

4.1. A mozgásokkal kapcsolatos tudás fizikai megalapozása a természetismeret tantárgyban

Írta: dr. Radnóti Katalin

Kulcsszavak: mozgás, mozgásállapot-változás, fogalmi váltás, erő, lendület, arisztotelészi mozgáskép, newtoni mozgásszemlélet, sebesség

Előző részben tárgyaltuk a kölcsönhatásokat, amelyek lehetséges következményei közül talán a legegyszerűbben a testek mozgásállapotában bekövetkezett változás észlelhető. Ugyanakkor ez az a terület, ahol a legmakacsabb olyan előzetes tanulói elképzelésekre kell számítani, amelyek nem egyeztethetők össze mai tudományos világképünkkel. Ez indokolja, hogy a mozgással és a mozgásállapot-változásokkal kapcsolatos fogalmi váltás előkészítését minél hamarabb el kell kezdeni, ellenkező esetben a téves tanulói elképzelések annyira megerősödhetnek, hogy szinte lehetetlen lesz azokat később megváltoztatni. Ez a fogalmi váltás az egész fizikatanulás és ezek keresztül a természettudományok elsajátításának alappillére.

4.1.1. Az elérendő fontosabb fogalmi váltások

A mozgáskép

A mozgásfolyamatok értelmezése során a tanulóknak azt a nagyon fontos ténytet megérteniük, hogy a testek nem külső hatásra mozognak, hanem a külső hatás éppen a mozgásállapot megváltozását okozza. Arisztotelész (Kr.e. 384–Kr.e. 322) fizikájában a mozgásnak mindig oka van, ha nincs mozgást fenntartó tényező, akkor a test megáll. A newtoni elvek szerint azonban a mozgás nem szűnik meg spontán módon, inerciarendszerben a magára hagyott testek állnak vagy egyenes vonalú, egyenletes mozgást végeznek. A két szemléletmód alapvetően különbözik egymástól: az arisztotelészi szerint a mozgást mindig valaminek fent kell tartania, a newtoni szerint viszont **a mozgás megváltoztatásához** valamilyen külső hatás kell.

A fizikában a testek közötti kölcsönhatás jellemzésére az erő fogalmát használjuk (konstruáltuk meg), amelynek hatására megváltozik a vizsgált test mozgásállapota, impulzusa (a tömeg és a sebesség szorzata). Egy testre több erő is hathat, többféle kölcsönhatásban is részt vehet. Annál gyorsabban változik a test impulzusa, minél nagyobb eredő erőhatás érte.

A fent leírt szembeállítás azonban nem pusztán művelődéstörténeti vagy fizikatörténeti érdekesség. A mozgásokról a gyerekek jelentős része a fizika tanulása előtt **arisztotelészi módon gondolkodik**. Azonban a tanítás folyamatában ez ennyire nem egyszerűsíthető le, a gyermeki elképzelések némileg eltérnek egymástól. Sőt, sok gyereknél megkezdődik egy newtonihoz hasonló világgép kiépülése már a fizikatanítás elkezdése előtt. Ezért fontos tanári feladat a természetismeret tanítása során ezeknek az azonosítása, és megerősítése is, különben elhalványulnak, esetleg eltűnnek.

Térjünk vissza az arisztotelészi mozgásképre! Sok kisgyerekek könnyen szavakba önti a mozgások okát, vagyis tudatában már határozott tudáselemként fogalmazódnak meg az arisztotelészi mozgáselmélet állításai. Ennek oka minden bizonnyal az, hogy ez az az elmélet – amely a mindennapi világban többnyire jól alkalmazható a jelenségek magyarázatára – sok megerősítést kap a tapasztalatok által anélkül, hogy másik, lehetséges magyarázat is elhangozna. Mire a fizikatanítás a 7. évfolyamon eléri ezt a tudásterületet, a legtöbb tanuló már csak arra képes, hogy olyan tudást hozzon létre, amely elegendő lehet a tudásszint mérésének előkészítéséhez, de nem tudja befolyásolni a mélyebb tudásrendszereket. Ezért olyan fontos már a kisiskolás korban, illetve a természetismeret tantárgy keretein belül ezzel foglalkozni.

Egy vizsgálat során megkérdezték a tanulókat arról, hogy szerintük miért áll meg az elgurított labda. A gyermeki gondolkodásnak ez az eleme, amelyre a newtoni elmélet alap gondolata építhető, azaz a labda mozgásának elemzése során ki lehet emelni a környezet mozgást befolyásoló hatását, a környezettel való kölcsönhatás szerepét. Ezt az oktatási elképzelést az is alátámasztja, hogy erre kérdésre a 6. évfolyamos tanulók közül sokan a newtoni elmülethez közelálló módon válaszoltak az év eleji diagnosztikus felmérésben. Jelentős részük írta le azt, hogy a környezet (a környezettel való kölcsönhatás) fékezi le a mozgó testet (változtatja meg a labda mozgásállapotát). Még nem mondhatjuk, hogy megtaláltuk a newtoni elmélet alapjait a gyermeki gondolkodásban, hiszen az elgurított labda az arisztotelészi elmélet alapján is megállna, annyit azonban mondhatunk, hogy a mozgásokkal kapcsolatos előrejelzésükben valamilyen kölcsönhatás elemzése áll. E kölcsönhatásnak a következetes elemzése elvezethetne az arisztotelészi elmélet állításainak megingatásához azzal, hogy a gyerekeknek a tapasztalat értelmezéséhez felkínál egy másfajta (newtoni alap gondolat) értelmezést. A legtöbb tanulói válasz az „elfogy a mozgásának az ereje” kategóriába sorolható (arisztotelészi kép). Ez azt jelzi, hogy a gyerekek jelentős hányadánál a mozgásokkal kapcsolatos jelenségek előrejelzésénél ténylegesen nem az erő, hanem valójában a lendület mint a mozgásokat leíró, zárt rendszerben megmaradó mennyiség, illetve ennek a fogalomnak valamilyen előképe szolgál magyarázatként. Ezek a tanulók (akik közül igen sokan magát a „lendület” kifejezést is használják a magyarázatukban) a testek között mozgásmennyiségek átadását-átvételét feltételezik a kölcsönhatás során.

A tanulói válaszok háttérében az a fajta kezdetleges impulzus-fogalom állhat, amely a tudománytörténetben *Jean Buridan (1300–1358)* nevéhez köthető, aki az 1300-as években alkotta meg az impetus fogalmát, amely a tömeg és a sebesség szorzatával jellemzett és alapvetően megmaradóként értelmezett mennyiség. Ez a mennyiség vezetett később az impulzus – mai szokásos nevén lendület – fogalom kialakulásához. *Buridan* a következőképp írta le elképzelését: „...mennél nagyobb a sebesség, amellyel a mozgató mozgatja a mozgatottat, annál nagyobb az impetus, amelyet közöl vele. ... Ez az impetus az, amellyel a mozgató mozgatja a követ, ha már a kéz megszűnik mozgatni.” (*Simonyi K. 1978, 126. o.*)

A mozgással kapcsolatos néhány lehetséges tanulói tévképzet

Számos kutatás foglalkozott a mozgásokkal kapcsolatos gyermeki értelmezések feltárásával, amelyek egy része az erővel kapcsolatos gyermeki szemléletet vizsgálta. A kutatások eredményeinek összegzésekként a következőképp foglalhatjuk össze az erővel (s benne tulajdonképpen a mozgással) kapcsolatos sajátos gyermeki elképzeléseket és hibáikat:

- *Ha van mozgás, akkor erőhatás is van (valójában a mozgásállapot megváltoztatásához szükséges az erőhatás), ha nincs mozgás, akkor nincs erőhatás.* – E téves elképzelésben benne van a statikus szituációkban tapasztalható erőhatások kizárása, pedig akkor is nyugalomban lehet egy test, ha erők hatnak rá. Ilyenkor a nyugalom feltétele, hogy az erők eredője nulla legyen. A Földön csak így lehet egy test nyugalomban, hiszen a gravitációs mezőben mindig hat a nehézségi erő, tehát hogy a test nyugalomban legyen (pl. az asztalon), ahhoz legalább még egy erőnek kell hatnia (ez a példánkban az asztal tartó ereje). A Földön tehát nem lehet elképzelni olyan szituációt, amelyben semmilyen erő nem hat a testre.
- *Nem lehetséges mozgás erőhatás nélkül.* – A mozgásállapot megváltoztatásához szükséges erőhatás, egy magára hagyott, minden más test hatásától mentes test egyenes vonalú egyenletes mozgást végez, ha rendelkezik kezdő sebességgel.
- *Ha egy test mozog, akkor a mozgása irányában hat rá erő.* – Egyáltalán nem biztos, hogy az erő a mozgás irányába mutat, gondoljunk egy ferdén elrúgott vagy eldobott labda mozgására, ahol a pálya minden egyes pontjában a Föld felé mutat a testre ható erő, ami nem más, mint a gravitációs erő, vagy a körmozgásra, ahol a kör középpontja felé mutató erő kényszeríti a testet arra, hogy körpályán maradjon, ami azt jelenti, hogy mozgásának iránya a pálya minden pontjában merőleges az erő irányára! Továbbá az egyenes vonalú egyenletes mozgáshoz sem szükséges erő Newton első axiómája szerint.
- *Egy mozgó test megáll, ha elfogy az ereje.* – Ebben az állításban az is hibás, hogy az erőt a test egyik tulajdonságának gondolja, holott az a testek közötti kölcsönhatást írja le. Továbbá a testek megállása mozgásállapot-változás, tehát ahhoz is erő szükséges, gondoljunk az autó lefékezésére.

- *Egy mozgó testnek ereje van, amely belülről mozgásra készíti.* – Az erő nem a test tulajdonsága.
- *A mozgás arányos a ható erővel.* – Az egyenes vonalú egyenletes mozgáshoz nem szükséges erő.
- *Állandó sebességet állandó erő eredményez.* – Nem az állandó sebességhez szükséges állandó erőhatás, hanem az állandó gyorsuláshoz.

A felsorolt elképzelések egyike-másika azzal kapcsolatos, hogy a tanulók közül többen az erőt egyetlen (mozgó) testhez rendelik, s nem a testek közötti kölcsönhatáshoz. Ez az elképzelés közel áll a már említett a fizika történetében is komoly szerepet játszott impetus-elmélethez, s valójában megoldást kínál a problémák elkerülésére. Több kutató javasolja, hogy a gyermeki értelmezést használjuk fel egy következő impulzus fogalom kiépítésére, s az erőt később vezessük be.

A mozgás értelmezésével kapcsolatban a gyermeki elképzelésekben nehezen kap helyet a gyorsulás. A szót sokkal inkább magával a sebességgel asszociálják a gyerekek. A két fogalom elkülönítése természetesen csak a 7. évfolyamon belépő fizika tantárgy feladata, de a fogalmi differenciálást már el kell kezdeni a természetismeret tantárgy tanulása során.

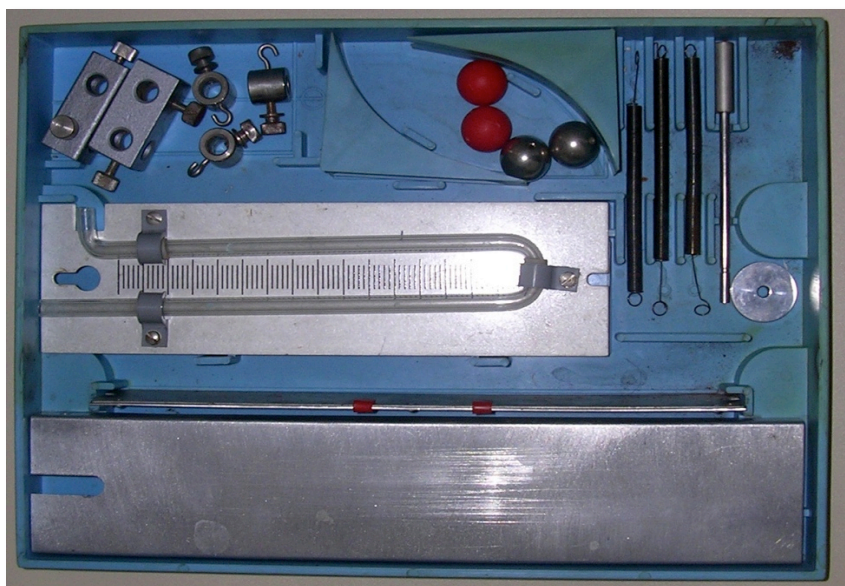
4.1.2. Javaslatok a mozgások témakörének feldolgozásához

A téma feldolgozásához például a következő problémák megbeszélését, elemzését javasoljuk:

- A tanulók figyeljenek meg minél többféle mozgást (emberek, állatok, közlekedési eszközök mozgása, sportok), és foglalják szavakba a testek helyzetváltozását! Figyeljék meg, mikor változik meg a vizsgált test mozgásállapota, miben nyilvánul meg! Kezdjék el kutatni, hogy mi lehet a mozgásállapot megváltozásának az oka!
- Figyeljék meg, hogy a kölcsönhatásnál mindegyik résztvevő megváltozik, például tanulmányozzanak a tanulók mozgásfázisokat állóképeken és képsorozatokon!

