felhívja a figyelmet olyan lényeges elemekre, amelyek fellett esetleg átsiklottak, reflexióra sarkall, a közös megbeszélések során pedig tisztázza az esetleges bizonytalanságokat, illetve kijavítja a hibákat. A nyitott kutatásnak lehet olyan formája is, amikor a tanár által felvetett problémának több megoldási lehetősége van. Például: Milyen körülmények között lehet egy pezsgőtablettát a leggyorsabban elreagáltatni vízzel? A tanulók próbálkozhatnak a pezsgőtabletta aprításával, az oldódás során a víz keverésével vagy a víz melegítésével, vagy bármilyen egyéb megoldással. Kihívást jelenthet a pedagógus számára a tanulók szabadságából fakadó nyitott tanulási szituáció, melyben felmerülhetnek olyan kérdések, helyzetek, melyekre nem lehet előzetesen felkészülni. Ennek kezeléséhez sok tapasztalatra és az adott témában bővebb háttértudásra lehet szükség.

Kisiskoláskorban elsősorban a strukturált kutatás alkalmazása ajánlott, mert először az alapvető kutatási készségek (pl. megfigyelés, kísérleti eszközök használata, kísérlet kivitelezése, adatgyűjtés, adatrögzítés) gyakorlása a cél. Ezt követően lehet továbblépni, és egyre nagyobb teret engedni a tanulóknak.

### A kutatásalapú foglalkozások felépítése

Ha még ismeretlen a diákjaink számára ez a módszer, akkor nem célszerű fejest ugrani a mély vízbe, és első alkalommal az egész folyamatot végigvinni, hanem érdemes külön-külön gyakoroltatni az egyes lépéseket. Ezek közül a megfigyeléssel és a kérdésfeltevessel ajánlott kezdeni, hiszen ezek a legegyszerűbbek, a hipotézisalkotás és a bizonyítékokon alapuló következtetések levonása már nehezebb, a legnagyobb kihívást pedig a vizsgálattervezés jelenti. A következőkben példákon keresztül áttekintjük az egyes lépések előkészítéséhez és megvalósításához szükséges legfontosabb gyakorlati tudnivalókat.

## Ráhangelődés

Ennek a szakasznak az a célja, hogy bevezessük a foglalkozás témáját és felkeltsük a tanulók érdeklődését. Kitűnő lehetőséget kínál erre a történetmesélés vagy a szerepjáték. Készülhetünk valamilyen témához kapcsolódó játékkal, nézhetünk egy videórészletet vagy engedhetjük, hogy a gyerekek tanulmányozzanak valamit. Ezt a szakaszt érdemes rövidre fogni.

Tegyük fel, hogy célunk a szilárd anyagok tulajdonságainak tanulmányozása, ehhez pedig vizsgálati tárgyként a kavicsokat választjuk. A foglalkozást bevezethetjük például az alábbi módon (Jeffrey Wilhelm ötlete alapján<sup>1</sup>).

*Rejtsünk a tenyerünkbe egy kavicsot. Mondjuk el a diákoknak, hogy van valami a kezünkben, ami idősebb náluk. Valójában nálunk is, sőt az iskolánál is. Vajon mi lehet az? Hagyjuk, hogy találgassanak, majd mutassuk meg nekik. Ezután ismer-tethetjük az óra célját: kavicsokat fogunk gyűjteni és összehasonlítani, hogy tanul-mányozhassuk a tulajdonságaikat.*

## Koncepcióalkotás

### **Problémafelvetés, kérdésfeltevés**

A téma kijelölése után azonosítanunk kell a vizsgálat középpontjában álló problémát. Ennek meghatározása nagyon fontos, és ne feledjük, hogy nem minden problémát lehet kutatásalapú tanulással feldolgozni. Olyat kell választanunk, ami a tanulók számára érdekes, érthető, megoldása kihívást jelent, de nem túl nehéz. Törekedjünk arra, hogy a téma ne legyen teljesen idegen a számukra, illeszkedjen az értelmi szint-jükhöz, és rendelkezzen róla előismeretekkel, tapasztalatokkal, amiket a megoldás során mozgósíthatunk, formálhatunk, kiegészíthetünk. Ennek hiányában az új tudás-nak nem lesz mihez kapcsolódnia, és így hamar elhalványulhat. További szempont, hogy a kapcsolódó vizsgálat iskolai, esetleg otthoni körülmények között megvaló-sítható legyen. Emiatt célszerű olyan dolgokat, jelenségeket választani, amelyek ér-zékszervekkel megfigyelhetők vagy egyszerű mérőeszközökkel vizsgálhatók, és a vizsgálatok biztonságosan kivitelezhetők. A „Hogyan növekednek a növények?” kérdés például nem megfelelő erre a célra, mert túl általános, nem jelöli ki egyér-telműen a vizsgálat irányát. A „Hogyan befolyásolja a környezet hőmérséklete a nö-vények növekedését?” kérdés viszont már alkalmas kiindulópontja lehet a kutató-salapú tanulásnak (Walker, 2007).

