

# **DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

**Tantárgyak határán:  
fizikai magyarázatok, földrajzi és környezettudományi  
ismeretek a középiskolában**

**Gróf Andrea**

**Témavezető: Dr. Tasnádi Péter egyetemi tanár**

**Fizika Doktori Iskola  
Vezető: Dr. Tél Tamás**

**Fizika Tanítása Doktori Program  
Vezető: Dr. Tél Tamás**

**Eötvös Loránd Tudományegyetem  
Természettudományi Kar**

**2018**

## Bevezetés

... sokan általánosságban elismerik ugyan tudományos tanításának szükségességét, de sokallják az időt, melyet a fiatalság reáfordít. Arra hivatkoznak, hogy a XIX. század életere hevesebben lüktet, mint a középkoré, hogy ma nemcsak testünk, hanem szellemünk is gyorsabban mozog bármely irányban, s a kor követelményeként hirdetik azt a tételöket, hogy erre az életre, amely oly gyorsan és nyomatékosan leckéztet, gyorsabban is kell elkészülnünk.

(Eötvös Loránd)

Az idézet Eötvös Lorándnak *Az egyetem feladatáról* című írásából való [A]. Azért szeretem, mert más megvilágításba helyezi azt a folyamatos igyekezetet, hogy alkalmazkodjunk felgyorsult korunk eddig sosem volt kihívásaihoz. Amikor én jártam gimnáziumba, lépten-nyomon azt hallottuk, ezek a gyerekek már nem olyanok, mint régen, ezeknek a gyerekeknek már videó kell, és az tűnt a haladás netovábbjának, ha videolejátszó kerül minden osztályterembe. Ugyanilyen mosolyt fakasztó lesz száz év múlva azt olvasni, hogyan sopánkodtunk felgyorsult világunk kihívásain, és próbáltunk alkalmazkodni a facebook-generációhoz mi, akik a XXI. század elején éltünk.

Kortünetként szokás azonosítani a motiválatlanságot is. Tapasztalataim szerint nem az érdeklődés hiányzik, inkább az a baj, hogy túl gyors ütemben kell a tanultakat befogadni. Ennek pedig nem felgyorsult világunk az okozója, hanem az egyre növekvő tananyag tanítására fordított idő erőteljes visszanyesése. A középiskolásokat az elején még érdekli és vonzza a fizika. Iskolánk tanulói például a nulladik, nyelvi előkészítő év során nem tanulnak fizikát, ezalatt várakozással tekintenek a következő, kilencedik évben elkezdődő tantárgyra. A kilencedik év végére lelohad a lelkesedés, addigra reménytelenül feldúsul a meg nem emésztett ismeretanyag.

Ha a gyerekek a problémát firtató kérdésre azt felelik, túl elméleti a tárgy, nem biztos, hogy maguk jutottak erre a következtetésre. A társadalom önfelmentő, divatos válasza a tantárgyat és annak oktatását hibáztatni, ha nem adja meg magát a korkövetelményként beállított felszíniességnek.

Márpedig elmélyedés nélkül nem várható eredmény, amire pedig rászánjuk az időt, azzal általában fel lehet kelteni az érdeklődést, legyen szó akár szemléltető- vagy mérőkísérletről, akár részletekbe menő magyarázatról vagy egy hosszú levezetésről.

## Célkitűzések

Fizikatanári tevékenységem során mindig törekedtem, hogy tanítványaimban felkeltsem és fenntartsam az elmélyedés és alapos megértés igényét. A mélyebb megértéshez hozzá tartozik a más tantárgyak óráin tanult, de a fizikához kapcsolódó műveltségtartalmak tudatosítása és beillesztése a fizika tantárgy ismeretanyagába.

Jelenleg a középiskolai oktatásban a légkör és a tengerek mechanikai és hőtani folyamatai döntően a földrajz tantárgy keretébe tartoznak. A tapasztalat szerint azonban a földrajz keretében a jelenségek

fizikai háttere nem kap elég hangsúlyt, többnyire nem is fogalmazódik meg pontosan. Ha fizikaórán rákérdezünk, a tanulók visszamondják a földrajzból tanultakat, sokszor még a magyarázatra is emlékeznek, de néhány ellenőrző kérdés után gyorsan kiderül, hogy valójában nem értik. A két tantárgy közötti összhang megteremtése mindkét tárgyat segítené.