Fontos, hogy a tanulóknak tudatosodjon: amikor egy test sebességének nagysága, vagy a mozgás iránya vagy mindkettő megváltozik, akkor **mozgásállapot-változásról** beszélünk. Fontos a mozgás irányának hangsúlyozása! Tudatosuljon továbbá, hogy a nyugalomban lévő testet is úgy tekintjük, mint aminek mozgásállapota változatlan, hiszen amikor elindul, akkor megváltozik a mozgásállapota, mivel növekszik a sebessége.

A tanulók a különböző mozgások megfigyelése mellett végezzenek saját maguk egyszerű vizsgálatokat is, amelyhez használható eszközök találhatóak az általános iskolai **mechanika tanulókiérletti készletben** (4.1. ábra)! Például:



4.1. ábra. Általános iskolai mechanikai tanulókísérleti eszközkészlet
(Radnóti K. felvétele)

Feladat

Gurítsatok egy acélgolyót egy másik, nyugvó acélgolyónak a tálcán! Figyeljétek meg, hogyan változik a golyók mozgásállapota az ütközés következtében!

Tapasztalat, magyarázat

A nyugalomban lévő golyó elindult, növekedett a sebessége, tehát változott a mozgásállapota, az elgurított golyó pedig lelassult az ütközés következtében, esetleg meg is állt, tehát szintén megváltozott a mozgásállapota. Szépen látszik az is, hogy mindkét golyó mozgásállapota megváltozott, kölcsönösen hatottak egymásra. Kölcsönhatás történt, amelynek eredménye a mozgásállapot-változás.

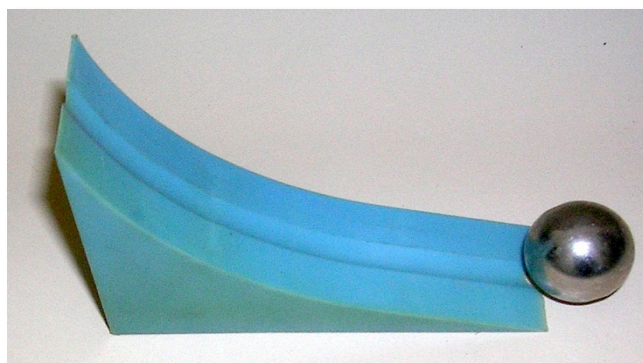
Feladat

Helyezd a gurító tetejére az acélgolyót (4.2. ábra), majd engedd el és figyeld meg a mozgásállapot-változást kétféle helyzetben!

- A golyó érkezen a tálcára!
- Szórj a gurító aljára, a golyó útjának egy részére homokot, és a második esetben a homokos részre érkezen a golyó!
- Hasonlítsd össze a golyó mozgását a két különböző esetben! Az történt, amit vártál?

Tapasztalat

Az első esetben a golyó leérkezése után lassan csökken csak a sebessége; a második esetben viszont a homok miatt sokkal jobban csökken a sebessége, gyorsabban változik meg a mozgásállapota.



4.2. ábra. A gurító (Radnóti K. felvétele)

A következő vizsgálatokban különböző tárgyakat ejtetnek a tanulók.

Feladat

Ejtsd a tálcára a könyvedet különböző magasságokból és figyeld, hogy melyik esetben hallható nagyobb koppanás! Mielőtt elvégzed a kísérletet, fogalmazd meg, hogy milyen eredményt vársz!

- 5 cm magasságból
- 10 cm magasságból
- 20 cm magasságból

Tapasztalat, magyarázat

A gyerekeknek minden bizonnyal az lesz a hipotézise, hogy minél magasabbról ejtik le a könyvet, annál nagyobb koppanást fognak hallani, ami feltehetően valóban egyezni fog a tapasztalatokkal. Fontos, hogy a ténylegesen történt jelenséget elemezzék ki közösen: Miért változott meg elengedéskor a test (könyv) mozgásállapota? Mivel került kölcsönhatásba? Meg kell beszélni, hogy eséskor a test csak a Földdel van kölcsönhatásban (a közegellenállást elhanyagoljuk a mozgások vizsgálata során, ezért is ejtünk kis magasságokból), míg előtte a kezünkkel fogtuk. Tehát akkor két kölcsönhatásban is részt vett, amelyek mintegy kiegyenlítették egymás hatását (a testre ható erők eredője nulla volt). Az esés során folyamatosan nőtt a test sebessége, és minél magasabbról ejtettük le, a földet éréskor annál nagyobb lett a sebessége, amivel a felülethez érkezett. (Vigyázat, nem egyenes arányban nő a sebesség az esési magasság függvényében! Ténylegesen az út négyzetgyökével arányos, az elengedés pillanatától eltelt idő függvényében nő egyenes arányban, de ez itt nem tananyag, csak a 9. évfolyamon. Oda kell figyelni arra, hogy az alapozás időszakában ne alakítson ki a tanár olyan elképzelést a tanulóknak, amit később módosítani kell!) Ott hirtelen nullává vált a sebesség, és az okozta a csattanást. Minél nagyobb sebességváltozás következik be, annál nagyobb csattanást lehet hallani. A vizsgálatot tovább is lehet folytatni, például azzal, hogy hogyan változik például a leeső füzet vagy könyv földet érésekor a csattanás hangja a leeső test tömegének függvényében (lendület, lendületváltozás, erő fogalmak előkészítése).

Lehet vizsgálni az elengedéstől a leérkezésig eltelt időt is különböző tárgyak esése során. Tényleges időmérést nem tudunk, és nem is kell végezni, mivel nagyon gyors a mozgás (a későbbi évfolyamokon digitálisan ez is tananyag), de összehasonlításokat lehet tenni. Például meg lehet nézni, hogy mondjuk 1 méter magasból leejtett műanyag- vagy acélgolyó érkezik-e hamarabb le. Ebben az esetben is érdemes megkérdezni a tanulóktól, hogy mit várnak. Jelentős részük szerint a nehezebb testnek (golyónak) kell hamarabb leesnie. A fejezet elején említett, és a gyermeki mozgásképre sok esetben jellemző, úgynevezett arisztotelészi megfontolások szerint ez tényleg így van, a nehezebb golyóra nagyobb a Föld vonzó hatása (és ez ténylegesen így is van), és a nagyobb hatás gyorsabb esést eredményez.

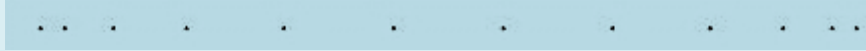
Vizsgáljuk meg ezt a mozgást a newtoni fizika alapján! Írjuk fel a mozgásegyenletet, ami esetünkben a következő egyszerű összefüggés: $m \cdot g = m \cdot a$, (ahol m a test tömege, g a nehézségi gyorsulás, a pedig a test nehézségi erő hatására bekövetkező gyorsulása). Láthatjuk, hogy a tömeggel egyszerűsítenyi lehet, tehát a tömegtől függetlenül, azonos gyorsulással fognak esni a testek (a légellenállást elhanyagoltuk, ezért ejtettünk kis magasságból). Ez pedig azért van így, mert a súlyos és a tehetetlen tömeg egyenlő (Eötvös Loránd mérései és Albert Einstein általános relativitáselmélete szerint). Ez természetesen nem tananyag a természetismeret tanítása során (csupán tanári háttérismeretként írtuk le), de annak a ténynek az elfogadtatása igen, hogy a golyók bizony egyszerre fognak földet érni.

Az érdekes az, hogy – az oktatási tapasztalatok tanúsága szerint – a tanulókat alig lehet vizsgálatok segítségével rávenni elképzeléseik megváltoztatására. Ha jelentősen eltérő tömegű, de azért elég nehéz golyókat ejtünk azonos magasságból, a gyerekek egy része váltig állítja, ők látták, hogy a nehezebb esett le hamarabb. Sőt, több tanárkolléga beszámolója szerint, ha arra kérte tanítványait, hogy csukják be a szemüket, és csak a koppanásokra figyeljenek, akkor is általában kettőt „hallanak”, még akkor is, ha becsapta őket, és csak az egyik golyót ejtette le (nem láthatták, hiszen be kellett csukniuk a szemüket). Fontos leszögezünk, hogy itt nem valamifajta figyelmetlenségről van szó, hanem arról, hogy a gyerekek elgondolásai, előzetes elképzelései, rendkívül stabilisak. Olyannyira erős ezeknek a hatása, hogy még **a tapasztalat módosítására** is rávehetik őket. A meglévő tudás rendkívüli erővel azt sugallja, hogy két koppanást kell hallani. E példa kapcsán rá kell mutatnunk arra a tényre, hogy meg kell változtatni a kísérletezésekkel, megfigyelésekkel, mérésekkel kapcsolatban kialakult elkötelezettségünket. A tapasztalatnak a tanulás nagyon fontos, alapvető jelentőségű részének kell lennie, ugyanakkor a konstruktivista szemlélet alapján azt kell mondjuk, hogy pusztán a tapasztalat nem lehet a megismerési folyamat kiindulópontja, és nem is olyan valami, ami önmagában, kizárólagosan meghatározza a megismerés, a tanulás eredményét! Az előzetes tudásnak meghatározó szerepe van a megismerésben, az új tudás megkonstruálása ennek bázisán történik, nem hagyható figyelmen kívül!

Érdekes lehet a következő két feladat, amelyekben egy mozgás illetve egy ütközés **nyomképének** tanulmányozása történik, és a nyomok sűrűségéből kell következtetni arra, hogy a pályák mely részén történt mozgásállapot változás.

Feladat

Karcsi zacskós tejet vásárolt a boltban. Hazafelé menet a zacskó kilyukadt, és elkezdett csepegni a tej. A következő nyomot hagyta Karcsi a hazafelé menő egyenes úton:



Jelöljétek be, hogy Karcsi mely útszakaszon ment egyre nagyobb sebességgel, hol ment állandó sebességgel és hol lassított!

Beszélgétek meg közösen a gyorsít, a lassít, az állandó sebességgel megy mozgásformákat!

Feladat

Két mozgó korong találkozik, majd ütköznek és tovább folytatják útjukat, ezt láthatod az ábrán. Hol és milyen jellegű mozgásállapot-változás történt a korongok mozgása közben?



Ebben az esetben a sebességvektorok iránya változik, tehát az ütközésben résztvevő testek nyomképeinek elemzésével a sebesség vektor jellegét készítjük elő. E feladatok fontosak a sebesség és a – későbbi évfolyamokon bevezetendő – gyorsulás fogalmának elkülönítéséhez.

Különböző kölcsönhatások mozgásállapot-változtató hatásának leírására célszerű bevezetni az **erő** fogalmát, amelynek előkészítése a természetismeret tantárgy feladata. A fizikában a testre ható erőt annál nagyobbak tekintjük, minél nagyobb tömegű testnek minél gyorsabban változik a sebessége (minél nagyobb a gyorsulása). A köznapi életben azonban az erő szót számtalan más, fizikaitól eltérő összefüggésben is használjuk, mint erős paprika, erős kávé, erős ember, erős fájdalmak stb., célszerű ezeket is összeszedetni a tanulókkal. Fontos annak érzékeltetése is, hogy az erőnek nemcsak *nagysága*, hanem *iránya* is van (a sebességhez hasonlóan), például nem mindegy, hogy egy kinyújtott vagy pedig egy összenyomott rúgó végére van erősítve egy test.

A különböző kölcsönhatások során bekövetkező mozgásállapot-változások elemzése után célszerű arról is beszélgetni a tanulókkal, hogy mit gondolnak, ténylegesen van-e olyan eset, amikor egy test semmivel nincs kölcsönhatásban, mintegy magára van hagyva. Ez egy elképzelt állapot, hiszen ilyen nem lehet létrehozni, pl. akármilyen messzire is kimennénk a Világegyetembe, mindenhol hat a gravitáció, hiszen azt nem lehet leárnyékolni. Ugyanakkor fontos ilyen és hasonló helyzetek elképzélése is a természet tanulmányozása során, ebben az esetben például a mozgásjelenségek megértéséhez.