Eleinte jobb, ha a vizsgálandó problémát, illetve a kutatási kérdést a foglalkozásvezető jelöli ki. Ezzel nemcsak időt takarítunk meg, hanem mederben tartjuk az eseményeket is, hiszen a további haladási irányt döntően ez határozza meg. Később, amikor a diák-

<sup>1</sup> <https://inquiringclassrooms.wordpress.com/lesson-plan-activities/>

jaink már gyakorlottabbak, tarthatunk erről ötletbörzét, és mérlegelhetjük az általuk felvetett lehetőségeket, majd kiválaszthatjuk a legmegfelelőbbet. Nyitott kutatás esetén, melyet csak akkor érdemes használni, ha a tanulók már gyakorlottak a kutatás-alapú tanulásban, és sok idő áll rendelkezésre (pl. szakkörön, projektnapon, témahét-ten), azt is lehetővé tehetjük, hogy a gyerekek maguk válasszák ki a problémát. Ilyenkor viszont számolni kell azzal a lehetőséggel, hogy minden csoport más dolgot fog vizsgálni, aminek követése, menedzselése a foglalkozásvezető részéről is szerteágazóbb figyelmet követel, ezért erre csak megfelelő jártasság esetén érdemes vállalkozni.

A problémát megfogalmazhatjuk kérdések vagy állítások formájában. Az előző példánkat folytatva, a kavicsokkal kapcsolatban felmerülhet a következő kérdés: Miben hasonlítanak és miben különböznek egymástól a kavicsok?

### **Hipotézisalkotás**

A következő lépésben feltevéseket (hipotéziseket) alkotunk. Ilyenkor az előismerteinkre támaszkodva megadjuk a vizsgálat tárgyát képező kérdésre az általunk feltételezett lehetséges választ, válaszokat. Ezután azt is meg kell fogalmaznunk, hogy milyen eredményre számítunk, ha az állításunk igaz. Ezt nevezzük előrejelzésnek (predikciónak).

Az irányított és a nyitott kutatás esetén a tanulók alkotják meg a hipotézist az aktuálisan meglévő gondolati modell alapján. A hipotézist a vizsgálódás során ellenőrzik, így közvetve a gondolati modelljük helyességéről is szereznek tapasztalatokat. Ha a hipotézisük helyesnek bizonyul, akkor nincs baj a modellel sem, ha azonban nem várt esemény következik be, akkor a gondolati modellt felül kell vizsgálni. A gyermekek fejében élő elképzeléseknek, modelleknek a feltérképezése és formálása nagy kihívás a tanítás során. Hasznos, ha ismerjük a kisiskolásoknál előforduló gyakori természettudományos tévképzeteket, és az is lényeges, hogy ne rendelkezünk tévesen rögzült modellekkel, ismeretekkel. Sajnos a mindennapi szóhasználat is elősegíti a tévképzetek kialakulását. Gondoljunk csak a „fémeket vonzza a mágnes” vagy a „vas nehezebb, mint a víz” megállapításokra. Ezért a foglalkozásokra készülve alaposan végig kell gondolni a számunkra már nyilvánvalónak tűnő elképzeléseinket, és ellenőrizni azokat, hogy tényleg helyesek-e.

Nézzünk néhány feltevést és előrejelzést a kavicsokkal kapcsolatban (1. táblázat)!

Előfordulhat, hogy a gyermekek nem magát a tulajdonságot (alak, szín, méret), hanem annak egy változatát nevezik meg (pl. „A kavicsok szürkék.”). Ilyenkor kérdezzünk rá, hogy melyik tulajdonságra vonatkozik az állítás. Egyáltalán nem probléma, ha a feltevések között vannak tévesek, ne javítsuk ki őket. A bizonyítékok elemzése során erre maguktól kell, hogy rájöjjenek a diákok. Arra azonban ügyeljünk, hogy



1. táblázat Példák hipotézisre és előrejelzésre a kavicsok tulajdonságainak vizsgálatában

Lehetséges feltevések (hipotézisek)	Lehetséges előrejelzések (predikciók)
A kavicsok alakja hasonló.	Az összes kavicsnak, amit gyűjtünk, gömbölyű/szögletes lesz az alakja.
A kavicsok színe hasonló.	Az összes kavicsnak, amit gyűjtünk, szürke/barna stb. lesz a színe.
A kavicsok mérete eltérő.	A gyűjtött kavicsok között lesznek kisebbek és nagyobbak is.

a feltevések vizsgálhatók legyenek. Amennyiben ok-okozati összefüggéseket szeretnénk vizsgálni, akkor a hipotézisek megfogalmazásához használhatjuk a „Ha ..., akkor” formulát is, például „Ha a növény több vizet kap, akkor gyorsabban növekszik”. Minden esetben írassuk le a feltevéseket, nehogy a munka hevében elfelejtődjenek.

### Vizsgálódás

A következő fázis célja, hogy bizonyítékokat gyűjtsünk, melyekkel feltevéseinket alátámaszthatjuk vagy elvethetjük. Először ki kell választanunk az adatgyűjtés módszerét, ami lehet megfigyelés vagy kísérlet, illetve meg kell terveznünk a szükséges lépéseket.

