

**Környezetfizika – egy sokoldalú lehetőség  
a középiskolai fizikaoktatásban**

*Doktori tézisek*

**ELTE TTK**

2014.

*Szeidemann Ákos*

## Bevezetés

*„Az iskola dolga, hogy megtaníttassa velünk,  
hogyan kell tanulni, hogy felkeltse a tudás iránti étvágyunkat,  
hogy megtanítsa bennünket a jól végzett munka öröme és az alkotás izgalmára,  
hogy megtanítsa szeretni amit csinálunk és hogy segítsen megtalálni azt, amit szeretünk csinálni.”  
(Szentgyörgyi A.)*

A jelenlegi fizikaoktatással (és általában a természettudományok oktatásával) tartalmi és módszertani szempontból is problémák vannak Magyarországon. A folyamatos fejlesztések, a didaktikai megújulás ellenére a tananyag és a tanítási módszerek sem kellően modernek ahhoz, hogy az adott csoport kellő hatékonysággal elérje a kitűzött célt: legyen az akár az általános tájékozottság a környezet jelenségeinek megértésében, akár a természettörvények mélyebb megértésének szintje. A helyzet javulását nehezíti az is, hogy a természettudományi tárgyakat is megalapozó matematikai ismeretek megszerzésére a diákok nem kapnak elegendő időt. Sajnos az érettségien sem kellőképpen hangsúlyozottak a természettudományok, ezért a tanulók azt hihetik, hogy ezekre az ismeretekre nincsen szükség. A diákok nem motiváltak, pedig a céltudatosabbak nagy részének továbbtanulási terveik között a természettudományoknak és a műszaki tudományoknak kellene szerepelnie a munkaerőpiaci lehetőségek figyelembe vételével. Sok diák a fizika tárgyát túl elméletinek, a hétköznapi életben használhatatlannak tartja. „Miért kell ezt tanulni?” Gyakran találkozhatunk hasonló kérdésekkel akár egy témakör, akár a teljes fizika tananyagával kapcsolatban. Éppen ezért is fontos, hogy az elméleti megfontolásokon túl a gyakorló tanárok is új utakat keressenek, amelyhez alkalmas terep lehet a környezetfizika tanítása.

Dolgozatomban a környezetfizika középiskolai tanítása által nyújtott lehetőségeket tárgyalom, különös tekintettel a fizika és a földrajz tantárgyak eddig szinte egyáltalán nem kiaknázott kapcsolatára. Tapasztalataimat, módszertani kísérletezéseimet tanórai tapasztalataimon kívül az általam több évig vezetett tehetséggondozó műhelyben végzett munkára alapoztam. A szakkörön nincsenek írott kimeneti követelmények, viszont lehetőség nyílik a különböző munkaformák, tanulásformák kipróbálására, és persze elmélyülhetünk egy tanórán kisebb hangsúlyt kapott, vagy eddig egyáltalán nem tanított témában.

A környezetfizika egyetemi oktatásában öt témacsoportot különítenek el: a zaj és zajvédelem, a sugárzások és sugárvédelem, a környezeti anyagtudomány, a környezeti áramlások, és az energetika környezeti vonatkozásai. A két utóbbit azért érdemes kiemelni, mert tartalmukat, fogalomrendszerüket tekintve ezek állnak a legközelebb a gimnáziumi földrajz tananyagához.

A nagy skálájú légköri és óceáni áramlások forgó Földön tapasztalt jelenségei a középiskolai fizika tananyag kiegészítése nélkül nehezen érthetőek meg. A földrajz tantárgyi követelményeiben azonban szerepelnek. A Coriolis-erő bevezetésének, tanításának korábbi gyakorlata a már említett matematikai készségek hiánya miatt az utóbbi években nem volt tartható, ezért teljesen kimaradt a fizika tananyagból, már kiegészítő anyagként, olvasmányként sem szerepel a tankönyvekben. A földrajz kerettanterveknek viszont szerves része, az oktatási segédanyagok azonban – ritka kivételtől eltekintve - teljesen nélkülözik a Coriolis-hatás korrekt értelmezését. Dolgozatomban a probléma egy lehetséges orvoslására bővebben kitérek.