Az elképzelt kölcsönhatásmentes állapotban, amikor **magára hagyott a test**, ha előtte valamilyen kölcsönhatás során elért valamekkora sebességet, akkor azt megtartja. Nem változik sem a sebességének nagysága, sem iránya. Vagy pedig nyugalomban van. Ez az a

speciális eset, amikor a test sebessége nulla. Ezzel a gondolatmenettel a fizikai tanulmányok alapját jelentő Newton I. axióma (törvény) későbbi tanulását készítjük elő, bár nem könnyű. Ez a paradigmaváltás, amely a tanulási folyamat során a fogalmi váltásnak nevezhető, a tudomány történetében hosszú ideig tartó folyamat volt. Ténylegesen a középkorban kezdődött *Buridan* impetus fogalmának megalkotásával és csak a 17. században fejeződött be *Newton* munkássága nyomán.

Ha a test kölcsönhatásba kerül valamivel, másik testtel vagy mezővel, akkor megváltozik a mozgásállapota: gyorsul, lassul, kanyarodik, elindul, megáll. Speciális esetben a kölcsönhatások mintegy kiegyenlítik egymást, és akkor a test vagy állandó sebességgel mozog vagy áll. Tehát ténylegesen ilyen eset csak több kölcsönhatás eredményeképp jöhet létre. Például ezért fontos az elejtett testek mozgásának tanulmányozása. Ha tartjuk a testet, vagy az asztalon van, akkor két kölcsönhatásban vesz részt. Hat rá a nehézségi erő és az asztal, vagy a kezünk tartóereje. Azonban ha elengedjük, akkor már csak a nehézségi erő hat, és leesik, gyorsul, egyre nagyobb lesz a sebessége. Amikor leérkezik a földre, akkor a padló hatására lefékeződik. Ezzel a gondolatmenettel *Newton* II. axiómáját (törvényét) készítjük elő, amikor pedig a golyók kölcsönös sebességváltozásáról beszélünk, akkor a III. axiómáját.

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Gyűjtsön kifejezéseket, szóösszetételeket, amelyekben előfordul az erő, erős szó! Melyek azok, amelyek értelmezése fizikai alapú?
2. Vizsgáljon meg természetismeret tankönyveket abból a célból, hogy miként dolgozzák fel a mozgások témakört!

Szempontok

- a. Mely vizsgálatokat, kísérleteket ajánlják a mozgás téma feldolgozásához?
 - b. Milyen kérdések segítik a tanulók tanulását?
 - c. Hogyan használja a sebesség fogalmát?
 - d. Tesz-e kísérletet a sebesség és a gyorsulás fogalom elkülönítésére?
 - e. Mennyire derül ki a szövegéből az, hogy külső hatásra nem a mozgás fenntartásához, hanem a mozgásállapot-változásához van szükség?
3. Készítsen foglalkozási terveket a mozgások témakör feldolgozásához a természetismeret tanításában!

4.2. A mozgástípusok rendszertanának értelmezése

Írta: dr. Róka András és Victor András

Kulcsszavak: mozgásállapot, erő, lendület, test, merev test, szinkron mozgás, rendezetlen mozgás, egyszerű és összetett mozgás

4.2.1. Ismeretek és tudásszintek

A természeti környezet ismerete széles körű tájékozottságot, korszerű természettudományos műveltséget kíván, ami magába foglalja a táguló (élő és élettelen) környezet, a folyamatosan fejlődő technika és az azt előállító technológia ismereteit. Azon ismeretek sokaságát, ami a tantárgyakra vagy tudományágakra vonatkoztatva a fizika, a kémia, a biológia-orvostudomány (élővilág), a földrajz (geológia, csillagászat is) és a technika területéhez tartozik. Mivel minden nem történhet egyszerre, ennyiféle dolog csak valamilyen sorrendben ismerhető meg. Ennek egy része a gyermeki fejlődés során történik meg (ismerkedés a világgal). Ez a folyamat azonban spontán, rendszertelen, véletlenszerű, és a tapasztalatok vagy hiedelmek alapján kialakult fogalmak sok esetben nem is felelnek meg a korszerű természettudományos műveltség igényének. Az iskola, ezen belül a tantárgyak feladata, hogy pontosítsa és rendszerbe foglalja ezeket az ismereteket, valamint ahol csak lehet vagy kell, felfedeztesse – vagy feltárja a logikai (ok-okozati) összefüggéseket. Ideális esetben a fogalmak egymásra épülése-építése nyomán **az anyagi világ hierarchiáját tükröző ismeretek hálózatot alkotnak.**

A hálózatépítés elve a természetismeret tanításában-tanulásában

A foglami, és ebből felépülő ismerethálózat kiépítése hosszú évekig tartó folyamat a közoktatásban. Megkezdésére ideális a mozgás témaköre a természetismeretben, hiszen a mozgás központi szerepet tölt be az ismeret- és tananyagrendszerben, mert közvetlenül vagy közvetve szinte minden műveltségi kört érint, térben és időben történik. Amikor pedig már a mozgás okát is keressük, akkor kikerülhetetlenek a kölcsönhatások, valamint a kölcsönhatások során ébredő erők és a munkavégzések során átalakuló energiafajták fel- és megismerése, továbbá a történések leírásához szükséges fogalmak jelenség szintű megalapozása.

E fogalmi építkezésnek kettős **célja** van:

- a gyermeki ismeretek, elképzelések azon részének tudatosítása, bővítése, rendszerezése, amely tudományosan is elfogadható tapasztalatokon nyugszik;
- a gyermeki ismeretek felülbírálásának megkezdése azon fogalmak esetében, amelyek téves tapasztalatokon vagy elképzeléseken nyugszanak, vagyis amelyek esetében fogalmi váltás szükséges.

A gyermekek tapasztalati világából kiinduló, a fokozatosság elvét követő, **a fogalmak lépcsőről lépésre történő egymásra építése** adja a megismerés „gerincét”. Mivel a fizika foglalkozik a legáltalánosabb törvényszerűségekkel, az esetek többségében ez fizikai ismeretek (nem minden esetben ok-okozati összefüggésre fűzött) vezérfonala. A „gerincen” történő továbbhaladást – vagyis minden fogalom bővítését vagy egy új fogalom bevezetését – egy sokoldalú kiterjesztésnek kell megelőznie. A **kiterjesztés** részben a fogalom elmélyítését, alkalmazásának begyakorlását szolgálja, de más (biológiai, technikai, sport, természetföldrajzi, geológiai, csillagászat és űrkutatási stb.) területen. Az asszociáció automatikusan felkínálja a többi terület ismereteinek mozgósítását, felelevenítését, szükség esetén megismertetését. Ezáltal a vezérfonal elemi fogalmai úgy épülnek egymásra, hogy közben általános érvényűekké válnak. Fokozatosan tudatosulhat, hogy ugyanaz a fogalom hasznosítható, érvényes az összes területre. Ebben a fázisban tehát már nem maga a fogalom, hanem a minél szélesebb körű megjelenése, **a fogalom alkalmazhatóságának élménye** válik fontossá. Végül kiderül, hogy a szintek között nemcsak a fizikai fogalmak vezérfonalán lehet „közlekedni”, hanem – a neuronhálózat kialakulásához hasonlóan – a szintek elemei között is lehet kapcsolatot találni vagy építeni. E láncok sokasága pedig hálózatot alkot.

A módszer bemutatása a mozgástípusok rendszerezésére

1. fázis („fizika”, a vezérfonal egy-egy eleme)

A mozgástípus jellemzése, helyes (a későbbiekben használatos) elnevezése a gyermeki tapasztalat, illetve a mindennapi környezet jól ismert példái alapján. A mozgás logikai hátterével (ok-okozati összefüggéseivel) egyelőre nem foglalkozunk.

2. fázis (asszociációk, kiterjesztés a táguló környezetre, a fogalom leágazó szintje)

A mozgástípus felismerése és alkalmazása az egyre táguló környezetben. Ekkor már nem a mozgástípus megismerése a feladat, hanem a más területekkel való kapcsolatba hozás (asszociáció). Ezáltal egyre tágul az alkalmazás tere (kiterjesztés), és kiderül, hogy mennyi helyen jelenik meg ugyanaz a fizikai fogalom, miközben technikai, biológiai, földrajzi vagy csillagászati ismeretek elevenednek fel vagy bővülnek.

4.2.2. A mozgással kapcsolatos fogalmak egymásra építésének egyszempontú szakasza

Mi mozog?

A mozgással kapcsolatban az első felmerülő kérdés az, hogy mi mozog? Lehet az legördülő, esetleg lezuhanó kő, ágról-ágra ugráló mókus, ereszkedő hópehely, a szél szárnyán repülő bóbbita, eső- vagy ködcsepp. Lehet olyan hatalmas, mint a leszakadó és elsodródó jéghegyek, vagy parányi, mint a láthatatlan atomok. Lehet akár bolygó vagy mesterséges hold, de a csillagok együtt mozgása miatt egy testhez hasonló egységként (rendszerként) kezelhetők még a galaxisok is.

Amikor csak az érdekel bennünket, hogy valami honnan hová jutott, mozdult el, akkor a fizika a „valami” helyett testet mond. A **test** – éppúgy, mint a gyümölcs, az autó – általánosított fogalom, ami elvonatkoztatással alakult illetve alakul ki. Az absztrakció nem áll messze a gyermekek világától. A gyermeki képzeletben egy építőkocka éppúgy lehet autó, hajó, mint repülő, de akár mackó is. Az „általános” bármit jelenthet, de fordítva csak egy korosztálytól működik. A konkrét tárgyaktól lassan születik meg az absztrakt kép, fogalom, vagy tudományos igényességgel a modell.

a. Kiindulás: a test mozog

Amikor a test fogalma kialakult, már sejtették, hogy minden anyag parányi részecskékből áll, sőt ezek állandó „belső” mozgásban lehetnek, de a haladó (valahonnan valahová tartó) mozgás szempontjából eltekintettek tőle. Kialakult a leegyszerűsített, legegyszerűbb test, a merev test modellje.

b. Kiterjesztés fizikai példával, a fogalom pontosítása

Mikor mondjuk egy testre, hogy „merev”? Akkor, ha szilárd halmazállapotú; kiterjedése van, elfoglalja más testek elől a teret, vagyis térfogattal rendelkezik; leesik, mert vonzza a Föld (tömege és Föld vonzóereje miatt súlya van); nem fontos, hogy részecskékből épül fel, mert feltételezzük, hogy minden alkotó része ugyanúgy (együtt) mozog, vagyis eltekintünk az alkotó részecskék egymáshoz viszonyított belső mozgásától. **Merev testnek** tekinthető például az építőkocka vagy (kismértékű rugalmassága ellenére) egy LEGO-elem. A merev test nem áll részekből, mint a kerékpár vagy a LEGO-autó, a testet felépítő részecskékkel pedig egyelőre nem foglalkozunk. A templomok óriási harangja merev abban az értelemben, hogy nem változik az alakja, de a részecskék belső mozgása híján (akusztikus rezgés) nem lenne déli harangszó.

c. További kiterjesztés más természettudományi példákkal

Feladatok

1. Nevezünk meg élőlényeket, amelyek rendelkeznek olyan alkotórészsel, ami merev testnek nevezhető!
2. Merevnek tekinthető-e egy élőlény?
3. Van-e különbség egy leeső kő és a zuhanó repülésben lévő sólyom mozgása között?
4. A honnan-hová mozgás szempontjából tekinthető-e az amúgy nem merev testű sólyom merev testnek?

Nem ismerünk – de nem is tudunk elképzelni – olyan élőlényt, amely teljes egészében merev test lenne. Ugyanakkor merev (vagy merevítő) szerkezetek nagyon sok élőlényben találhatóak. Például a táplálék darabolására szolgáló szerkezetek (emlősök fogai, madarak csőre, rovarok kitines rágó szájszervei, teknősök szarukávája stb.) érthetően mind kemények, azaz valamennyire merevek. Hasonlóképpen a test szilárdító váza is értelemszerűen kemény: a tengeri sünn meszes váza, a kagylók mészhéja és a csigák mészháza, a rovarok kitinpáncélja, a gerincesek csontváza mind-mind kemény (merev) valamilyen anyagtól. Éppen ez a merevség teszi a vázat alkalmassá arra, hogy egyrészt védje az állatot, másrészt lehetővé tegye az izmok differenciált mozgását. A honnan-hová mozgás szempontjából érdektelen minden részlet. Ha a kutya sebességét mérjük, akkor nem érdekel bennünket, hogy futás közben „lobog a füle”.