### Megfigyelés/vizsgálat

Megfigyeléseket végezni jóval egyszerűbb, ezért a kevés gyakorlattal rendelkező gyermekek esetén kezdetben ezzel célszerű próbálkozni. A megfigyelés során vizsgálatunk tárgyát saját környezetében vagy meghatározott körülmények között figyeljük meg, annak paraméterein nem változtatunk. Előre meghatározzuk a célt, a megfigyelés szempontjait, eszközeit, az eredmények rögzítési módját, és a megfigyelést tervszerűen hajtjuk végre (2. táblázat).

### Kísérlet

Ebben az esetben magunk állítjuk be a körülményeket. Kísérletünk függő változója az a tényező lesz, amit mérünk vagy aminek a változását megfigyeljük, független változója az, amiről feltételezzük, hogy hat a függő változóra, így értékeit az egyes mérési vagy megfigyelési pontok között módosítjuk. Az összes többi tényezőt állandóknak nevezzük, hiszen értéküket (lehetőségeinkhez képest) rögzítjük azért, hogy minden mérés vagy megfigyelés esetén ugyanolyan hatást gyakoroljanak, biztosítva ezzel az eredmények összehasonlíthatóságát.

2. táblázat Példák a megfigyelés tervezésének szempontjaira a kavicsok tulajdonságainak vizsgálatában

Szempontok	Lehetséges válaszok a kavicsos példa esetén
Milyen céllal végezzük a megfigyelést?	Azzal a céllal, hogy megvizsgáljuk a gyűjtött kavicsok tulajdonságait, és az eredmények alapján meghatározzuk, hogy milyen tulajdonságokban hasonlítanak, és melyekben különböznek.
Hol végezzük a megfigyeléseket?	A kavicsokat az iskola udvarán gyűjtjük, de a megfigyeléseket már az osztályteremben végezzük, hiszen a megfigyeléshez és az adatok rögzítéséhez egyéb eszközök is szükségesek, amiket így nem kell magunkkal vinni a „terepre”.
Milyen tulajdonságokat vizsgálunk?	Vizsgáljuk a kavicsok méretét, alakját, felszínét, színét, keménységét stb.
Milyen módszereket használunk?	Vizsgálati módszerek: érzékszervi vizsgálat (látás, tapintás), hosszúságmérés, karcpróba stb.
Milyen eszközökre lesz szükségünk?	A felsorolt tulajdonságok vizsgálatához szükséges eszközök: fehér papírlap, kézinagyító, vonalzó, milliméterpapír, tű, kés, reszelő, üveglap
Hogyan rögzítjük az eredményeket?	Táblázatot készítünk. A sorokba a vizsgált tulajdonságok, az oszlopokba az egyes kavicsok kerülnek. Le is rajzolhatjuk őket.
Hány megfigyelést érdemes végeznünk, hogy elég adatunk legyen?	Minden csoport 10 kavicsot gyűjt az udvarról, így tulajdonságokként 10 adatuk lesz. (A kavicsokat tojástartókban gyűjtjük, így maximum akkorák lehetnek, amik beleférnek.)

A kísérletek tervezésénél több szempontot kell figyelembe venni (3. táblázat). Minde-  
nekelőtt meg kell tanítani a gyermekeknek, hogy két kísérlet eredményét csak ab-  
ban az esetben lehet összehasonlítani, ha a kísérletek csak egyetlen tényezőben  
térnek el egymástól.

Tekintsük a következő példát!

*Egy hírportálon azt olvastuk, hogy a kávézacc jótékony hatással van a növények  
növekedésére. Hogyan lehetne ezt megvizsgálni?*

**3. táblázat** Példák a kísérlet tervezésének szempontjaira a kávézacc növények növekedésére gyakorolt hatásának vizsgálatában

Szempontok	Lehetséges válaszok
Melyik tényezőt figyeljük/mérjük? (függő változó)	A növények növekedésének ütemét. Ehhez azt kell megmérni, hogy egy bizonyos időtartam alatt (pl. két hét) hány cm-t nőnek a növények. Ehhez fel kell jegyezni a kiindulási magasságot is.
Milyen eszközzel végezzük a mérést?	Vonalzóval vagy mérőszalaggal.
Melyik tényezőt változtassuk? (független változó)	Az egyik növénynek kávézaccot is keverünk a virágföldjébe, a másiknak nem.
Milyen tényezőket rögzítsünk? (állandók)	Az összes többi tényezőt (lehetőségeinkhez képest) rögzíteni kell (ugyanolyan virágföld, ugyanannyi víz, ugyanannyi napfény stb. mindkét esetben).
Milyen védőeszközöket használunk a munkavégzés közben?	Köpeny, esetleg gumikesztyű. (Ez a vizsgálat nem veszélyes, azonban didaktikai szempontból fontos, hogy a gyermekek megismerjék a biztonságos munkavégzés feltételeit, és hozzászokjanak azokhoz.)
Mennyi adatot gyűjtsünk?	Ahhoz, hogy minél biztosabb következtetéseket vonhassunk le, több adatra van szükség, így érdemes csoportonként több növényt nevelni, illetve az eredményeket osztályszinten összegezni.
Hogyan rögzítsük az adatokat?	Az adatokat érdemes táblázatba foglalni. A kísérlet kezdetén és két hét múlva is feljegyezzük a növények magasságát. Emellett minden egyéb változást is rögzítünk (pl. betegségre utaló tünetek).