Doktori munkámban a földrajz tantárgy egyes fizikai vonatkozásait jártam körül, és annak a lehetőségeit kutattam, hogyan segítheti a fizikaóra a földrajzból tanult ismeretek elmélyítését. Elsősorban a tanórákba beépíthető földrajzi alkalmazásokra törekedtem. Tekintve, hogy a pestszent-lőrinci Karinthy Frigyes Gimnázium tanáraként jellemzően jó képességű, tanulni akaró és a matematikától sem megriadó diákokkal dolgozom, az ő képésüket tartottam szem előtt.

Mivel – különösen a mindennapos testnevelés bevezetése óta – a tanórák szinte mindennap belenyúlnak a délutánba, kevesen járnak szakkörökre. Ezért kerültem, hogy bármilyen új elem feldolgozását kizárólag szakkörre javasoljam, és magam is mindent tanórán próbáltam ki.

### **Kapcsolódási pontok**

A légkör és a tengerek fizikai folyamatait napjainkban intenzív tudományos érdeklődés övezi. A doktori munkámban feldolgozott, földrajzhoz kötődő fizikai jelenségek modern kifejezéssel szólva a környezetfizika tárgykörébe tartoznak. A fenntartható fejlődésnek, az emberiség energiafelhasználásának és a klímaváltozásnak a kérdései a társadalmi érdeklődés homlokterébe kerültek, és erre a közoktatásnak is reagálnia kell. A környezeti rendszerek vizsgálata és elméleti leírása többnyire máig is kutatott területekre vezet (klímaváltozás, hurrikánok, cunamik, északi fény, stb.), gyakran azonban egyes teljességükben nagyon absztrakt elméleteknek (gyorsuló koordinátarendszerek, sugárzási törvények, stb.) az adott tanulói csoporthoz illesztett egyszerűsített tárgyalását kell megtalálni.

Az ELTE fizikatanári doktori iskolájából fokozatot szerzők közül számosan érintették eddig is (amint várhatóan fogják majd a továbbiakban mások is) ezt az igen aktuális témakört. *Baranyai Klára* a tengerekben megfigyelhető hőterjedési folyamatokra alkotott a középiskolai oktatásban alkalmazható kísérleti modellt [B], *Döményné Ságodi Ibolya* a légköri fényjelenségek mellett többek között radarképek felhasználásaival készített diákjaival egyszerű időjárási prognózist [C], legutóbb pedig *Hömöstre Mihály* a Föld fokozatosan összetettebbé váló klímamodelljeinek sorozatát mutatta be [D].

A földrajzban tanultak magyarázatában megkerülhetetlen a Coriolis-erő. A fogalom elméleti fizikai bevezetése és leírása teljesen világos és tiszta, a gyorsuló rendszerek teljes leírása azonban a fogalmi absztrakciók és a felhasznált matematika miatt nem lehetséges a középiskolában. Középiskolai szinten az általam ismert legteljesebb változatokat [E] és [F] tartalmazza. Emellett a különböző életkori sajátosságokkal és előismeretekkel rendelkező, különböző heti óraszámú tanulócsoportok számára sokféle egyszerűsített magyarázat is született és bizonyára születik a későbbiekben is.