Feladatok

1. Nevezünk meg olyan sporteszközöket, amelyek merev testnek nevezhetők!
2. Nevezünk meg földrajzi képződményeket, amelyek merev testként kezelhetők!
3. Nevezünk meg csillagászati képződményeket, amelyek merev testként kezelhetők!
4. Nevezünk meg űreszközöket, amelyek merev testként kezelhetők!
5. Milyen „testecskékből” épülnek, épülhetnek fel a merev testek?

Fázis	Cél, feladat	Példák
kiindulás	a gyermeki ismeretek mozgósítása	kő, mókus ...
fizika	a fogalom pontosítása vagy kialakítása	test, merev test
technika, közlekedés	kiterjesztés, ismeretek mozgósítása, asszociáció	járművek (az alkatrészek figyelmen kívül hagyásával)
élővilág		meszes váz, kitinpáncél, csontok, fogak
sport		diszkosz, gerely, billiárdgolyó
természetföldrajz		leszakadó jéghegy, úszó jégtábla, kőzetlemez, kőzettömb (szikla), szélkakas
csillagászat		meteoroid, kőzetbolygó, hold
űrkutatás		mesterséges hold, űrtávcső, űrbázis
kémia		atomok és molekulák golyó modellje

4.1. táblázat. A test mozgásának lehetséges példái

A merev test haladó mozgása

A test fogalmának körbejárása után visszatérhetünk a mozgásra, ezen belül is a lehető legegyszerűbb esetre, a legegyszerűbb testek legegyszerűbb mozgására, a merev testek haladó mozgására.

a. A haladó mozgás fizikai pontosítása

Haladás, haladó mozgás: a (merev) testek valahonnan valahová történő, egy irányú, helyváltoztató mozgása, amikor a test nem tér vissza a kiindulási helyére, és a befutott pálya típusa sem fontos. A legegyszerűbb esetben a mozgás okával, irányával és gyorsaságával még nem foglalkozunk, és a merevnek feltételezett test minden része együtt mozog (a kutya sohasem hagyja el a fülét). Ezt a mozgástípust éppen ezért nevezhetnénk „**rendezett**” **mozgásnak**, de inkább a rendezetlenséget szokás kiemelni. Nem figyelünk arra sem, hogy menet közben az autónak forog a kereke.

Feladat

A test legyen a gyermek saját teste! Idézzük fel a helyváltoztató mozgás módjait a gyermek fejlődése során a csecsemőkortól kezdve (fordul, gördül, csúszik, kúszik, mászik, lép, lépeget, tipeg, fut, szalad, rohan). Mi a hasonlóság és mi a különbség e mozgások között?

b. Kiterjesztés – Mi minden mozog? Minden mozog!

A mozgással kapcsolatos mindennapi tapasztalatok jelentős része a technika területére tartozik, ami a mozgás céljával bővíthető (közlekedés, szállítás).

Feladatok

1. Hogyan fejlődött, változott a valahonnan valahová történő mozgás lehetősége az emberiség története során? Technikai példák gyűjtése technika területéről szárazföldön, vízben, levegőben és az űrben.
2. Milyen célt látnak el a járművek?
3. Milyen mozgástípusok különböztethetők meg?

c. További kiterjesztés technikai és biológiai példákkal

Feladat

Keressünk példákat az alábbi feltételeknek megfelelő közlekedési eszközökre!
vezetékhez kötött – pályához kötött – pályához és vezetékhez kötött – kötetlen

A haladó mozgás önmagában egy nagyon egyszerű jelenség. Azonban ha összekapcsoljuk az élőlények **haladó mozgástípusainak** összegyűjtésével, akkor már nem a haladás, hanem a

tájékozottság válik fontossá, vagyis az, hogy hányféle növény és állat hányféleképpen tud helyet változtatni. Ráadásul a mozgás módja még a rendszerezés lehetőségét is felkínálja, mert csoportosíthatók az ugráló, a csúszó, a kúszó, a lépegető, a futó vagy az emberhez hasonlóan a két lábon is járó állatok.

Sok növény terjedését az segíti, hogy a termésén vagy a magján vékony, könnyű repítőszőrök vannak, amelyekbe „belekapaszkodik” a szél, s akár nagyon messzire is viheti a magot. A növény ebben a mozgásban teljesen passzív, a termés (a repítőszőrökkel együtt) akár merev testnek is tekinthető. Ilyen módon terjed pl. a nyárfa („vatta”), a pitypang (bóbita), a bogáncs és az aszat, a selyemkóró, a gyapot (melyet éppen ezen repítő-szőrei miatt termesztenek) stb. Nagyobb magvú növények ilyen módon (szél által) nyilván nem tudnak terjedni, de pl. a víz áramlása révén igen. Pl. a sulyom magja (négyágú és szúrós) úszik a vízen, és akár száz métereket is megtehet a vízzel együtt. A kókuszdió az óceánok vizén úszik, és száz kilométereket is sodródik, mire partot ér valahol.

Az állatok haladó mozgása – ellentétben a fenti, növényekre vonatkozó példákkal – majdnem mindig aktív mozgás. Az egysejtűek esetében valamely sejtszervecske végzi a mozgást. Példaként: a papucsállatka a csillók összerendezett csapkodásával változtatja a helyét (a táplálék felé úszik), az ostorral mozgó lények (bizonyos növények és az állatok hímivarsejtjei, különböző moszatok, egysejtű állatok (Euglena) stb.) egy vagy több ostorukat propellerként használva közlekednek folyadékokban. A soksejtű állatok haladó mozgása nagyon változatos formákat mutat. A lapos és a hengeres férgek bőrizomtömlőjük segítségével szinte kúsznak az aljzaton. A gyűrűsférgék (földigiliszta, orvosi pióca stb.) ritmikusan váltakozó összehúzódással és kinyúlással mozognak. Ez hasonlít a perisztaltikus mozgáshoz, de nem az átmérő változása halad végig a „csövön”, hanem elsődlegesen az adott testrészlet hosszának a változása (amely persze következményként vastagság-változást is jelent). A csigák és a kagylók izmos lábuk apró mozgásaival tolják-húzzák magukat előre az aljzaton. A lábasfejűek (polip, kalmár stb.) a rakéta-elv (vagyis az akció-reakció elv) alapján mozognak: a köpenyüregbe beszívott vizet egy tölcser alakú nyíláson keresztül nyomnak ki nagy sebességgel, így önmaguk az ellenkező irányba úsznak. Az ízeltlábúak részben lábakkal, részben szárnyakkal mozognak. A gerincesek a vízben úszókkal (pl. a halak és a kétélűek lárvái) vagy úszóvá alakult lábakkal (pl. a fókák) úsznak. Egyes halak az úszóhólyag összenyomásával illetve kitágításával süllyednek illetve emelkednek. A hüllők között a kígyók és gyíkok kígyózó mozgással mozognak. Némelyik gyíknak (részben vagy teljesen) el is csökevényesedett a lába. A gerincesek a szárazföldön és a levegőben lábakkal, illetve tollal fedett szárnyakkal (madarak) vagy a mellső láb ujjai között kifeszített kettős bőrrétegű szárnyakkal (denevérek) mozognak.

Feladatok

1. Gyűjtsük össze, hogy hányféle mozgástípus jelenik meg Weöres Sándor: Déli felhők című versében!
2. Gyűjtsük össze a valahonnan valahová történő, egyirányú mozgás példáit a többi természettudományos területen is!

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	a kisgyermek mozgástípusainak fejlődése
fizika	haladó mozgás
technika	utazás, szállítás
élővilág	élőlények és mozgástípusuk párosítása, mozgástípus szerinti rendszerezés
természetföldrajz	jéghegyek, jégtáblák, kőzetlemezek, hordalékszemcsék mozgása
csillagászat	meteoroidok
űrkutató	űreszközök leszálló egységeinek mozgása
kémia	testecske (atom, molekula) mozgása gázfázisban

4.2. táblázat. A haladó mozgás lehetséges példái

Milyen irányba mozog?

Visszatérve a „vezérfonalra” a mozgás részletesebb jellemzéséhez hozzá tartozik a mozgás iránya. Megszoktuk, hogy a testek mindig lefelé esnek. A törvényszerűséget már az ókoriak megfogalmazták, és a mozgás irányának különös jelentőséget tulajdonítottak: „...a föld és a víz részei, mint súlyos testek természettől fogva lefelé mozognak, vagyis a Világmindenség középpontjának irányába...” (Galilei: *Párbeszéd, a geocentrikus világméretet képviselő Simplicio szavai*). A Világmindenség középpontjának pedig a Föld középpontját képzelték, tartották. A hidrogénnel vagy héliummal töltött léggömb, a hőlégballon, a füst, minden meghajtás nélkül éppúgy felfelé száll, mint ahogyan a víz alá (a víz szintje alá) nyomott labda felfelé ugrik ki a vízből. Ezek a mozgásirányok nem változtathatók meg, törvényszerűnek tűnnek. Ebből arra következtethetünk, hogy az irány fontos jellemzője a mozgásnak. Nem mindegy például, hogy az iskolából haza felé megyünk, vagy pedig az ugyanolyan távolságban, de ellentétes irányban lévő játszótérre.

a. A visszatérő haladó mozgás (az ismétlődő, periodikus mozgás bevezetése)

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	visszapattanó labda, a hinta lengése
fizika (tanári háttér)	a mozgás iránya a (pillanatnyi) sebesség irányával egyezik meg
közlekedés	ingázás két végállomás között
élővilág	visszatérő vándormadarak, állatok
természetföldrajz	a tengervíz mozgása tengerjárás során, holdfázisok
csillagászat	üstökösök mozgása
űrkutató	visszatérő egységek, űrsiklók

4.3. táblázat. Visszatérő (periodikus) mozgások példái

A legegyszerűbb eset, amikor a mozgás iránya hirtelen ellentétesre változik, mint például a földről visszapattanó labda esetében (4.3. táblázat). Az ellentétes irányú mozgás lehetőségével a test akár a kiindulási helyére is visszatérhet. Sőt, időről-időre visszatérve oda-vissza mozoghat (**ismétlődő mozgás**). A mozgás iránya a (pillanatnyi) sebesség irányának felel meg.

b. Továbbhaladás: nyomok, nyomolvasás, nyomkövetés és a mozgásirány

„A nyomok – mondta Mackó titokzatosan... Ezek másféle nyomok. Vagy két menyét és egy harmadik, de az is lehet, hogy egy menyét és két ürge, vagy két ürge és egy menyét, de az is lehet, hogy három menyét és semmi ürge ...” (Milne: Micimackó)

A mozgás irányára az indiánok, a vadászok, a felderítők, a nyomozók a hátrahagyott nyomokból következtetnek. Ha a sötétben olyan gyorsan mozgunk egy parázsló pácát, hogy a szemünk már nem képes a pillanatnyi állapotokat követni, akkor a fénypontok folytonos vonallá mosódnak össze. A tűzijáték során szintén olyan gyors a lövedék vagy a repeszek mozgása, hogy a folytonosnak tűnő fényvonal kirajzolja a mozgás változó irányát, ezáltal a mozgás pályáját. A mozgás irányára tehát a befutott pálya alakjából következtethetünk. Képzeletünk sokszor akkor is pályát rendel a mozgáshoz, ha nincs is, nem is keletkezik nyoma. A mozgást az irány figyelembevételével a valós vagy képzelt pálya alakja szerint is jellemezhetjük, csoportosíthatjuk:

- **egyenes vonalú mozgás:** egyenes vonalú a mozgás, ha a mozgás (a sebesség) iránya a mozgás közben állandó marad;
- **nem egyenes (vagy görbe) vonalú mozgás:** nem egyenes vonalúvá válik a mozgás akkor, ha a mozgás (a sebesség) iránya időnként vagy állandóan változik. Már most célszerű megjegyezni, hogy a mozgás iránya csak úgy magától sohasem változik meg, csak valamilyen hatásra. A visszapattanó labda esetében ez a hatás a felszínnel történő ütközés. Amikor már összeérenk, hiába vonzza a labdát a Föld, az ébredő taszítás miatt a labda (az egyik test) sohasem hatolhat a földbe, a másikba. A Föld csak addig vonzza a labdát, amíg össze nem érnek.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	tűzijáték
technika	„kondenzcsík”, chem trail (vegyi csík)
éővilág	állatok nyomai (csigák nyálkás mászási nyoma, féreg- vagy rovarjártok, lábnyomok), csapás a magas fűben és sűrű erdőben
természetföldrajz	folyóvölgy, kiszáradt folyómeder (vádi), homokfodor, kanyon, hordalékkúp, moréna, jégkarc a sziklán, hurrikán és tornádó pusztítása
csillagászat	meteor fénycsíkja („hulló csillag”)
részecskefizika	ködkamra, buborékkamra

4.4. táblázat. Lehetséges példák hátrahagyott mozgásnyomokra

Feladat

A korábban összegyűjtött mozgástípusokat (3.?? táblázat) csoportosítsuk egyenes és nem egyenes vonalú mozgásokra!