A kísérlettervezés nem egyszerű feladat, ezért a fokozatosság elve szerint haladjunk. Először beszéljük meg példákon keresztül a helyes és a helytelen kísérleti elrendezések jellemzőit. Ezután adhatunk tervezési feladatokat is, de kezdetben mindenképpen közösen tekintsük át a lépéseket, hogy tudatosuljon a gyermekekben, mit miért csinálunk. Egyszerűbbé tehetjük a feladatot, ha mellékelünk egy anyag- és eszközlístát, amiről a diákok választhatnak.

Miután elkészültek a tervek, hozzáfoghatunk a vizsgálat végrehajtásához. A megfigyelések, adatok rögzítését segíthetjük, ha közösen megrajzoljuk a táblázatokat vagy kiadunk egy általunk előre elkészített jegyzőkönyvet, amelyet a gyermekeknek már csak ki kell tölteniük. Később ezeket önállóan is el tudják majd készíteni.

A tudományos megismerés többnyire társas tevékenység, ezért a gyerekek párosával vagy csoportokban (max. 4 fő) dolgozzanak. A foglalkozásvezető feladata a csoportok munkájának figyelemmel kísérése, a biztonságos munkavégzés fenntartása, elakadás esetén pedig a megfelelő segítségnyújtás. Mielőtt hozzáfognának a következő fázishoz, célszerű megkérni a gyermekeket, hogy pakolják vissza a kísérleti eszközöket a helyükre, illetve rakjanak rendet az asztalukon.

A következő lépés a bizonyítékok elemzése, értékelése, mely során áttekintjük az adatokat, keressük a mintázatokat, tendenciákat, kapcsolatokat. Idősebbekkel az adatokat grafikusan is megjeleníthetjük, illetve számításokat is végezhetünk (pl. átlag, szórás kiszámítása, százalékszámítás stb.).

### **Következtetés**

Ennél a pontnál visszatérünk a feltevéseinkhez és megnézzük, hogy igaznak bizonyultak-e. Rendkívül fontos felhívni a gyerekek figyelmét arra, hogy a valóságot a bizonyítékok képviselik, nem pedig a feltevések, hiszen ez utóbbiakat ők alkották, és lehet, hogy tévedtek. Emiatt a következtetések levonásakor mindig a bizonyítékokra kell támaszkodniuk. Természetesen ezt csak akkor tehetjük meg teljes biztonsággal, ha a kísérleti elrendezésük megfelelő volt, és a mérés során minden szabályt betartottak. Térjünk vissza újra a kavicsokkal kapcsolatos feltevéseinkhez, és vizsgáljuk meg őket a bizonyítékok tükrében (4. táblázat)!

### **Megbeszélés**

Igaz ugyan, hogy a kutatásalapú tanulás során végig jelen van a kommunikáció és a reflexió, de a tanulás végösszegzése a folyamat utolsó lépésében, frontális megbeszéléssel történik. A csoportok ismertetik feltevéseiket, kutatásuk főbb lépéseit, eredményeit és az ezekből levont következtetéseiket. Ennek a fázisnak a célja a tapasztalatok megosztása, a tanultak rendszerezése, áttekintése, a fennmaradó kérdések megválaszolása, a hibás elképzelések korrigálása, a reflexió. Áttekinthetjük a vizsgálat korlátait, illetve a továbblépés lehetőségeit is. Az eredmények megosztását segítheti, ha rajzot, posztert, vagy adott esetben valamilyen modellt készítenek a gyermekek. Ebben a fázisban fontos szerepet kap a csoportok munkáinak, kutatási készségeinek értékelése is. Ehhez további támpontokat a Gondolkodtató természettudomány-tanítás – Kémia kötetének 2. fejezetében találhatunk (Z. Orosz, 2020).

4. táblázat Példák az adatértelmezésre és következtetésre a kavicsok tulajdonságainak vizsgálatában

Lehetséges feltevések	Lehetséges előrejelzések	Bizonyítékok	Következtetések
A kavicsok alakja hasonló.	Az összes kavicsnak, amit gyűjtünk, gömbölyű/szögletes lesz az alakja.	10 kavicsból 7 gömbölyű, 3 szögletes.	Mivel kétféle alakú kavicsot is találtunk, ezért a kavicsok alakja különbözhet egymástól. A feltevésünk téves.
A kavicsok színe hasonló	Az összes kavicsnak, amit gyűjtünk, szürke/barna stb. lesz a színe.	Mind a 10 kavics szürke színű.	Az általunk gyűjtött kavicsok színe megegyezik, ez azonban még nem egyértelmű bizonyítéka annak, hogy minden kavics hasonló színű (kicsi a minta). Egy másik csoport talált barna kavicsokat is. Ez viszont egyértelműen cáfolja a feltevésünket. A helyes következtetés tehát az, hogy a kavicsok színe különbözhet.
A kavicsok mérete eltérő.	A gyűjtött kavicsok között lesznek kisebbek és nagyobbak is.	A 10 kavics közül 6 kicsi, 2 közepes és 2 nagyobb méretű.	A bizonyítékok azt mutatják, hogy a kavicsok mérete eltérhet egymástól, így eredeti feltevésünk helyesnek bizonyult.