Dolgozatomban én is leírok egy eljárást, amelyet a Coriolis erő bevezetésére alkalmaztam és kipróbáltam. Ezen alapul második tézisem. Mivel a Coriolis-jelenség tanítására *Szeidemann Ákos* 2014-ben megvédett disszertációja is bemutatott kísérleti és numerikus szimulációs módszereket [G], fontosnak érzem, hogy saját megközelitésem új, a tanításban korábban alkalmazottaktól eltérő vonásait kiemeljem. Szeidemann Ákos azt állította, hogy az általa kidolgozott mérőkísérlet segítségével – amely az eltérésnek a távolságfüggését, illetve a forgás szögsebességével és a mozgás sebességével való kapcsolatát vizsgálja – „*az eltérítő hatás számszerűen tanítható, mégpedig a Coriolis-erő fogalmának bevezetése nélkül*” [és az így szerzett] „*tudás elegendő számos földrajzban használt jelenség – mint például a ciklonok, a passzátszél, az óceáni áramlások – megértésében*”. A Coriolis-erő bevezetését hangsúlyozottan kerülő, igen kreatív módszer valójában annak a magyarázatnak a számszerűsített változata, ahogyan a földrajztankönyvek az Északi-sarkról induló test speciális esetének példájával maguk is magyarázzák az eltérést. Tanítási tapasztalataim és felméréseim azonban megmutatták, hogy a fenti egyszerűsített magyarázat alapján sok tanuló gondolja úgy, hogy a Coriolis-erő csak észak-déli irányban (is) mozgó testekre hat. Saját munkámban ezért olyan megközelítést kerestem, amely a kilencedik év végén már meglévő matematikai ismeretekre szorítkozva, de kvantitatív módon vezeti be a tehetetlenségi erőket, és általános esetben, a földfelszín bármely pontjában működik.

## TÉZISEK

### **1. A földrajz tantárgy háttérében levő fizikai jelenségek megértését gátló tényezők részletes feltérképezése [1], [3], [4], [6], [7].**

**A mechanikai illetve a hőtani vonatkozásokat feldolgozó feleletválasztós kérdéssorok segítségével megállapítottam, hogy szükség van a kvantitatív megfontolások és feladatok beépítésére az oktatásba olyan témákból, amelyeket hagyományosan csak kvalitatív módon tárgyalnak főként a földrajz-, de néhol a fizikatankönyvek is.**

A kérdéseket a földrajz kerettanterv és a forgalomban levő középiskolai földrajztankönyvek tanulmányozása alapján, a felkínált hamis válaszokat a tankönyvek által megengedett vagy épp sugallt félreértelmezésekre és szaktanári tapasztalataimra alapozva állítottam össze.

Megértési nehézségeket elsősorban a pontos fogalmak hiánya, illetve a fizikai törvények értő ismeretének hiánya okozhat, ennek háttérében pedig igen sok esetben fedezhető fel a mennyiségi megfontolások háttérbe szorulása. Kvantitatív tárgyalás híján nehezen lepleződik le a hibás fizikai szemlélet, a tanuló könnyen hiheti, hogy megértette a jelenséget, hiszen elolvasta és megjegyezte a tudományos nyelvezettel megfogalmazott magyarázatot.

Ez a felismerés határozta meg további kutatómunkám irányvonalát.

## **2. Kiegészítő tananyag a tehetetlenségi erők bevezetésére és alkalmazására földrajzhoz kapcsolódó feladatokban. [6]**

Sok megértési nehézség forrása, hogy a földrajz és a fizika oktatása különböző módon kezeli a vonatkoztatási rendszerek és tehetetlenségi erők kérdését. Ezért kiegészítő tananyagot állítottam össze, amely a kilencedik év végén már meglévő matematikai ismereteken túlmutató eszközök nélkül, de kvantitatív módon vezeti be a tehetetlenségi erőket, és feladatokat tartalmaz a tanultaknak a forgó Földön való alkalmazására. Megmutattam, hogy mindez segíti a földrajzból korábban tanultak összefüggéseibe helyezését és megértését.

A fizikaoktatásban a mozgások leírásakor kiemelt hangsúlyt kap a vonatkoztatási rendszer fogalma, tanítjuk, hogy mi az inerciarendszer, de ellenpélda csak említés szintjén szerepel. A földrajzban ugyanakkor fel sem merül a vonatkoztatási rendszer kérdése, a légkör és a tengerek különféle mozgásainak tárgyalásakor a földrajzkönyvek magától értetődő természetességgel használják a forgó földhöz rögzített vonatkoztatási rendszert. Magyarázataikban hivatkoznak a centrifugális erőre és a Coriolis-erőre, míg ezek a fogalmak a fizikaórán elő sem kerülnek. Amennyiben nem válik világossá, hogy a különbség a vonatkoztatási rendszer megválasztásában rejlik, a tanulóknak esélyük sincs a földrajzórán tanultak megértésére.

A földrajzból tanultak rendezése mellett a tantervi törzsanyagban szereplő dinamikai ismeretek széles skálájára építő kiegészítés alkalmas arra, hogy az év végi összefoglalás közben némi újat is nyújtsunk tanítványainknak.