4.2.3. A mozgással kapcsolatos fogalmak egymásra építésének többszem- pontú szakasza

Ismétlődő és állandósuló irányváltozás

„Föl-le jár, mivel egy kis szellő hintáztatja az ágot.
Egyszer fönt, egyszer lent. Aztán persze középen is.”
(Csukás István: Pom Pom meséi)

„Föl-földobott kő, földedre hullva,
Kicsi országom, újra meg újra
hazajön a fiad.”
(Ady Endre: A föl-földobott kő)

Eljutottunk ahhoz a nehézségi fokozathoz, hogy már egyszerre több szempontot vehetünk figyelembe: a mozgás irányát és annak ismétlődő változását.

a. Vissza-visszatérés egyenes mentén, rezgőmozgás

Ha a vissza-visszatérés rendszeres (periodikus), akkor a mozgás **rezgőmozgássá** válik. Ha annyira rendszeres, hogy azonos időközönként következik be, akkor a rezgőmozgás harmonikus is. Ilyen típusú rezgések keltik a zenei hangokat. A periodikus mozgás fontos, főleg élőlényekben megjelenő típusa, amikor nemcsak egy irányban (hosszmentén), hanem a tér minden irányban történik a rezgés. Vagyis a térfogat ismétlődő változásával a test lüktet vagy pulzál, mint például a szívünk.

Az élővilágból nagyon sok példa hozható rezgőmozgásokra már a természetismeret tanításának időszakában is. Az izmok összehúzódásának és elernyedésének periodikus váltakozása az alapja a szív működésnek (szívizom), a légzésnek (rekeszizom és bordaközi izmok), az izmok tónusának, azaz feszes tartásának (az izomrostok közül mindig mások húzódnak össze), de az ún. perisztaltikának is, amely az emésztőrendszer teljes hosszában végzi az anyagok továbbítását, illetve a férgek esetében magának az állatnak a helyváltoztató mozgását eredményezi (pl. földigiliszta). A rezgés érzékelése nagyon sok élőlény számára fontos információ a környezetében lévő dolgokról (vagy azok változásáról). A talaj rezgéseit érzékeli a tücsök (ha pl. egy ember léptei közelednek rögtön el is hallgat, nehogy elárulja a pontos helyét). Talajrezgésekkel kommunikálnak pl. a földikutyák (és bizonyos mértékig a vakondok is). Ennél sokkal elterjedtebb azonban az állatvilágban a hangrezgésekkel való kommunikáció. A rovarok között elsősorban a kabócák, valamint az egyenesszárnyúak

(szöcskék, sáskák, tücskök) ismertek hangadásukról. Az egyenesszárnyúak két testrészük (egy láb és egy szárny vagy két szárny) összedörzsölésével keltik a hangot. Ilyenkor az egyik testrészen egy egyenletesen recés felület van, a másikon pedig valami vékony, kemény, de rugalmas – rezgésre alkalmas – lemez. A lemeznek a recés felületen való végighúzása (a rece hosszától függően) csak egy-két másodpercig tarthat, ezért az egyenesszárnyúak ciripelése szakaszos. A kabócák hangképzése más elven alapul, ők egy hajlékony kitinlemez rezgetnek jobbról-balról kapcsolódó izmaikkal ezért az ő pirregésük folyamatos.

A gerincesek közül a kétéltűeknél, a madaraknál és az emlősöknél fontos a hangadás. Mindhárom csoport esetében a gégefőben lévő lemezek vagy szalagok rezgése kelti a hangot, ugyanis a kiáramló levegő hatására – vastagságuktól, rugalmasságuktól, feszségüktől stb. függően – produkálnak különböző magasságú és jellegű hangokat. A békák hangját számos esetben felfújható hanghólyag – mint rezonátor – erősíti fel. A madaraknak két gégefőjük is van, közülük az alsó (a syrinx, amely csak náluk fordul elő) a hangadó szerv.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	labda pattogtatása, rugóra akasztott baba, Pom Pom hintázása az ágon
fizika	húrok, membránok, rezonátorok, testek rezgése (hangszerek)
technika	dugattyú mozgása a motorok hengereiben
élővilág	izmok periodikus működése (összehúzódás-elernyedés), medúzák mozgása, féregmozgás, bél perisztaltikája, a szív és verőerek periodikus mozgása
természetföldrajz	földrengés, tengerrengés

4.5. táblázat. Lehetséges példák rezgőmozgásokra a természet és a technika világából

b. Vissza-visszatérés körív mentén – lengés, ingamozgás

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	hinta, hintaló, hintaszék, tiki-taki
fizika	fonálinga
technika	ingaóra, metronom
élővilág	fák és faágak hajladozása a szélben, majmok lengése az indán
sport	lengés korláton, nyújtón, lovon, lengőteke
természetföldrajz	lengő hullámok a tengerben, a tóban
csillagászat	üstökösök mozgása (parabola mentén)

4.6. táblázat. Lehetséges példák lengőmozgásokra a természet és a technika világából

Mivel a hinta kötele vagy láncja nem nyúlik meg, a felfüggesztéstől mért távolság a mozgás során változatlan, ezért (a kör geometriai definíciója értelmében) a hinta körív mentén mozog. A hintában ülő gyermek, személy nem tud sem leesni, sem más pályán mozogni mindaddig, amíg a felfüggesztés el nem szakad. A kötelék kényszeríti a hintát **körív mentén történő mozgásra** (4.6. táblázat).

c. Visszatérés körpályán, körmozgás

A test úgy is visszakerülhet kiindulási helyére, hogy önmagába záródó pályán mozog. A síkidom mentén történő, ismétlődő (periodikus) mozgás legfontosabb esete a **körmozgás** (körpálya) és a bolygók **keringése** (ellapult körpálya, ellipszis) (4.7. táblázat). Ebben az esetben a mozgás iránya (a sebesség iránya) a mozgás során pontról pontra változik. A körmozgás okát egyelőre nem keressük. Az azonban már most belátható, hogy a labda visszapattanásával szemben egy állandósuló hatás okozza a folyamatos irányváltást. Ezt a hatást kifejezheti kiépített pálya, vagy okozhatja vonzás, mint a Föld körül keringő Hold és műholdak esetében.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	bumeráng, körpályás vasútmodell
fizika	a sebességre merőleges erő hatása
technika, közlekedés	körforgalom, műrepülés mutatvány
élővilág	rovarok körözése a lámpafény irányába, pókok hálókészítése, golyák emelkedése a termikben, japán táncoló egér
természetföldrajz	vízrészecskék mozgása a vízhullámban
csillagászat	bolygók és holdak keringése, bolygó gyűrűrendszer részecskemozgása
űrkutatás	a Földdel együtt mozgó (geostacionárius) műholdak
atommodell	Bohr-modell, körpályák

4.7. táblázat. Lehetséges példák görbe vonalú periodikus mozgásra

d. „Körmozgás” tengely mentén – forgó mozgás, forgás

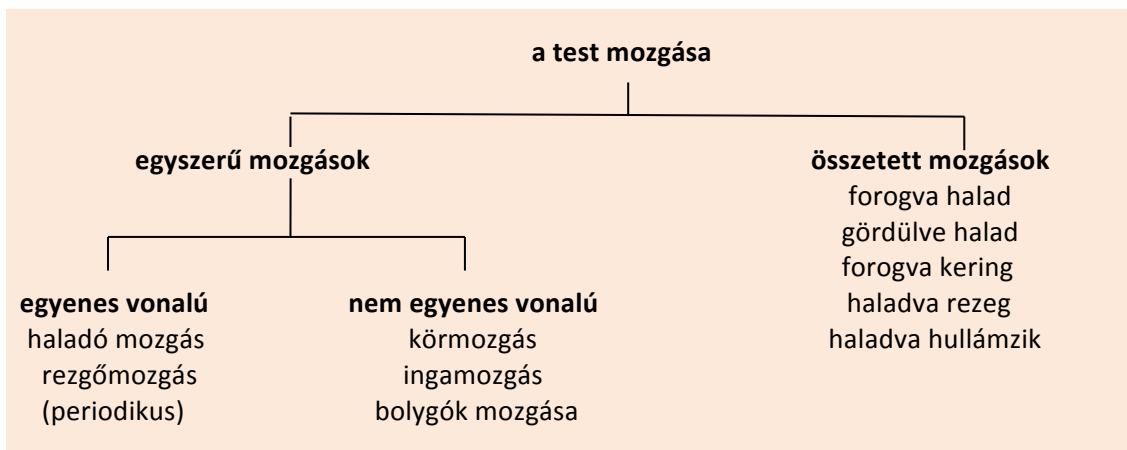
A testek periodikus mozgásának (főleg technikai és csillagászati szempontból) fontos típusa, amikor **a test minden pontja körpályán mozog**. A test kiterjedése miatt azonban a körözés nem egy középpont körül, hanem „középpontok sorozata” mentén történik, ami a test képzelt vagy valós **forgástengelyévé** válik (4.8. táblázat).

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	búgócsiga, papírforgó, lendkerék, körhinta, óriáskerék, tárgy „körözése” a mosdókagyló lefolyója felett
fizika	pörgettyűk
technika	járművek kereke, légcsavarja, hajtócsavarja, szélérőművek légcsavarja
sport	balett, műkorcsolyázás piruett, szaltó, nyújtógyakorlat forgás eleme, diszkoszvetés, kalapácsvetés, akrobatikus tánc (breakdance)
élővilág	muréna (tintahal áldozatból történő kiharapáskor)
természetföldrajz	lég- és vízrészecske az örvényben, ciklonban, tornádóban
csillagászat	bolygók és holdjaik tengely körüli forgása

4.8. táblázat. Lehetséges példák forgómozgásra és forgó testre

A merev test összetett mozgása

A tornagyakorlatok, a cirkuszi mutatványok vagy a kerékpáros, görkorcsolyás, gördeszkás, snowboardos produkciók attól válnak akrobatikusakká, hogy a szereplők (sok gyakorlással) a mozgásukba, a jelenetbe egyszerre több, sőt minél több mozgástípust építenek be. Ez azért valósítható meg, mert az esetek többségében a mozgástípusok függetlenek egymástól. A haladást például cseppet sem zavarja a forgás. Sok növénynek a termése kisebb-nagyobb szárnyakkal (repítő-felületekkel) rendelkezik (pl. a juharfélék, a gyertyán, a bálványfa, a szilfa, a nyírfa), és ezek alakjának köszönhetően a termés esés közben forgó mozgást is végez. Ez persze a növény részéről passzív mozgás, de mégis hasznos, mert így módon lényegesen messzebbre jut el a termés, mint jutna, ha nem lenne szárnya. **Összetett mozgásokra** a természetismeretet tanuló gyerekek is tudnak példákat mondani a mindennapi életük tapasztalataiból (4.3. ábra).



4.3. ábra. A megismert mozgástípusok rendszerezése (Róka A.)

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	lendkerekes autó gurulása, extrém sportok, körtáncok forgó elemei
fizika	lövedékek forogva haladó repülése
technika	járművek rugózása – haladás és rezgés, műrepülő mutatványok
élővilág	„propeller” termések esése, delfinek és repülő halak mozgása, lazacok vándorlása
sport, akrobatika	műugrás, műkorcsolyázás összetett elemei (dupla és tripla axel, leszúrt Rittberger), kalapácsvetés, diszkoszvetés, összetett mutatványok trapézon, akrobatikus tánc
természetföldrajz	a forogva keringő Föld egyik kontinensén egyúttal földrengés terjed tova, hullám kicsap a partra
csillagászat	bolygók mozgása – forgás és keringés, a Naprendszer mozgása galaxisunkban, a Föld mozgása a Naprendszer mozgását is figyelembe véve
űrkutatás	keringő egység mozgása a manőverek során

4.9. táblázat. Példák összetett mozgásokra

a. Továbbhaladás: összetett testek elemeinek összehangolt mozgása

Eddig szándékosan nem vettünk tudomást arról, hogy az autóknak kerekük is van, és az autó úgy halad előre, hogy a kerék közben forog. Csakhogy az autók haladása még ettől is izgalmasabb. Hiszen egymást követik a kérdések: Mi forgatja a kereket? És a tengelyt? Az autó mozgása csak látszat: láthatatlan ugyan, de belül működik a motor. A dugattyúk periodikusan fel-alá járnak a hengerben, hogy forgásba hozzák a főtengelyt, ami fogaskerekeken keresztül forgásba hozza a kerekek tengelyét és a hozzá rögzített kerekeket. A külsőleg észlelhető mozgást összehangolt belső mozgás hozza létre. Amikor lényeges az alkatrészek egymástól nem független mozgása, fel kell adnunk a merev test egyszerű modelljét. Az **összetett testek elemeinek összehangolt mozgása**, azaz a **működés** élménye kárpótolja a megismerés nehézségeit.