Az energetikán belül a napenergia témával foglalkozom részletesen, hiszen ez a Földön zajló természeti folyamatok fő mozgatója, illetve bolygónk energiaháztartásában is nagy szerepet játszik. Érdekes ezt a témát komplex módon körbejárni, hiszen az egyes diszciplínákban tanult ismereteket a diákok nehezen szintetizálják. Tapasztalatom szerint ez a szintézis megvalósítható a napenergiás aszaló berendezés segítségével. Az eszköz előnye, hogy olcsón és viszonylag könnyen elkészíthető, normál tanórán és szakkörön is alkalmazható, hiszen kvalitatív megfigyelésekre éppen úgy alkalmas, mint a működésének pontosabb megértését célzó mérések elvégzésére. Elvitathatatlan a motivációs ereje is, ugyanis az általunk is használt darab bármely család számára mintaként szolgálhat, a diákok otthon is megépíthetik.

### **Napenergiás aszaló berendezés – mérések**

*Tanítványaimmal szakköri projektmunkában - saját tervek alapján - építettünk egy napenergiás aszaló berendezést. Az aszaló két részből áll: a kollektorból és a több tálcából álló aszalótérből, amelyben ideális esetben kb. 70 °C-on zajlik a gyümölcsök, illetve zöldségek szárítása. Műszaki dokumentációt készítettem, amely alapján a szaktanár kollégák diákjaikkal hasonlóképpen elkészíthetik az eszközt. Méréssorozatokat végeztünk a szakkörös tanulókkal az aszaló működésének tanulmányozására. Definiáltam – más hasonló eszközökkel való összehasonlíthatóság érdekében – egy könnyen mérhető határfokot, melyet a saját berendezésünk esetében meghatároztunk. A termények aszalásához szükséges energia nehezen mérhető, ezért eljárásunk során egy standard edényből 1 óra alatt elpárologtatott víz tömegét, illetve a napsugárzás fényteljesítményét mértük. Külön vizsgáltuk az eszköz kollektor részének működését is, mégpedig hogy milyen hatással vannak az egyes alkotórészek a kiáramló levegő hőmérsékletére. Tanteremben mesterséges megvilágítást (reflektort)*

*alkalmazva vizsgáltuk, hogyan befolyásolja a kollektor levegőjének hőmérsékletét az abszorber felület minősége, illetve helye.*

*A projekt elsődleges eredménye – egy működő eszköz megalkotásán túl –, hogy a diákok az általuk korábban megismert fogalmakat, mint méréssel meghatározott mennyiségeket használták.*

### **Az energiafogalom szintézise a napenergiás aszalóval**

*Az energia az egyik legnehezebb alapfogalom, amely több tudományterületen is használatos. Megmutattam, hogy létezik olyan hétköznapi eszköz, melynek működése közben az energiaátalakulási folyamatok közül több lényeges is bemutatatható, ezzel szintetizálva a különböző diszciplínákban használt energiafogalmat. Az eszköz segítséget nyújt komoly fogalmi hiányosságok pontosításához, teret ad az energiamegmaradás törvényének holisztikus szemléletű megértésének. Kidolgoztam olyan csoportmunkában végezhető szabadtéri méréseket, amelyek az aszalóban zajló részfolyamatok, és a kapcsolódó fogalmak megértését segítik a normál tanórán. A diákok vizsgálták – többek között - az anyagok abszorpció-, és visszaverő-képességét, illetve az üvegházhatást, a napenergia közvetlen átalakítását napelem segítségével.*

### **Vizsgálatok elektromos aszalóval**

*Egy elektromos aszaló berendezés alkalmas lehet arra, hogy a környezeti hatásokat kiküszöbölve hasonló méréseket végezzünk, mint a napenergiás aszalóval tettük. Ebben az esetben lehetőségünk nyílik az egyes mennyiségek pontosabb mérésére, így realisabb képet kaphatunk az aszalás folyamatáról is, illetve mennyiségi összefüggéseket is megfogalmazhatunk. Olyan méréssorozatot végeztem el, amelyek diákok számára is alkalmasak lehetnek szakköri körülmények között a vizsgálódásra. Kimértem az aszalás közben történő vízvesztésből származó tömegcsökkenés-idő függvényt, melyet összevettem irodalmi adatokkal. Egyszerű modellt állítottam föl a gyümölcsből történő vízvesztésre, melynek alapjául az elektromos aszalóban cukoroldatból elpárologtatott víz mennyiségének időbeli változását, illetve egy kétkomponensű szerves komponensekből álló elegy párolgásának adatait használtam föl. A napkollektoros aszalóval való összehasonlításhoz kimértem a berendezés párologtató kapacitását és határfokát az első tézisben megfogalmazott protokoll szerint.*