## **3. Nyomástérképek alkalmazása a mezőfogalom kialakításának elősegítésére, valamint a szélirány és szélesség középiskolai módszerekkel való meghatározására [3], [6], [7]**

A Föld forgásával kapcsolatos jelenségek közé tartoznak a légkör és a tengerek nagy skálájú áramlási folyamatai is. A földrajzkönyvek magyarázatai mögött azonban gyakran hibás fizikai szemlélet rejlik. Megmutattam, hogy a földrajz tananyagában szereplő izobártérképek értelmezéséből kiinduló, és nemcsak a szél irányát, de a sebességét is meghatározó feladatok segítségével kialakítható a helyes szemlélet, az izobár- és izohipszatérképeken való tájékozódás továbbá hatékonyan járul hozzá az absztrakt mezőfogalom kialakulásához is.

A tanulók helyesen tudják földrajzból, hogy a levegő mozgását légnyomáskülönbségek idézik elő, és a légnyomás eloszlása szabja meg a levegőáramlásokat. Mivel a gázok hőtani folyamatai, állapotjelzőik közötti összefüggések fizikából csak tizedikben, a természetföldrajzi tanulmányok után kerülnek sorra, a földrajzból tanultak e témakörben is jelentősen befolyásolják, a tanulók gondolkodásában kialakuló fogalmakat. Ahol helyesek a földrajzkönyvek magyarázatai, ott is

sokszor túl tömörök, a kilencedikben még hiányzó fizikai háttérismeretek nélkül nehezen követhetők. Így a szél tárgyalása is megértési problémákat okoz.

A fizikafakultációs tanulók érdekesnek találták a térképekről leolvasott információ alkalmazásával járó nem szokványos feladatokat. A későbbiekben pedig az elektromos mező ekvipotenciális görbéinek kapcsán felismerték a párhuzamot, és hivatkoztak a korábban tanultakra.

#### **4. Nagyságrendi becslés a dagálypúp méretére, illetve a Föld lapultságának mértékére [2], [3], [5].**

**Biztos matematikai alapokkal rendelkező emelt szintű csoport számára kvantitatív becslést dolgoztam ki, amely bemutatja, hogyan vezet a Hold vonzásának a távolsággal való gyengülése a dagálypúpok létrejöttéhez. A becslés a teljes felületén óceánnal borított bolygó vízfelszínének lejtését számítja ki, ebből következtet a púp nagyságára. A vízfelszín lejtéséből a dagálypúp méretének becsléséhez hasonló gondolatmenettel a forgó Föld lapultságára is becslést alkottam. Kimutattam, hogy a kvantitatív tárgyalás segítségével megváltoztatható a korábbi hibás magyarázat okozta téves szemlélet.**

A földrajzi jelenségek háttérében levő fizikai törvények és érvényességi körük hiányos ismeretének tanulságos példája az árapály-jelenség hibás tárgyalása. A Hold felőli dagálypúpért kivétel nélkül mindegyik földrajzkiadvány szerint a Hold tömegvonzása, míg a túloldali púpért a Föld–Hold rendszer közös tömegközéppontja körüli keringés miatt fellépő centrifugális erő a felelős.

Ez a magyarázat, amellet, hogy a vonzás tényére hivatkozik a távolsággal való csökkenése helyett, azért is hibás, mert a dinamika alapvető összefüggései szerint nem egyik vagy másik erő önmagában, hanem az összes erő eredője határozza meg egy rendszer viselkedését. A centrifugális erő azért sem okozhat önmagában dagálypúpot, mert csak akkor van jelen, ha forgó rendszerben írjuk le a mozgást, holott a következtetés (két púp) nem függhet a vonatkoztatási rendszer megválasztásától. Ha két púpot észlelünk, akkor inerciarendszerben is két púp van.