A növényvilág tele van olyan mozgásokkal, amelyek nem is nagyon értelmezhetők a fizika „nyelvén”, mert nem tipikus helyváltoztatás a lényegük. Ilyenek például a növekedéssel kapcsolatos mozgások (szaknyelven a tropizmusok). Pl. amikor egy növény szára a különböző növényi hormonok hatására a fény felé növekszik, vagy éppen ellenkezőleg: a gyökere a gravitációs vonzás áttételes hatására lefelé nő. Növekedéses mozgás az is, ami során a kúszónövények hajtásai végén a kacsok rátekerednek a támasztékul szolgáló tárgyra (a másik növény szárára vagy egy karóra). E tekeredéses növekedésben olyan hormonok játszanak szerepet, amelyek a másik tárggyal való érintkezés hatására keletkeznek (vagy éppen bomlanak el). Minden ilyen növényre jellemző, hogy növekedése irányát tekintve jobbra vagy balra kanyarodva tekeredik a karóra. Végső soron még az is növekedéssel kapcsolatos növényi mozgás, hogy egy fatörzs – ahogy évente egy-egy évgyűrűt növeszt – folyamatosan vastagodik.

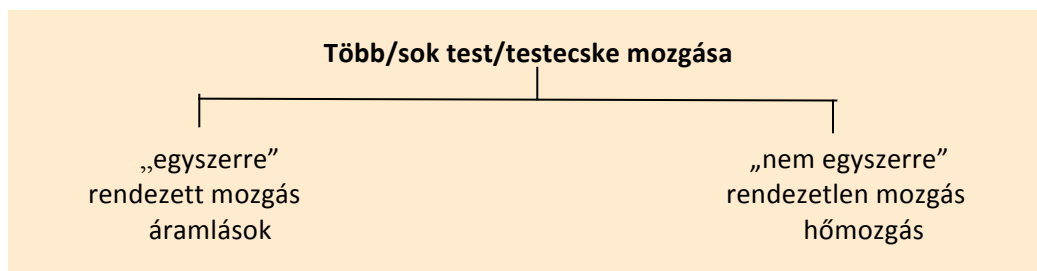
Ilyen „működési mozgások” azok a növényi nem hely-, hanem helyzetváltoztató mozgások is, amelyeknek az az alapja, hogy valamilyen külső hatásra megváltozik a sejtek feszessége, a sejtplazma nyomása (szaknyelven turgornyomása). Ezek az ún. nasztiák. Ilyen pl. bizonyos virágoknak (pl. a tulipán), illetve virágzatoknak (pl. a százszorszép, pitypang) a fény erősségétől függő reggeli kinyílása, esti becsukódása. Az ún. virágórák azon alapulnak, hogy az egyes fajokra jellemző, hogy reggel hány órakor nyílnak ki, és este hánykor zárulnak. Ilyen a mimóza összetett levelének érintésre bekövetkező összecsukódása, vagy a sóskaborbolya (a mahónia és más növények) porzószálainak érintés hatására való behajlása, amellyel rácsapja a virágport a nektárt kereső rovar hátára. Szintén érintésre „működnek” bizonyos „rovarevő” növények. A harmafű ragacsos és emésztőnedvet is tartalmazó nyúlványa az érintési inger (a rászálló rovar) felé hajlik. Az ún. vénusz légycsapója levele pedig a rovar érintésének hatására viszonylag gyorsan összehajlik, és a levél szélén lévő erős nyúlványok az összekulcsolt kéz ujjaihoz hasonlóan elzárják a rovar menekülés útját.

A kiterjesztési területek	Példák
gyermeki tapasztalatok	futás közben, után gyorsabban ver a szívünk
fizika	gördülés, áttétel
technika	a mozgást „átvivő” áttételek: kerékpár lánchajtás turbó meghajtás, sugárhajtóművek, rakéta motor
élővilág, sport	giliszta, hernyó haladó mozgása, a mozgás intenzitásához alkalmazkodó vérkeringésmozgás
természetföldrajz	a mozgás intenzitásához igazodó vízimalmok, szélalmok, szélérőművek működése
fizika-kémia	molekulák összetett mozgása (egymástól nem független forgás, rezgés)

4.10. táblázat. Példák összetett mozgásokra

b. Továbbhaladás: több/sok test mozgása

Egyetlen test lehetséges mozgástípusainak megismerése után térjünk át több, esetleg sok test együtt történő mozgására! A rendszerezés során ekkor is több lehetőség kínálkozik (4.4. ábra).



4.4. ábra. A több test mozgásának típusai

A legegyszerűbb, magától értetődő eset, amikor kötelék van a testek között, mint például a vonatszerelvény mozgatása során. Ennek a sok testecske (részecskék halmazára) vonatkozó megfelelője a merev test illetve általában a szilárd testek, melyekben a kémiai kötések biztosítják a „köteléket”. Ha eltekintünk a részecskék egyébként előforduló önálló mozgás lehetőségétől, akkor ide sorolhatók a folyadékok is, hiszen az összetartó másodlagos kötések következtében a folyadékok részecskéi is együtt mozognak (folyadékok áramlása).

c. Továbbhaladás: több test együtt és ugyanúgy történő mozgása

„Aki nem lép egyszerre, nem kap rétest estére ...” (gyermekdal, mondóka)

Igazán látványos jelenet, jelenség, amikor az egymástól független testek mozognak **együtt** és **ugyanúgy**, vagyis **rendezetten** vagy **rendszeresen** (több/sok test mozgása azonos irányú és nagyságú sebességgel, szinkronmozgás) (4.11. táblázat).

Feladat

- Mi a hasonlóság és mi a különbség a részecskékből felépülő merev test mozgása és a sok test szinkronmozgása között?
- Keressünk példákat a szinkron- és rendszerszerű mozgásokra!

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	katonai díszszemle
fizika	több/sok test mozgása azonos irányú és nagyságú sebességgel
technika	kötélékben történő mozgás, pl. kötélekrepülés
élővilág	madár-, halrajok szinkron mozgása, csorda és ménes vonulása, vágatása, állatok násztánca
sport, akrobatika	szinkron úszás, tánc, csoportos cirkuszi attrakciók
természetföldrajz	havazás szélcsendben, jégeső, légköri por ülepedése
csillagászat	meteoroidraj, bolygók mozgása a Naprendszerben, galaxisok mozgása

4.11. táblázat. Példák szinkron- és rendszerszerű mozgásokra

d. Továbbhaladás: áramlások (transzportfolyamatok)

A **testecskék** (részecskék, atomok, molekulák, mikroszkopikus méretű testek) ugyanúgy mozognak, mint a makroszkopikus testek, csak szabad szemmel nem látszanak. Ezért ezeket a jelenségeket az anyagok, közegek **áramlásaként** ismerjük fel, amiben a részecskék **együtt, rendezetten mozognak**. Az áramlás típusát az aktuális részecske tulajdonsága határozza meg (4.12. táblázat).

Részecskék és mozgásuk típusa	Az áramlás típusa
gázok és folyadékok molekulái haladó mozgás (a nagyobb nyomású hely felől a kisebb nyomású felé)	részecskeáramlás
gázok és folyadékok molekulái; haladó mozgás (a magasabb hőmérsékletű helyről az alacsonyabb hőmérsékletű hely felé)	hőáramlás
víz-molekulák rezgőmozgása térben	hullámozgás
elektromos töltéssel rendelkező részecskék (elektronok, ionok) egyirányú mozgása	elektromos áram, egyenáram
elektromos töltéssel rendelkező részecskék (elektronok, ionok) oda-vissza mozgása, illetve rezgőmozgása	elektromos áram, váltakozó áram
különböző részecskék elkeveredési kényszere; a „több” felől a „kevesebb” felé, a nagyobb koncentrációjú hely felől a kisebb koncentrációjú felé	diffúzió
a vízmolekulák áramlása féligáteresztő hártyán keresztül, a több vizet tartalmazó hely felől a kevesebb felé	ozmózis

4.12. táblázat. A részecskék mozgása és az áramlási típusok kapcsolata

A gázokban a részecskék (a molekulák) teljesen függetlenek egymástól, a levegő mégis áramlásba hozható. Az elektromos töltéssel rendelkező részecskék áramlása hozza létre az elektromos áramot. Áramoltatott anyag az élővilágban gáz, folyadék vagy képlékeny „massza” lehet. Gáz áramoltatására a rovarok légcsőrendszerének (trachea) a működése

lehet példa. Többnyire a potroh izmokkal történő, ritmikus mozgásával nyomkodja ki-be a rovar a légcsövekben lévő levegőt. Ehhez hasonló levegő ki-be áramlás történik a magasabbrendűek tüdejében is. A növények szállítóedény-nyalábjaiban vizes oldatok áramlanak: a gyökérszettől a levelekig a talajból felvett szerves anyagok oldata, lefelé pedig a levelekben elkészített szerves anyagok. Az állatok bélcsatornájában a szájüregtől a végbélnyílásig különböző „sűrűségű” massa áramlik. A fejlettebb állatok testében a vér- és a nyirok-keringés áramlása biztosítja a nyers- és salakanyagok szállítását.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	a csapból kifolyó víz, porszívó, spray, sárkányeregetés szélben
fizika	gázok, folyadékok áramlása nyomáskülönbség hatására
technika	pumpa, kompresszor – festékszóró, turbószivattyú, vákuum szivattyú víz-, kőolaj-, földgázvezeték
sport	vadvízi evezés
élővilág	növények és állatok nedvkeringése, légzés, ingerületvezetés
földrajz	levegő, légkör – szellő, szél, viharos szél, folyóvizek sodrása, áradás, légáramlások, tengeráramlások, magmaáramlás, lávafolyás, lavina
csillagászat, űrkutatás	napszél, elemi részecskék áramlása

4.13. táblázat. Példák az áramlások megjelenésére a természetben

e. Továbbhaladás: utazás

*„Törött kordén utazik És utánuk cifra ház
 Egy kopasztott kánya, Gördül sok keréken ...”
 S haját tépve Bogyóvére, (Weöres Sándor: Déli felhők)
 A király leánya.*

Az együtt mozgásra persze találunk olyan egyszerű példát is, mint a **szállítás**. Elevenítsük fel a teher- és személyszállítás történetét! Az ember kezdetben maga cipelte, majd állatokkal vitette a terhet. Az állatokkal vontatott kocsik korában növekedhetett a teher, mert húzni könnyebb volt, mint cipelni. A motoros vontatás tovább növelte a „lóerőt”. A szállító egység lehet bármilyen típusú teher vagy személyszállításra alkalmas eszköz, jármű, lehet sporteszköz, de lehet állat vagy akár makromolekula is. A lényeg az, hogy **testek szállítanak, mozgatnak testeket**. A szállítás az élővilágban (is) teljesen általános jelenség. A szarvas szállítja (szándéka nélkül persze) a bőrében lévő kullancsot, a fertőzött ember a hajában lévő tetűt vagy a bélcsatornájában lévő baktériumokat. A róka szállítja a szőrébe kapaszkodott „bogáncsot”. A vér a vérésejtekben, az immunanyagokon és tápanyagokon túl pl. az oxigént és a szén-dioxidot. A sejtthártyába beépült speciális fehérjemolekulák úgy szállítják a sejtbe a kívülről érkező molekulát, hogy megkötik azt a külső „végükön”, és ettől úgy változik meg a térszerkezetük, hogy annak következtében a megkötött molekula a fehérje belső „végére” kerül, majd ott leválik a speciális fehérjéről, és folytatja útját a sejt belsejében. Vannak olyan különleges fehérjemolekulák is, amelyek a sejt belsejében szinte végig-lépegetnek egy rost mentén, így juttatják el a szállított kis molekulát a célhelyre. Lényegében az is „szállítás”,

amikor a sejtosztódás meghatározott szakaszában a kromoszómák az osztódóban lévő sejt közepéről – speciális húzófonalak hatására – a két végére vándorolnak.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	csecsemő utazása a babakocsiban
fizika	együtt mozgás
technika	autó, vonat, mozgólépcső, lift szállítja a személyt és az árut
éővilág	méhek rovarok virágpont, állatok élősködőket, madarak zsákmányt és termést, makromolekulák kismolekulákat (a hemoglobin oxigént) szállítanak, jégtablán utazik a jegesmedve, vízben farönkön utaznak állatok
sport	sporteszköz (szánkó, bob stb.) szállítja a sportolót
természetföldrajz	a vízrészecskékkel utazik a (lebegtetett és oldott) hordalék, a gleccserrel a moréna anyaga, a levegő részecskékkel a szennyezőanyag (pl. korom, por)
csillagászat	üstökösön utazik a rajta landolt leszállóegység
úrhajózás	teherúrhajók mozgása

4.14. táblázat. Példák a testek testek általi mozgatására, a szállításra

„Isten tudja, honnan jöttem, / Köd előttem, köd mögöttem.
Szél hozott, szél visz el. / Bolond kérdi, mért visz el.”
(Szabó Lőrinc: Szél hozott, szél visz el)

Az áramló közeg is szállíthat, magával vihet, olykor ragadhat, sodorhat testeket (4.15. táblázat).