Lehet, hogy a kutatásalapú tanulás első olvasatra nagyon bonyolultnak tűnik, mégis érdemes kipróbálni, és egyáltalán nem szabad elkeseredni, ha az első próbálkozás alkalmával nem minden sikerül a terveink szerint. Szükséges néhány alkalom, mire magabiztosan tudjuk alkalmazni ezt a módszert. Kellő gyakorlással egy rendkívül érdekes és hatékony eszköz lesz a tarsolyunkban, amivel még sokszínűbbé tehetjük tevékenységünket.

## PÉLDÁK KISISKOLÁSKORI KUTATÁSALAPÚ FOGLALKOZÁSOKRA

Minden esetben fontos, de kisiskolásoknál kiemelkedő jelentőségű, hogy szemléletesen tegyük (pl. gondolatterképpel, ábrákkal) a kutatás egyes lépéseit a diákok számára. Erre mutat példát a következő foglalkozásterv.

### A NÖVÉNYEK FEJLŐDÉSÉNEK FELTÉTELEI

#### A foglalkozás jellemzői

**Téma:** A növények életfeltételei



40'



kezdő

**A foglalkozás rövid leírása:** A két tényező (fény és víz jelenléte) hatásának vizsgálata a növények csírázására és fejlődésére.

**Fejlesztett készségek, képességek:** kérdésfelvetés, hipotézisalkotás, kísérlet kivitelezése, megfigyelés, adatok rögzítése, adatok elemzése, következtetés

**Fejlesztett tartalmi tudás:** a csírázás és fejlődés környezeti feltételei

**Eszközök, anyagok:**

4 db egyforma virágcserep (kb. 10 cm átmérőjű; vagy 2 dl-es műanyag pohár), virágföld, magok (pl. bab, borsó, retek, búza, napraforgó), 2 db doboz (olyan méretű, hogy ráhúzható legyen a virágcserepre vagy a pohárra)

A foglalkozásterv Beverley (2002) munkája alapján (magyar nyelvű változat: Korom & Nagy, 2016b) készült, a kutatásalapú tanulás lépései (Pedaste et al., 2015) szerint átdolgozva.

#### A foglalkozás menete

##### Ráhangolódás

Az ötletbörze alkalmazásával frontálisan vagy csoportmunkában összegyűjtjük, mit tudnak a gyerekek a növényekről. A felmerült asszociációkat, fogalmakat a „növények” felirat köré írjuk, vagy rajzoltatjuk a gyerekekkel. Megvitatjuk a felmerült ötleteket, melyekhez kapcsolódva (pl. mag, termés, víz, napraforgó) az óra témája felé tereljük a megbeszélést. Ahhoz, hogy eljussunk a megválaszolandó kérdés megfogalmazásához, ösztönözzük a gyerekeket, hogy fogalmazzanak meg a növények fejlődésével, növekedésével kapcsolatban olyan kérdéseket, amelyekre szeretnének választ kapni. A kérdéseket összegyűjtjük (3. ábra).



3 ábra Lehetséges tanulói kérdések

### Koncepcióalkotás

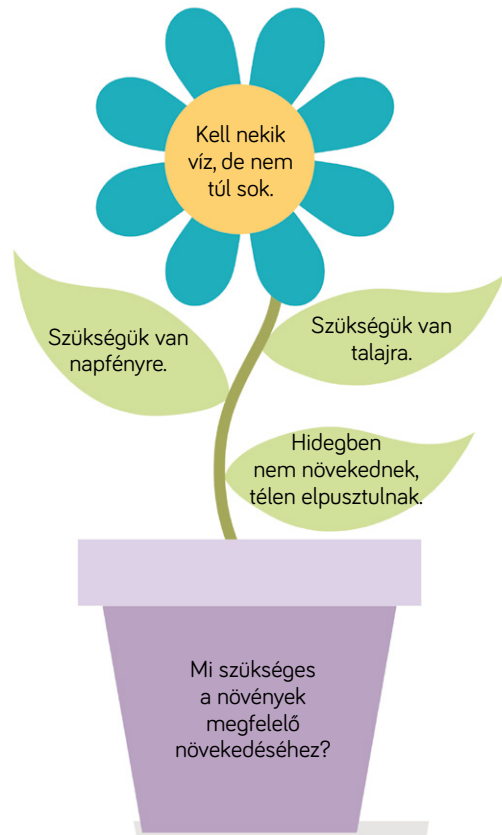
#### **Problémafelvetés, kérdésfelvetés**

A felmerült kérdéseket megvitatjuk, kiválogatjuk, közösen azokat, amelyek a témára vonatkoznak és meg is vizsgálhatók. Ezt követően arra ösztönözük a gyerekeket, hogy fogalmazzanak meg egy kulcskérdést, amelyre szeretnénk megkeresni a választ. A közös megbeszélés után véglegesítjük a kutatási kérdést (pl. Milyen feltételek szükségesek a növények fejlődéséhez?).

#### **Hipotézisalkotás**

Összegyűjtjük a gyerekek feltevéseit (hipotéziseit) a kutatási kérdésre vonatkozóan, amit vizualizálhatunk a témához kapcsolódó rajzzal (4. ábra).