Az elsőként hallott magyarázat, ha hibás is, olyan mélyen bevésődik, hogy nagyon nehéz fizikaórán helyrehozni. Hiába magyaráztam el korábban a jelenséget (kvalitatív módon) tanítványaimnak, érettségi előtt rákérdezve mégis a földrajzkiadvány szavait kaptam vissza. Heti öt órában fizikát tanuló csoportomban senki sem hivatkozott a gravitációs erő távolsággal való gyengülésére. Bár az árapály-jelenség kvantitatív tárgyalása a hazai oktatási rendszerben egyetemi tananyag (lásd például [H], de fizikatanári szakon nem is kötelezően), e kudarc indított arra, hogy mégis a kvalitatív magyarázatnál mélyebb, a jó képességű középiskolások számára is befogadható mennyiségi tárgyalással kísérletezzem.

Amennyiben nem kívánunk időt szánni a számolások elvégzésére és megemésztésére, ugyanez a gondolatmenet csak részben kvantitatív módon is keresztülvihető, az úgynevezett árkeltő erőt szemléltető vektorábrák segítségével.

## **5. A Golf-áramlat lejtésének becslése [2], [3], [7]**

**A földrajzkönyvek nem említik, noha a diák fantáziáját általában megragadja, hogy a tengeráramlások is a vízfelszín lejtésével járnak együtt. Az áramlat lejtésére adott kétféle becslés segítségével bemutattam, hogy inerciarendszerben is ugyanazt az eredményt kapjuk, mint a forgó Földhöz rögzített rendszerben, ezzel szemléltettem a problémához jól illeszkedő vonatkoztatási rendszer választásának jelentőségét.**

A forgó Földön a légköri áramlásokhoz hasonlóan a tengeráramlások létrejöttében is szerepet játszik a Coriolis-erő. Ezt a földrajztkönyvek is említik, noha részletes magyarázat nélkül. Bár a jelenség szintén egyetemi tananyag (lásd például [1]), ugyancsak elmagyarázható középiskolai ismeretekre építve.

Az árapály-jelenségnek megfelelő vízfelszín-lejtés magyarázathoz matematikailag lényegében ugyanolyan lépésekre van szükség, akár inerciarendszerből, akár forgó vonatkoztatási rendszerből tekintünk a mozgásra. A forgó rendszerben Coriolis-erőt igénylő leírás inerciarendszerbe való átültetése körülményesebb, de mégis tanulságos. Jól szemlélteti ugyanis, hogy bár az eredmény független a vonatkoztatási rendszer megválasztásától, a problémához jól illeszkedő rendszer választása lényegesen megkönnyítheti a leírást.

Inerciarendszerben az áramlat lejtését az asztalon gyorsulva mozgatott kád ismert példájához hasonlóan határozhatjuk meg, ha kiszámítjuk a vízfelszín egy pontjának gyorsulását az inerciarendszerhez képest.

## **6. A hőerőgép-körfolyamatok gyakorlati alkalmazása. Mérések a „szomjas kacsa” hatásfokára vonatkozóan. [4]**

**A szomjas kacsa nevű játékot mint hőerőgépet alkalmazva tanulók által is elvégezhető mérésorozatot dolgoztam ki. A kísérletek kvantitatív módon igazolják, hogy a hatásfok nő a hőmérsékletkülönbséggel. Megmutattam, hogy a mechanika és a hőtan több témakörének szintézisét lehetővé tevő és megkövetelő mérések segítik a telítési gőznyomás–relatív páratartalom–harmatpont fogalomkör megértését is.**

A fizika tantervi követelménye, hogy a tanuló legyen tisztában a hőerőgépek hatásfokának fogalmával és korlátaival. Míg azonban számos jól bevált kísérlet létezik annak a ténynek a

bemutatására, hogy a különböző hőmérsékletű testek közötti hőcsere munkavégzésre használható, a határfok tárgyalása a tankönyvekben és a fizikaórán egyaránt megmarad elméleti szinten.

A levegő nedvességtartalma a fizika és a földrajz tananyagában is megjelenik. A fizika tanterve a relatív páratartalmat befolyásoló tényezőknek, valamint a csapadékképződés okainak csupán kvalitatív ismeretét írja elő, a földrajzé ugyanakkor a levegő nedvességtartalmához és a csapadékképződéshez kapcsolódó számítási feladatokat is megkövetel.

A szomszédos kacska a madár teste és vizet párologtató feje között létrejövő hőmérsékletkülönbség hatására jön mozgásba. Mivel a hőmérsékletkülönbség a levegő páratartalmától és a környezet hőmérsékletétől függ, a különböző hőmérsékletkülönbségek esetén mért teljesítmények összehasonlítása kvantitatív következtetések levonását teszi lehetővé.