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	faleveleket vagy terméseket szállít a szél, papírhajók utaznak a folyón, palackposta
technika	tutaj, pneumatikus szállítás
éővilág	ivarsejtek, pollenek szállítása, madarak emelkedése termikekben, véresejtek ármalása a vérben, a nedvkeringés szállító funkciója
sport	vitórlás, jégvitórlás, szórf, vitórlázó repülők, siklóernyők emelkedése termikben
sportélettan	a terheléshez alkalmazkodó oxigéntranszport
földrajz	földcsuszamlás, hordalékszállítás vízben, jégben, levegőben, árvíz sodrása, szálló por, homok, oldott anyag szállítása

4.15. táblázat. Példák az áramló közeg általi sodródásra

f. Továbbhaladás: több test mozgása, amikor felborul a rend...

Amíg a szinkronmozgás látványos, az **egymástól független, rendszertelen mozgás**, mint például a versenyzés, izgalmas. A Forma-1-es versenyautók csak pillanatokig mozognak együtt, mert minél hamarabb igyekeznek egymást megelőzni. Az első adódó alkalomtól kezdve függetlenné próbálnak válni egymástól, és előbb-utóbb ugyanúgy széthúzódik a mezőny, mint a hosszútávfutás vagy a maratoni futás esetében. Az előzéshez szükséges

irányválttatás során azonban a képzeletbeli pályák keresztezik egymást, ami az ütközés veszélyét rejt magában. Azonban azonos irányban is történhet baleset, ha valaki – figyelmetlenül – gyorsabban próbál haladni, mint az előtte levő. A rendszertelen, **rendezetlen mozgás** biztonságos, ezért szórakoztató a vidámparkok dodzsemében ülni. Ugyanakkor tragikussá válhat, amikor pánik tör ki a tömegben.

g. Kiterjesztés testecskék sokaságára

A gázokban folyamatos a részecskék ütközése, mégsem vezet tragédiához. Egy-egy molekula két ütközés között ugyan haladó mozgást végez, de a sok, eltérítő ütközés miatt lassan jut el egyik helyről a másikra. Ezért erre a mozgásra már nem a haladás a jellemző, hanem a céltalanság, az ütközések által okozott **véletlenszerű irányváltozás**. Az összevisszaság ráadásul annál nagyobb, minél melegebb van, vagyis minél magasabb a hőmérséklet. Ez a mozgástípus azért fontos, mert a hó egyik megjelenési formája.

Feladat

Képzeld el, hogy hogyan változik a részecskék (vízmolekulák) mozgáslehetősége a jég olvadása, majd a víz párolgása, illetve forralása során. Mi történik akkor, amikor a gőz lecsapódik, illetve a víz megfagy?

A **rendezetlen** hőmozgás szilárd halmazállapotban korlátozott, mert a részecskék helyhez kötöttek, ezért csak rezgőmozgást végezhetnek. Ez azonban rendezetlensége miatt nagyon különbözik a részecskék hangot keltő szinkronmozgásától, az akusztikus rezgésektől. Nyáron hiába melegszik fel a harang, attól még nem „kong”. A folyadékokban a részecskék már nem annyira helyhez kötöttek, mert a rezgés mellett el is gördülhetnek egymáson. Ettől azonban még nem áramlik a folyadék. A gázokban a hőmérséklet emelkedésével már összetett mozgás is kialakulhat, amikor a haladás mellett megjelenik a forgás és molekulán belüli rezgés lehetősége is.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	a „porcicák” mozgása a beszűrődő fényben, a víz halmazállapot-változása a hőmérséklet változása hatására
fizika	belső mozgás, véletlenszerű rendezetlen hőmozgás (gázok belső energiája)
technika	a részecskék munkája a belső égésű motorokban
élővilág	élőlények test- (fiziológias-) hőmérséklete, téli álmot alvó állatok hibernációja
sport	futás, edzés során „kimelegszünk”
természetföldrajz	hőmérséklet és változása, hatásai a csapadékok halmazállapotára, a légkör hőmérsékletének változása a magasság függvényében
csillagászat	égitestek hőmérséklete
űrhajózás	az űrséta feltétele

4.16. táblázat. Példák részecskék rendezetlen mozgására

Feladat

Képzeld el a vízrészecskék „sorsát”, amikor a párolgást követően a légkörben felfelé vándorolnak!

A mozgás sebessége

a. Látszat és valóság – mozgás vagy nyugalom?

Már fárasztó ez a mozdulatlanság. Az ablakon kinézve a síkságon messzire látok. Olyan, mintha a Föld fordulna el alattam! Ilyen gyorsan forogna? Hallva a kerekek kattogását tudatosul bennem, hogy csak a vonat száguld. Végre megérkeztem. A vonat áll, mellette állok én is, és sehogy sem érzem, hogy a Föld forog. Pedig még kering is ez a hatalmas űrhajó! (Róka A.)

Mikor még meg sem születünk már együtt forogtunk a Földdel. Annyira beívódott idegrendszerünkbe az együtt mozgás, hogy számunkra ez jelenti a nyugalmat. Ezért logikusnak tűnik, hogy minden a Földhöz képest mozog, vagyis nemcsak ami a felszínen történik, hanem a Nap, a Hold és a csillagok is a Föld körül keringenek. A Föld a nyugalom szigetének és egyúttal – vagy éppen ezért – az egész világ középpontjának tűnik. Ezt a fejlődő gyermek a látszat alapján ugyanúgy gondolja, mint az ókori emberek. A látszat felülbírálnak nem volt egyszerű, mert annyira megbízhatónak tartották érzékszerveinket, hogy nem kételkedtek a tapasztalatok valóságában. Sok ember ma is csak elhiszi vagy megtanulja a valóságot, hiszen ritkán győződhet meg arról, hogy a Föld valóban forog, hacsak nem látta lengés közben a Foucault-ingát. Mert amíg alattunk nem fordul el a Föld, bármilyen magasra is ugrunk, a lengési síkját törvényszerűen megtartó inga egymást keresztező vonalakat rajzol a földre, bizonyítva ezzel a Föld elfordulását. A nyugalom tehát csak illúzió, viszonylagos, mert minden mozog. A mozgás az anyag létezésformája. Az együtt mozgás kelti a nyugalom érzetét.

Feladat

Keressünk példákat a viszonyítás átélésére, amelyek példáját adják annak, hogy nem mindegy mit mihez viszonyítunk!

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	a Nap, a Hold, a csillagok mozgása az égbolton
fizika	viszonyítás, a viszonyítási hely, pont megválasztása
technika	utazás kívülről és belülről nézve
természetföldrajz	a légkör is együtt forog a Földdel
csillagászat	a bolygók (Mars, Vénusz) látszólagos mozgása az égbolton, a bolygók mozgása Naprendszeren kívülről nézve
űrkutatás	GPS – a geostacionárius műholdak és a Föld viszonya

4.17. táblázat. Példák a mozgás viszonylagosságára

b. Továbblépés: lassan vagy gyorsan? – A mozgás-jellemzés kiterjesztése a sebesség fogalmával

Ha a mozgás ennyire alapvető tulajdonság, akkor szükségszerű a minél részletesebb jellemzése. A mozgás iránya után újabb jellemző a gyorsasága. A **gyorsaság** különbözőségéről a mindennapok során a versenyeken keresztül szerzünk tapasztalatot. Amikor a Forma-1 autóverseny vagy a Tour de France kerékpárverseny mezőnye széthúzódik, elől halad a leggyorsabb, üldözik őt a gyorsak, akiket követnek a lassúbbak, végül a lelassúbb. A kiépített sportpályákon mindenkinek ugyanazt a távolságot kell megtennie (futás, úszás, korcsolyázás, technikai sportok). A gyorsabb rövidebb, a lassabb hosszabb idő alatt ér célba. A gyorsaságot ilyenkor a közben eltelt **időtartammal** jellemezzük.

Feladat

Gyűjtsünk példákat a gyorsaságot jellemző időtartamra a sport területéről (pl. úszó- és futószámok)! Gyűjtsünk összehasonlításra alkalmas sebességadatokat a fény, a hang, az állatok és a technika köréből!

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	a gyermekkori járművek gyorsaságának, sebességének összehasonlítása
fizika	az út és az idő hányadosa a mozgás iránya megegyezik a sebesség irányával (vektor mennyiség)
közlekedési eszközök	milyen gyorsan? járművek sebességének összehasonlítása (szárazon, vízen és levegőben)
technikai sportok	ki kit előz meg?
élővilág	ki kit fog meg? állatok sebességének összehasonlítása; zsákmányszerzés, vándorlási sebesség
sport	ki lesz az első?
természetföldrajz	a kőzetlemezek vándorlási sebessége, az úszó jéghegyek sebessége, szélesebbség, az időjárási frontok haladási sebessége, a felhővonulás gyorsasága, a vízáramlási sebesség
csillagászat	meteorok, üstökösök repülési sebessége, bolygók keringési sebessége
űrkutató	űrhajók keringési sebessége, űrszondák sebessége a Naprendszerben

4.18. táblázat. Példák a sebesség megjelenésére

A futóverseny történhetne úgy is, hogy a startpisztollyal kétszer lőnének, indításkor és leállításkor. Ebben az esetben mindenki ugyanannyi ideig futna és más-más távolságra jutna. Ha a mozgás gyorsaságát kiépített pálya nélkül, tetszőleges esetben szeretnénk meghatározni, akkor a távolságot is és az eltelt időt is meg kell mérnünk. Ehhez azonban meg kell állapodnunk, hogy a szükséges adatokat mivel és milyen egységekben mérjük (másodpercben, percben vagy órában, illetve méterben vagy kilométerben). A mért adatok birtokában aránypárral már könnyen kiszámíthatjuk, hogy 1 másodperc, vagy 1 perc, vagy 1

óra alatt mekkora a megtett út. A fizikában ez a mérési utasítással megadott adat válik a mozgás gyorsaságát jellemző sebességgé. A mindennapi tapasztalat transzformációjaként kialakított fogalom talán azért szokatlan, mert mindkét mennyiség határozatlan: valamekkora idő alatt mekkora távolság. A mérési utasításnak megfelelően a **sebességet** a nagysága (amit a mérőszám jelez) és a mértékegysége együttesen jellemzi. A mérés módját, hogy az időt és a távolságot mivel mérjük, célszerűen választjuk meg, ami egyúttal a mértékegységeket is rögzíti. Fontos megemlítenünk, hogy a sebesség iránya határozza meg a mozgás irányát.

c. A sebesség kiterjesztés más mozgástípusokra

A sebesség fogalma jól érzékelteti, hogy hány adattal kell jellemeznünk a mozgást, ha pontosak akarunk lenni. Ezért a továbbiakban nem egyszerűen mozgásról, hanem a mozgás állapotáról, rövidebben **mozgásállapotról** kell beszélnünk (4.19. táblázat).