Emeljük ki az ábrán az(oka)t a hipotézis(eke)t, amelyeket ténylegesen meg fogunk vizsgálni (pl. Szükségük van napfényre. Szükségük van vízre.).



4. ábra A kutatás kulcskérdése és a tanulók előrejelzései

## Vizsgálódás

Beszéljük meg a tanulókkal, hogy milyen módszereket alkalmazhatunk kérdésünk megválaszolásához! Felmerülhet, hogy végezzünk vizsgálatot, ültessünk magokat, és vizsgáljuk a növekedésüket különböző feltételek között, vagy olvassuk el a magok tasakján lévő információt, vagy kérjünk tanácsot egy szakembertől.

Ha a vizsgálatot választjuk, a tanulók életkorától, kísérletezési készségeik fejlettségétől függően kell eldöntenünk, hogy mennyi segítséget nyújtunk a vizsgálat tervezéséhez, kivitelezéséhez, a tapasztalatok rögzítéséhez. Kisiskolásoknál még problémát jelent a kísérlet megtervezése a változók azonosítása és kontrollja miatt. Beszéljük meg, hogy mik legyenek azok a tényezők, amiket rögzítünk (állandók), és melyek azok, amelyeket változtatunk (független változók). Állandó lehet a mag fajtája, a talaj és a cserép tulajdonságai, a mag helyzete a földben, az egy cserépbe kerülő magok száma és a környezeti tényezők közül például a hőmérséklet. Változtatjuk a víz és a fény mennyiségét. Ebben az életkori szakaszban kettőnél több tényező hatását ne vizsgáljuk!

A kísérleti elrendezés kialakítása kombinatorikai feladat, az összes lehetséges elrendezést össze kell gyűjteni. Két feltétel esetén négy kísérleti minta szükséges (öntözzük, kap fényt/öntözzük, nem kap fényt, nem öntözzük, kap fényt/nem öntözzük, nem kap fényt).

A kísérleti mintákat számozzuk meg, és feliratozzuk. Biztosítsuk a vizsgálatához szükséges anyagokat, eszközöket, és adjunk útmutatást a magok ültetéséhez, gondozásához. Mondjuk el a tanulóknak, hogy a négy azonos méretű, anyagú cserépbe (vagy műanyag pohárba) ugyanannyi földet tegyenek. Minden cserépbe ugyanolyan mélyre (2-3 cm), egymástól ugyanolyan távolságra ültessenek el 3-3 db magot. Mindegyik cserepet ugyanabban a helyiségben (szobahőmérsékleten) helyezték el. Az 1. cserepet takarják le dobozzal, és ne öntözzék. A 2. cserepet szintén takarják le dobozzal, de a dobozt egy-két percre eltávolítva, naponta öntözzék. A 3. cserep kapjon fényt, de vizet ne, a 4. cserep kapjon fényt, és naponta öntözzék.

A megfigyelésekhez, a tapasztalatok rögzítéséhez is segítség szükséges. Beszéljük meg, mit tudunk megfigyelni, mérni, milyen időközönként célszerű adatokat gyűjteni, és hogyan tudjuk azokat rendszerezve rögzíteni. Segíthet egy megfigyelési napló (5. ábra), amelyet a gyerekek a kezdeti útmutatás alapján önállóan vezethetnek.

A kísérletet a tanulók elvégezhetik egyénileg otthon, vagy csoportmunkában az osztályteremben is. A megfigyelés 15-20 napig tart. Azokban a cserepekben, amelyekben nem hajtott ki a növény, a kísérlet végén kérjük meg a gyerekeket, hogy óvatosan keressék meg a földben a magokat, és vizsgálják meg azok állapotát.





5. ábra A tapasztalatok rögzítésének lehetséges módja

Ezt követően csoportmunkában beszéljék meg a naplóban rögzített tapasztalatokat. A kísérlet várható eredménye, hogy az 1. és a 3. cserépnél nem történik változás, a 2. esetben kicsíráznak a magok, megjelenik a rügyecske, de hajtás nem lesz belőle, míg a 4. cserépben kihajt a növény.

### Következtetés

Minden csoport fogalmazza meg, hogy a kísérlet eredményei alapján milyen választ adnak a kutatási kérdésre.

### Megbeszélés

A csoportok bemutatják eredményeiket. A tapasztalatok összegzését, magyarázatát segítő kérdésekkel irányítjuk, és közösen megfogalmazzuk a következtetést (A magok csírázásához víz szükséges. Ahhoz viszont, hogy a csíranövény növekedni, fejlődni is tudjon, a víz mellett napfény is szükséges). A tanulók ezután kiegészítik az újonnan felfedezett, megfogalmazott ismeretekkel az eredeti gondolattérképüket, és értékelik az elvégzett munkát.