## **A Coriolis-hatás egy lehetséges bevezetése**

*Kidolgoztam egy fizikaórai egyszerű kísérletet, amely saját mérési tapasztalatokra építve, a nehezebb matematikát kiküszöbölve mutatja be a forgás miatti eltérülés nagyságát. A kísérlet és értelmezésének lényege az eltérülésre kiszámolt tapasztalati összefüggés. A kísérletben két félig bevágott papírlapot egymásba csúsztatunk, majd egymáson elforgatunk, miközben a forgatott papírlapon egyenes vonalat húzunk a másik lap bevágott éle mint vonalzó mentén. A kapott görbe körzővel és vonalzóval kiértékelhető, ezzel az eltérítő hatás számszerűen tanítható, mégpedig a Coriolis-erő fogalmának bevezetése nélkül. Eredményként megkapjuk a relatív eltérülés távolságfüggését, sőt a forgás szögsebességével és a mozgás sebességével való kapcsolatát is. A hagyományosan Coriolis-erővel értelmezett jelenségek módszerem segítségével egyrészt magyarázhatók, másrészt a fontosságuk megadható. A relatív eltérülésre kapott összefüggés segítségével becslést adhatunk a Coriolis-hatás nagyságrendjére a forgó Földön zajló néhány jellemző mozgás esetén. Ez a tudás elegendő számos földrajzban használt jelenség – mint például a ciklonok, a passzát-szél, az óceáni áramlások - megértésében, és matematikai egyszerűsége miatt akár földrajz órán is bevethető. Ez kiemelten fontos, mert földrajz órán kevés lehetőség adódik a tanórai számításokra, mérésekre.*

## **A tehetetlenségi körmozgás, a Foucault-inga kísérleti modellje és numerikus szimulációja**

*Forgó vonatkoztatási rendszerek tanulmányozására változtatható fordulatszámú forgó asztalon megfigyeléseket végeztünk szakkörös diákokkal. Bevezető kísérletként fémgolyókat indítottak el a diákok a forgó asztalon. A trajektóriák forgó vonatkoztatási rendszerbeli vizsgálatára az asztallal együtt forgó kamerát helyeztünk el. A diákok megfigyelhették, hogy bizonyos kezdőfeltételek esetén zárt pálya jöhet létre, speciális esetben pedig akár körpálya is adódhat. A dinamika Newton-i formalizmusát megtartva egyértelműen látható volt a tanulók számára is, hogy a forgó rendszerben a fémgolyókra ható szabad erőkön kívül fiktív erők bevezetése is szükséges. A kezdőfeltételek közül könnyen változtatható volt a szögsebesség és a golyók indítási sebessége. Ezek befolyásolták a testek pályáját, tehát a fiktív erők értékét. Ezután egy forgóasztalon függő Foucault-inga mozgását is megfigyelték. A trajektóriákat ebben az esetben az ingatestből kifolyó festékekkel tettük láthatóvá. A kezdőfeltételek most is változtathatóak voltak. Két speciális esetet vizsgálva (középről, illetve szélsőhelyzetből indított*

inga) a diákok megfigyelték, hogy az asztal síkján kirajzolódó pálya alakja bizonyos esetekben zárt görbét ad, és a görbe szimmetriája szoros összefüggésben van az inga és a forgatás periódusidejének arányával.

További részletes vizsgálathoz szimulációs programot használtunk (amelyet egy korábbi szakkörös diákkal készítettünk), amely lehetővé tette a két speciális esethez tartozó trajektóriák numerikus meghatározását, nagy pontsággal. A kísérleti tapasztalatból arra következtethettek a tanulók, hogy nagyobb periódusidejű inga pályája hasonlóságot mutat a modell-ingával, ha a forgatás szögsebességét is arányosan növeljük. Ezzel bevezethető az ún. Rossby-szám. A szimulációs programmal akár egy iskolai Foucault-ingás kísérlet is megtervezhető.

### **Áramlások hasonlósága forgatott közegekben**

A nagy skálájú áramlások tantermi méretekben való bemutatása nem triviális. Összeállítottam egy forgókádas berendezést: lelkét egy elektromos korongozóasztal adja, amelyre plexihengert helyeztem. Megmutattam, hogy az eszköz segítségével – a korábban bevezetett Rossby-szám felhasználásával – a forgatott közegekben zajló áramlások hasonlósági törvénye hatékonyan használható arra, hogy a diákok megértsék, hogy ilyen méretekben is hű áramlástani modellezés lehetséges. Szakköri munkában további megfigyeléseket, kísérleteket is végeztünk pl. hogyan változik az áramlási kép a forgatás szögsebességének, vagy hőmérsékleti gradiens megjelenésével.