A sebesség nagysága	A sebesség iránya	Mozgásállapot
állandó	egyenes és állandó	egyenes vonalú egyenletes mozgás
változó (gyorsul, lassul)	egyenes és állandó	egyenes vonalú változó (gyorsuló-lassuló) mozgás
állandó	változó és körpálya	egyenletes körmozgás egyenletes forgó mozgás
változó (gyorsul, lassul)	változó és körpálya	nem egyenletes körmozgás, illetve forgó mozgás
változó (gyorsul, lassul)	körív mentén változó	ingamozgás
változó (gyorsul, lassul)	egyenes mentén változó	rezgőmozgás

4.19. táblázat. A mozgás sokoldalú jellemzése a mozgásállapottal

A kiterjesztés területei	Példák
fizika	levegőben és vízben szabadon eső golyó mozgásának összehasonlítása; az inga lengésének elemzése
technika	gyorsulási versenyek; hány másodperc alatt változik a sebesség 0-ról 100-ra (km/óra értékre); katonai repülőgépek felszállása és leszállása, az anyahajóról illetve az anyahajóra
sport - extrém sport	ejtőernyőzés, „bungee jumping”, sztratoszféraugrás
élővilág	állatok gyorsítási és lassulási technikái
természetföldrajz	áramlási sebesség eltérése sós és édesvízben, hideg és meleg vízben
csillagászat	a bolygók és az üstökösök mozgásának összehasonlítása
űrkutató	leszálló egységek fékezésének technikája, a Rosetta űrszonda gravitációs gyorsítása

4.20. táblázat. Példák a mozgásállapokra

A sebesség szempontjából a legegyszerűbb mozgásnak az **egyenes vonalú, egyenletes mozgás** tűnik, amikor a sebesség nagysága sem változik. Később, amikor a mozgásállapot-változás okával is foglalkozunk, majd kiderül, hogy nem is ez a legegyszerűbb mozgás. Az

esetek többségében azonban nyugalmi állapotból indulunk, és az állandósuló sebességet el kell érni, majd meg is kell állni. Ilyenkor gyorsítunk illetve lassítunk. **Állandó gyorsulással** esik a szabadon eső test. A haladási sebesség állandósulásától kezdve a forgási-keringési sebesség értéke is állandó, csak az iránya változik folyamatosan (egyenletes kör illetve forgómozgás). Gyorsításkor és lassításkor azonban már a sebesség nagysága is változik (gyorsuló – lassuló kör- illetve forgómozgás).

d. Periodikus mozgások sebességének jellemzése

A periodikus mozgások esetében további lehetőség kínálkozik a mozgás sebességének jellemzésére. A megtett út helyett sokszor célszerűbb azt megadni, hogy a test óránként, percenként vagy másodpercenként hányszor tért vissza a kiindulási állapotba. A kör és keringő mozgás esetében ez a fordulatok száma (fordulatszám), lengő- és rezgőmozgás esetében a lengések illetve rezgések száma, vagy a frekvencia.

e. A sebesség fogalmának kiterjesztése

Egyetlen sebességértékkel jellemezhető több test és a részecskesokaság (közeg) mozgása is rendezett mozgás esetében (4.21. táblázat).

A kiterjesztés területei	Példák
fizika	rendezett – szinkronmozgás sebessége (a képzelt vagy valós tömeg-középpont sebessége)
technika, sport	kötélék sebessége
sport	tömeges versenyszámokban a „boly” sebessége
élővilág	állatok vonulási, vándorlási sebessége (sáskajárás, darvak, vadludak, csordák); a vérkeringés áramlási sebessége
földrajz	szélsebesség, stabil légköri képződmények (ciklonok, tornádók) sebessége; vizek áramlási sebessége (sodorvonal)
csillagászat	galaxisok sebessége
űr - űrkutatás	a Napból érkező sugárzások sebessége (fény, protonok, elektronok)

4.21. táblázat. Példák vonulási, vándorlás és áramlási sebességre

f. A sebesség kiterjesztése a folyamatokra, a változásokra

A sebesség fogalma a **folyamatokra, változásokra** is kiterjeszhető, általánosítható. Ilyen esetben nem a ténylegesen megtett út hossza az érdekes, hanem bármilyen más **fizikai mennyiség változása a mért idő alatt** (vagyis az idő függvényében) (4.22. táblázat).

A kiterjesztés területei	Példák
halmazállapot-változás	olvadás – fagyás, párolgás – lecsapódás sebessége
oldódás – kristályosodás	oldódás és kiválás, kristályosodás sebessége
hőmérsékletváltozás	lehűlés, kihűlés – felmelegedés sebessége
nyomásváltozás	hang és lökéshullám terjedési sebessége
elektromos töltés vándorlása	áramerősség
részecskék vándorlási sebessége	diffúziósebesség, ozmózis sebessége
kémiai reakció	reakciósebesség, égési sebesség, erjedési sebesség
táplálkozás	a tápanyagok hasznosulási sebessége
szaporodás	vírusok, baktériumok, gombák szaporodása
fejlődés	egyedfejlődés, fejlődési sebesség
alkalmazkodás	alkalmazkodási sebesség
mérgezés	a mérgező anyag hatásának megjelenése

4.22. táblázat. Példák a folyamatok sebességére

g. Kiterjesztés az összetett mozgásokra – a folyamatok sebessége

A legegyszerűbb eset, amikor az összetett mozgásban megjelenő mozgástípusok függetlenek egymástól. Ilyen esetekben a sebességek is függetlenek egymástól. Az ablaktörő sebessége látszólag független az autó haladási sebességétől. Felhőszakadás esetében azonban az ablaktörő véges sebessége határt szabhat az utazási sebességnek. Az igazi érdekességet azok az esetek jelentik, amikor a mozgástípusok nem függetlenek egymástól, például amikor az autó nem csúszik meg, a kerekek egyetlen fordulata alatt éppen annyi utat tesz meg, mint amekkora a kerék kerülete. A forgási sebesség (a fordulatszám) a gördülés esetében meghatározza a haladási sebességet. A futáshoz, a technikai eszközök működéséhez hasonlóan egyre több oxigénre van szükségünk. Az oxigén bevitelének sebessége a légzés szaporaságával szabályozható. Mivel az oxigént a vér, ezen belül a vörös vértestek hemoglobinja szállítja a testi sejtekhez, az áramlási sebességet a szív alkalmazkodó összehúzódása (frekvenciája) szabályozza.

A kiterjesztés területei	Példák
fizika	a gördülés és a haladás sebességének összefüggése, fogaskerék áttételek, örvények keletkezése, a lamináris áramlás turbulenssé válása
technika	a belső mozgás (dugattyúk fel-le mozgása) és a haladó mozgás sebességének összefüggése
sport	sebességváltás kerékpárok, kalapácsvetés, diszkoszvetés, a forgási sebesség és a repülési sebesség összefüggése
élővilág - élettan	a belső mozgás (keringés és légzés) és a haladó mozgás sebességének összefüggése, a teljesítmény természetes határa
természetföldrajz	ciklonok, tornádók haladási sebessége

4.23. táblázat. Összetett mozgások (egymástól nem független mozgástípusok) sebességének példái

h. Kiterjesztés a mozgásmennyiségre – lendület, impulzus

A mozgásállapot változásakor, illetve változtatásakor az elérendő sebesség mellett fontossá válik a test / részecske "mérete", pontosabban **tömege** is. Az ugyanakkora sebességgel repülő „könnyű” (kis tömegű) és „nehéz” (nagy tömegű) test nem egyenértékű egymással. A pingpong labda becsapódáskor nem üt akkorát, mint egy teniszlabda. A gyorsulási versenyeken igyekeznek az autókat minél „könnyebbre” (kisebb tömegűre) építeni, hogy könnyebben lehessen felgyorsítani. Az adott tömegű test az elért sebességgel együtt további fizikai tulajdonsággal, mozgásmennyiséggel rendelkezik. A **mozgásmennyiség** nagyságáról a mindennapok során az ütközések során szerzünk tapasztalatot (4.24. táblázat). Rendkívül érdekes és tanulságos jelenség az azonos tömegű, rugalmas biliárdgolyók ütközése. A lökessel elindított golyó az egyenes mentén történő (centrális) ütközés során meglöki az álló golyót. A mozgásmennyiség ilyenkor valósággal átköltözik a mozgásban lévő golyóról a nyugalomban lévőre, és a korábban mozgó golyó megáll. A jelenség alapján már most érdemes megjegyezni, hogy a mozgásmennyiség **megmaradó jellegű mennyiség**.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	a labda visszapattanása, pattogtatása, a hinta „hajtása” lendítéssel, biliárdgolyók ütközése, dodzsem ütközések, paintball-golyó ütése
fizika	mozgásmennyiség vagy lendület, impulzus, rövid ideig tartó gyorsítás: lökés, lendítés, ütés, dobás, hajítás, rúgás, lőfegyverek működése
spotágak	súlylökés, gerelyhajítás, tenisz, baseball, squash, golf, kézilabda, labdarúgás,
közlekedés	balesetek (koccanás, súlyos ütközések)
élővilág	medúza, tintahal mozgása, dió feltörése pottyantással, tojás feltörése kődarab ráejtésével
természetföldrajz	széllökés, hullámlökés
csillagászat	kráterek keletkezése égitestek becsapódásával

4.24. táblázat. Példák a mozgásmennyiség változására

Hallgatói kérdések, feladatok

Morfondírozni való kérdések

1. Van-e a világon olyan, ami egyáltalán nem mozog?
2. Vajon miért nincs az állatvilágban kerekkel való mozgás (ha egyszer az a leggazdaságosabb)?
3. Miféle mozgást, változást nevezhetünk fejlődésnek?
4. Létezik-e olyan, hogy fizikai értelemben nincs munkavégzés, pedig biológiailag van? És fordítva?

Javasolt vizsgálatok

1. Földi giliszta mozgásának megfigyelése
2. A kézfej vénáin a vér áramlásának iránya és a billentyűk szerepe

3. Szívószállal ivás egy pohárból úgy, hogy mélyen előrehajolunk (a nyelvcső előre lejt)
4. Virágok és virágzatok kinyílásának és becsukódásának (cirkadián ritmus) megfigyelése
5. Csírázó bab magasságának változása (ábrázolás grafikonon)
6. Másra felfutó növények (bab, aprószulák, szőlő stb.) csavarodási irányának megfigyelése
7. Sósakborbolya vagy mahónia porzószállainak vizsgálata (nasztia kiváltása)
8. Csiga haladási sebességének megállapítása
9. Halak uszonymozgatás nélküli süllyedésének és emelkedésének megfigyelése
10. Szél által terjedő termések megfigyelése, vizsgálata, sebességük mérése
11. Tücskök ciripelésének összehasonlítása pl. hangmagasság, időtartam stb. tekintetében
12. Egyenesszárnyúak ciripelésének modellezése különböző módokon
13. A békák hanghólyagjának (a hang felerősítésének) modellezése

A fejezetben felhasznált és ajánlott irodalom

1. *Berend M. et al (2009–2011):* Biológia I–IV. Műszaki Könyvkiadó
2. *Csákányné – Károlyházy F. (1996):* Fizika 6. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 124 p.
3. *Duclaux, L. T. (1984):* Kemény energia – lágy energia. Fizikai Szemle. XXXIV. évf. 3–4. pp. 117–124.
4. *Driver, R. – Guesne, E. – Tiberghien, A. (szerk., 1985):* Children's Ideas In Science. Open University Press, Milton Keynes, Philadelphia, pp. 193–201.
5. *Erlichné Bogdán K. – Dede M. – Darai J. – Demény A. (2005):* Hely- és időmérés, adatfeldolgozás V-SCOPE és számítógép alkalmazásával. Fizikai Szemle. LV. évf. 6. pp. 213–218.
6. *Henke, A. – Höttecke, D. (2011):* William Gilbert – Elektromos jelenségek elkülönítése mágneses jelenségektől. Iskolakultúra. XXI. évf. 10–11. pp. 98–112.
7. *Jones, A. T. (1983):* Investigation of student understanding of speed, velocity and acceleration. Research in Science Education, 13. pp. 95–104.
8. *Korom E. (2005):* Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 192p.
9. *Nahalka I. – Wagner É. (1996):* Természetismeret. Tanterv 1–6. osztályosok számára. KOMP Iskolamodell, Budapest, 75 p.
10. *Nahalka I. (1997):* Konstruktív pedagógia – egy új paradigma a láthatáron I–III. Iskolakultúra. VII. évf. 2. pp. 21–33.; VII. évf. 3. pp. 22–40.; VII. évf. 4. pp. 21–31.
11. *Nahalka I. – Poór I. – Radnóti K. – Wagner É. (2002):* A fizikatanítás pedagógiája. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 330 p.
12. *Nahalka I. (2002):* Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben? Nemzeti Tankönyvkiadó. Budapest. 143 p.
13. *Simonyi K. (1978):* A fizika kultúrtörténete. Gondolat Kiadó, Budapest, 616 p.
14. *Vogel, H. G-A. (1992):* Biológia. SH Atlasz. Springer-Hungarica, 660 p.
15. *Vosniadou, S. (1994):* Capturing and Modelling the Process of Conceptual Change. Learning and Instruction. 4. pp. 45–69.
16. *Wagner É. (2008):* A gyermeki elképzelésekkel és változásaikkal kapcsolatos ismeretek és alkalmazásuk a konstruktivista szemléletű fizika tanítás során. PhD értekezés. ELTE PPK, Budapest, 141 p.
17. *Zemplén G. (2011):* Mi a haszna a természettudományos tárgyak oktatásában a tudománytörténet és a tudományfilozófia diszciplínáinak? Iskolakultúra. XXI. évf. 10-11. pp. 55–97.