## STRUKTURÁLT FOGLALKOZÁSOK TOVÁBBFEJLESZTÉSE

Kötetünk 3. fejezetében kezdő szintű (elsősorban az 5–7 éves korosztálynak szóló), a 4. fejezetében pedig haladó szintű (főként a 8–10 és a 10–12 éves korosztálynak szánt) foglalkozásterveket ismertetünk, amelyek a kísérletezés, kutatás alapjainak elsajátítását és néhány tudományos fogalom alapozását célozzák. Ezek a kísérletezős foglalkozások strukturált kutatásoknak tekinthetők, a kutatásalapú tanulás

legegyszerűbb típusába sorolhatók. Minden esetben a foglalkozásvezető jelöli ki a témát, határozza meg a vizsgálat tárgyát, a tanulói kísérletek eszközeit, lépéseit, kivitelezésük módját, majd kérdésekkel vezeti, támogatja a tanulókat a tapasztalatok és a következtetések megfogalmazásában.

A foglalkozások egy-egy jelenség megtapasztalását, illetve a tanulók által a hétköznapi napokból ismert jelenség tudományos vizsgálatát helyezik a középpontba, de találunk közöttük olyanokat is, amelyeknél kiemelten hangsúlyos a természettudományos megismerési módszerek alkalmazása. Ilyen például az *Érdes felületek összehasonlítása* című foglalkozás (3. fejezet, K1.), amely végigvezeti a gyerekeket egy kutatáson, hasonlóan ahhoz, ahogyan azt a természettudományos kutatók is teszik. Azt a feladatot tűzi ki, hogy kísérleti vizsgálódás révén keressenek kapcsolatot a különböző felületek érdessége és a mozgást fékező tulajdonságuk között. Ez a foglalkozás bemutatja a gyerekeknek, hogy az összehasonlíthatóság érdekében a három kísérletben ugyanolyan körülményt kell teremteni (ugyanazt a lejtőt, teamécsest használjuk), és csak egy tényezőt, a lejtő alján a felület minőségét változtatjuk. Minden esetben három vizsgálatot, mérést végzünk. Különböző módszereket (érzékszervi vizsgálat, hosszúságmérés) használunk, és a tényezők (felület érdessége és a mozgást fékező hatása) között mennyiségi kapcsolatot keresünk. Természetesen ebben az életkori szakaszban nem használjuk a kutatómódszertani kifejezéseket (pl. függő, független változó vagy állandó, mérés, mérési hiba, átlag), de a konkrét példán keresztül elmagyarázhatunk néhány alapelvet (pl. egyszerre egy tényezőt változtatunk, vagy a mérést többször elvégezzük, és a mért értékeket átlagoljuk), és azt, hogy miért fontos ezek betartása a kísérlet során. A *Vizsgálatok zörgetős feketedobozokkal* című foglalkozás (3. fejezet, K2.) arra mutat példát, hogyan lehet a tapasztalatok, megfigyelések alapján egy modellt létrehozni, a modell alapján előrejelzéseket tenni, és a modell jóságát ellenőrizni. A modellezés jelentőségét a természettudományokban további foglalkozások is érzékeltetik. Például a *Folyadékfelszívás kockacukorral* (3. fejezet, K8.) a hajszálcsövesség jelenségét, a *Kéményhatás bemutatása* (3. fejezet, K16.) a légnemű égéstermékek feláramlását, a *Teafilter röptetése* (3. fejezet, K15.) a levegő sűrűségének hőmérsékletfüggését segít megérteni modellkísérlet révén. Felsőbb évfolyamokon a megbeszélés során érdemes lehet több figyelmet fordítani arra, hogy mi a modell, és milyen kapcsolat van a modell és a valóság között.

A 3. és a 4. fejezetben bemutatott feladatokat ki lehet bővíteni azzal, hogy a kísérletek elvégzése előtt a gyerekeket arra kérjük, fogalmazzák meg előrejelzéseiket, indokolják meg, majd vessék össze azokat a kísérleti eredményekkel. Ezáltal megismerhetjük a tanulók előzetes ismereteit, tapasztalatait, az adott jelenségről kialakított elképzeléseit, és a kísérletet követő beszélgetés során lehetőségünk van az ismeretek formálására, a különböző elképzelések megvitatására a kísérleti bizonyítékok tükrében.

Ha megfelelő jártasságot szereztünk ezeknek a foglalkozásoknak vezetésében – azaz a strukturált kutatás megvalósításában – és van lehetőségünk (kedvünk, erőnk, időnk stb.) ezzel a kérdéskörrel tovább foglalkozni, akkor akár át is alakíthatjuk irányított kutatássá az itt bemutatott foglalkozásterveket. Kezdsnek például az *Érdes felületek összehasonlítása* című foglalkozás (3. fejezet, K1.) esetében a kísérlet megtervezését átadhatjuk a diákoknak, és könnyítésül megadhatjuk a felhasználható eszközöket. Ezután bátran merjünk további ilyen jellegű foglalkozásokat tervezni! Sok szép élményt kívánunk hozzá!