Fontosak az olyan feladatok, amelyek az ismeretek szintézisére készítik a diákokat. A mérés és magyarázata alkalmas arra, hogy a hőtan fejezet tárgyalásának végén kapcsolatot teremtsen a hőtanban valamint a mechanikában tanultak (munka, energia, teljesítmény, sőt a közlekedőedények és esetleg az ingamozgás) között.

## **7. Számolásos feladatok alkalmazása a hőmérsékleti sugárzás tanításában. [1], [3], [5].**

**Kimutattam, hogy az energia–teljesítmény–intenzitás fogalomkört övező bizonytalanság és félreértések tisztázását hatékonyan segíti a Stefan–Boltzmann-törvénnyel és a Wien-törvénnyel kiegészített kvantitatív tárgyalás.**

Energia, teljesítmény és intenzitás gyakran hallott és a hétköznapi nyelvben és a tömegtájékoztatásban (sőt, gyakran természettudományos szövegekben) is sokszor pontatlanul vagy rosszul, szinte szinonimaként alkalmazott fogalmak.

A hőmérsékleti sugárzás a fizika-tananyagban kétszer kerül elő: a hőtanban a hőterjedés módjainak egyikeként teljesen kvalitatív módon, majd a modern fizika bevezetésében, amikor a Planck-hipotézis kapcsán elmeséljük, hogy a kvantitatív leírás okozta a nehézségeket. A tanulóknak sokszor nem is nyilvánvaló, hogy ugyanarról a jelenségről van szó. Gyakori az a tévképzet is, hogy a „hősugárzás” csak infravörös lehet. A földrajzban is megjelenik a besugárzás illetve kisugárzás fogalma, valójában magyarázat nélkül. A csillagok energiatermelése is mindkét tárgy tananyagában szerepel, mégpedig a földrajzban (és az „A” jelű fizika-kerettantervben) mindennemű atom- és magfizikai ismeretet megelőzve.

Iskolánkban a hazai rendszerű oktatás mellett folyik a Nemzetközi Érettségi vizsgára való felkészítés is. Ennek tananyagában hagyományosan szerepelnek a feketetest-sugárzás törvényei: a



Stefan–Boltzmann törvény és a Wien-féle eltolódási törvény, illetve az intenzitásnak a távolságnégyzettel fordítottan arányos csökkenése.

A hozzájuk kapcsolódó számolások asztrofizika- (és egyéb, az energia témaköréhez kapcsolódó) feladatok megértéséhez és megoldásához a fogalmak pontos ismeretére van szükség. Iskolánkban, (és a Nemzetközi Érettségi vizsgáztatójaként szerzett tapasztalataim szerint világszerte) a tanulók rendre jól teljesítenek az erre az anyagrészre épülő vizsgafeladatok megoldása során.

Ilyen feladatok könnyen beépíthetők a hazai oktatásba is, hiszen a csillagászat általában érdekli a tanulókat, és a két törvény kimondásán kívül minden előismeret szerepel a tananyagban.

### **8. A tudástranszfer elősegítése olyan fizikafeladatok segítségével, amelyek tantárgyi együttműködés keretében matematikaórán is feldolgozhatók [1].**

**Megmutattam, hogy a csillagok luminozitásával, látszólagos és abszolút magnitúdójával, illetve a hangintenzitást leíró decibel-skálával kapcsolatos feladatok sikeresen alkalmazhatók matematikaórán a teljesítmény és intenzitás fogalmának tudatosítására.**

A természettudományokban, így a földrajzban és a fizikában is megjelenő logaritmikus skálák felhasználása a két tantárgy mellett még tágabb teret enged a tantárgyi együttműködésnek. Matematikából is szükség van gyakorlati jellegű feladatokra. A logaritmus fogalmának mélyebb megértését segítő feladatsorokat állítottam össze ilyen skálák alkalmazására. Mivel a magnitúdó-fogalomhoz sem a fúziós folyamatokat, sem a hullámterjedés mikéntjét nem kell érteni, az energia, teljesítmény és intenzitás fogalmán túl nem igényelnek kiterjedt előismereteket. E feladatokkal sikerült felkeltenem a tanulók érdeklődését, eredményesen alkalmaztam őket matematika-fakultációs órákon.