## IRODALOM

- Adey, P., & Csapó, B. (2012). A természettudományos gondolkodás fejlesztése és értékelése. In B. Csapó & G. Szabó (Eds.), *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez* (pp. 17–58). Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó.
- Adorjánhé Farkas, M., Makádi, M., Nagy, L., Radnóti, K., & Wagner, É. (2014). Fogalmi fejlődés és fogalmi váltások a természettudomány tanulása során. In K. Radnóti (Ed.), *A természettudomány tanítása* (pp. 69–408). Szeged: Mozaik Kiadó.
- Beverly, N. (2002). Using the TASC wheel to maximise children's thinking and problemsolving in early years science. In B. Wallace, N. Beverly, M. Carter, L. McClure, & D. Rickarby (Eds.), *Teaching thinking skills across the early years. A practical approach for children aged 4–7* (pp. 140–146). New York: David Fulton Publishers.
- Csikós, Cs. (2007). *Metakogníció. A tudásra vonatkozó tudás pedagógiája*. Budapest: Műszaki Kiadó.
- Dunbar, K., & Fugelsang, J. (2005). Scientific thinking and reasoning. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Eds.), *The Cambridge handbook of thinking and reasoning* (pp. 705–725). Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, Sao Paulo: Cambridge University Press.
- Eshach, H., & M. N. Fried (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of Science Education and Technology*, 14(3), 315–336.
- Gál, Z. (2015). A tudatelmélet életkori változásainak és szerepének áttekintése óvodáskortól fiatal felnőttkorig. *Iskolakultúra*, 25(5–6), 59–73.
- Harlen, W. (2006). *Teaching, learning and assessing science 5–12*. London: Sage.
- Korom, E., & Nagy, L. (2016a). A természettudományos gondolkodás fejlődése és fejlesztése az iskola kezdő szakaszában I. *Tanító*, 54(3), 24–27.
- Korom, E., & Nagy, L. (2016b). A természettudományos gondolkodás fejlődése és fejlesztése az iskola kezdő szakaszában II: A kutatási készségek fejlesztése. *Tanító*, 54(6), 29–32.
- Korom, E. (2002). Az iskolai tudás és a hétköznapi tapasztalat ellentmondásai: természettudományos tévképzetek. In B. Csapó (Ed.), *Az iskolai tudás* (2nd ed. pp. 149–176). Budapest: Osiris Kiadó.
- Korom, E. (2005). *Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás*. Budapest: Műszaki Kiadó.
- Korom, E., & Z. Orosz, G. (2020). A természettudományos nevelés fő kutatási irányzatai. *Magyar Tudomány*, 181(1), 34–46.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96(4), 674–689.
- Kuhn, D. (2011). What is scientific thinking and how does it develop? In U. Goswami (Ed.), *The Wiley-Blackwell handbook of childhood cognitive development* (pp. 497–523). Wiley-Blackwell.
- Kuhn, D., & Pearsall, S. (2000). Developmental origins of scientific thinking. *Journal of Cognition and Development*, 1(1), 113–129.
- Mayer, D., Sodian, B., Koerber, S., & Schwippert, K. (2014): Scientific reasoning in elementary school children: Assessment and relations with cognitive abilities. *Learning and Instruction*, 29, 43–55.

- Morris, B. J., Croker, S., Masnick, A. M., & Zimmerman, C. (2012). The emergence of scientific reasoning. In H. Kloos, B. J. Morris, & J. L. Amaral (Eds.), *Current topics in children's learning and cognition* (pp. 61–82). Rijeka, Croatia: InTech.
- Nagy, L. (1999). A biológiai alapfogalmak fejlődése 6–16 éves korban. *Magyar Pedagógia*, 99(3), 263–288.
- Nagy, L. (2010). A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra*, 20(12), 31–52.
- Nagy, L., Korom, E., Pásztor, A., Veres, G., & B. Németh, M. (2015). A természettudományos gondolkodás online diagnosztikus értékelése. In B. Csapó, E. Korom, & G. Molnár (Eds.), *A természettudományi tudás online diagnosztikus értékelésének tartalmi keretei* (pp. 87–113). Budapest: Oktatókutató és Fejlesztő Intézet.
- Nahalka, I. (2002). *Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben?* Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó.
- Piaget, J. (1970). *Válogatott tanulmányok*. Budapest: Gondolat Kiadó.
- Piekny, J., & Maehler, C. (2012). Scientific reasoning in early and middle childhood: The development of domain-general evidence evaluation, experimentation, and hypothesis generation skills. *British Journal of Developmental Psychology*, 31(2), 153–179.
- Siegler, R. S. (1996). *Emerging minds: The process of change in children's thinking*. New York: Oxford University Press.
- Tóth, Z. (2000). „Bermuda-háromszögek” a kémiában. *Iskolakultúra*, 10(10), 71–76.
- Vigotszkij, L. Sz. (1971). *A magasabb pszichikus funkciók fejlődése*. Budapest: Gondolat Kiadó.
- Walker, M. (2007). *Teaching inquiry-based science*. LaVergne, TN: Lightning Source.
- Z. Orosz, G. (2020). Kutatási készségek fejlesztése a kémiatanítás során. In E. Korom & V. Németh (Eds.), *Gondolkodtató természettudomány-tanítás. Kémia* (pp. 19–32). Szeged: Mozaik Kiadó.
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172–223.
- Zimmerman, C., & Klahr, D. (2018). Development of scientific thinking. In J. Wixted (Ed.), *Stevens Handbook of Experimental Psychology and Cognitive Neuroscience* (4th ed., pp. 223–248). New York: John Wiley & Sons, Inc.