#### **Az eredmények hasznosítása**

Mivel kutató tevékenységem teljes egészében a környezetfizika oktatási területére esik, remélhetően hozzájárul ahhoz, hogy az előttem haladók munkájával és a várható további eredményekkel együtt a jövőben megvalósuljon a környezetfizikai tartalmaknak a középiskolai fizikaoktatásba való beépítése.

Az itt bemutatott kvantitatív megfontolások alkalmasak lehetnek a leendő földrajz szakos tanárok látókörének bővítésére is. Segíthetnek megszilárdítani az elméleti alapokat és kialakítani a szakszerű megfogalmazások igényét. Csakis dicséret illeti ugyanis azt a földrajzos kollégát, akiben a földrajzkönyvben leírtak alapján kifogástalan logikával következtetve az a kérdés merült fel, vajon miért is nem tapasztal árapályt a levesestányérjában. Pontosabb fogalomrendszer és fizikai háttérismeretek birtokában ezt a kérdést meg tudta volna válaszolni.

### A tézisek alapjául szolgáló publikációk

1. Gróf A.: Asztrofizika feladatok a Nemzetközi Érettségiben, in: *Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan*, konferenciakiadvány, szerk.: Tasnádi Péter, ELTE Természettudományi Oktatásmódszertani Centrum, Budapest, pp348–353, 2011.
2. A. Gróf: Integrating Aspects of Geography in Physics Teaching, *Physics Competitions* Vol. 15, No 2, pp49–58, 2012.
3. Gróf A.: Földrajz a fizikaórán, in: *A fizika, matematika és művészet találkozása az oktatásban, kutatásban*, konferenciakiadvány szerk.: Juhász András és Tél Tamás, ELTE TTK, pp247–252, 2013.
4. A. Gróf: The Drinking Bird Engine, in: *Active learning – in a changing world of new technologies* ICPE-EPEC Conference Proceedings, szerk.: Leoš Dvořák és Věra Koudelková, Prága, pp702–710, 2013.
5. Gróf A.: Gyakorlatias fizika, avagy: „A nagy teljesítmény titka: gyorsan és sokat.”, *Fizikai Szemle* 2014/4, pp131–135, 2014.
6. A. Gróf: Carousels to Coriolis, or how physics supports understanding geography, in: *TPI-15 Conference Proceedings*, szerk.: Király Andrea és Tél Tamás, Budapest, pp119–124, 2016.
7. Gróf A.: Honnan fúj a szél, avagy okosabb-e egy ötödikes, mint Sylvester Stallone?, *Fizikai Szemle* 2017/3, pp. 89-93, 2017.

### Irodalom

- A. Eötvös Loránd: Az egyetem feladatáról, *Természettudományi Közlöny*, 23/266, pp 505–514, 1891
- B. Baranyai Klára: Nem-hagyományos értelemben vett modern fizika a középiskolában, Doktori értekezés, ELTE TTK 2015.
- C. Döményné Ságodi Ibolya: A légkörfizika és a csillagászat elemeinek felhasználása a fizika középszintű oktatásában, Doktori értekezés, ELTE TTK 2015.
- D. Hömöstrei Mihály Modellek a fizikaoktatásban, Doktori értekezés, ELTE TTK 2017
- E. Tasnádi Péter, Főzy István, Juhász András: A mozgások leírása gyorsuló koordinátarendszerben: Fakultatív tankönyv a gimnáziumok III. osztálya számára, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984
- F. Párkányi László: Fizika a gimnáziumok szakosított tantervű III. osztálya számára (II. kötet), Tankönyvkiadó, Budapest, 1968
- G. Szeidemann Ákos: Környezetfizika – egy sokoldalú lehetőség a középiskolai fizikaoktatásban, Doktori értekezés, ELTE TTK 2014.
- H. Stewart, Robert H.: *Introduction to Physical Oceanography*, pp300–304, Texas A&M University, College Station, Texas, 2008
- I. Colling, Angela és az Open University Course Team: *Ocean Circulation*, p48, Butterworth–Heinemann, Oxford, 2001