A fizikaoktatás is nyer ezekkel az eredményekkel, hiszen így szélesedik a tantárgy keretében tárgyalható természeti jelenségek köre. A fizika és földrajz tantárgyak közötti kapcsolatok erősítésén túl azért is érdemes a környezeti áramlások témájával foglalkozni, mert a földrajzoktatás eddigi hazai gyakorlata nélkülöz minden közvetlen tanórai tapasztalaton alapuló jelenségértelmezést, illetve demonstrációs kísérletet.

### **Környezetfizika – egy lehetőség a tehetséggondozásban**

Megmutattam, hogy sikeresen alkalmazhatóak a tehetséggondozás gyakorlatában a környezetfizika egyes elemei. Ebből a témából kiindulva a fizika tárgyában tehetségesek minden – akár problémamegoldás, akár eszközkészítés, akár matematikai képességek - területen fejleszthetőek. A tatai Eötvös gimnázium környezetfizika szakkörének tagjai jórészt műszaki (pl. energetikus szak) és fizikus szakokon tanultak tovább (vagy oda készülnek), de akadt közöttük a meteorológia iránt érdeklődő, vagy akár az orvosi egyetemre felvételt nyert

*diák is, illetve olyan, aki kifejezetten a földrajz iránt érdeklődött. Diákjaim szakköri tevékenységük bemutatásával sikeresen szerepeltek diákkonferenciákon is.*

*A már említett példákon túl tanítványaim vizsgálatokat végeztek egy papírhulladékból általuk készített ún. napsütővel. Szabadban végzett mérések során a sütő belsejében sikerült meghaladni a 70 °C-t. Tantermi mérési adataink alapján iskolánk nagy múltú Öveges József Emlékversenyére versenyfeladatot fogalmaztam meg, amelyet kilencedikes, illetve tizedikes diákoknak kellett megoldania.*

*A tehetséggondozó munka természetesen hatással volt a normál tanórákon végzett munkámra is. Kidolgoztam egy környezetfizikai mérésekből álló modult természettudományi csoport számára. Fölismertem a fizika és a földrajz közötti szoros kapcsolatokat: részletesen tanulmányoztam a határterületeket – áttekintettem a természetföldrajz, mint alkalmazott fizika tárgy egy részének tanítását.*

## **Összefoglalás**

Ahogy a tudományegyetemek képzési rendszerében megjelent az utóbbi években a környezetfizika területe, úgy a középiskolai fizikaoktatásban is szükséges a tananyag hangsúlyainak ennek megfelelő modernizálása, átrendezése. Az új kerettantervekben megjelennek ugyan a környezetfizika elemei, a konkrét gyakorlati alkalmazáshoz – a csekély hazai tapasztalat miatt – azonban szükséges egy jól használható tanári segédanyag. Ehhez kidolgoztam és kipróbáltam egy tanítható tematikát a környezetfizika két területéhez kapcsolódóan. Részletesen körüljártam a napenergia tanításának, illetve a környezeti áramlások tárgykörének tanítási lehetőségeit a középiskolában.

Értekezésemben elemeztem az energia fogalmi megértésének hiányosságait. A probléma megoldását az energia fogalmának szintézisében látom, amelyet a gyakorlatban a napenergiás aszaló berendezéshez kapcsolódó folyamatok elemzésével valósítottam meg.

Megmutattam, hogy egy saját készítésű eszköz (az aszaló) mennyiben segíti a fizika tanítását a diákok motiválása, komplex látásmódjának fejlesztése kapcsán.

Méréseket végeztem az aszaló működését jellemző fizikai mennyiségek meghatározására, valamint kísérletileg megvizsgáltam az aszalás folyamán a gyümölcsökben lezajló összetett párologási folyamat egyes tulajdonságait.

Kidolgoztam a Coriolis-hatás csekély matematikai előzetes tudást igénylő bevezetését. Ezáltal a Föld forgása miatti légköri jelenségeket a földrajz órákon is fizikai igényességgel lehet tanítani.

A Foucault-inga numerikus szimulációjával a középiskolások számára könnyen használható szakmódszertani eszközt fejlesztettem, ami a környezetfizikai jelenségek értelmezésekor használatos Rossby-szám jelentésének megértését teszi lehetővé fizika szakkörön.

Külön fejezetet szenteltem a környezetfizikai tehetséggondozó szakkör szervezési és tartalmi elemeinek bemutatására. A napenergia összehangolt oktatására kidolgoztam egy tevékenységekre épülő keretprogramot, ami a kötelező órák több szintjén és a tehetséggondozásban is alkalmazható.

Számomra az eszközkészítés lehetőségét, módszertani fejlődést és a diákok számára is izgalmas projektek kitalálását adta a megvalósított program. A diákok pedig a tananyagon túlmutató ismeretekkel gazdagodtak, és megtapasztalhatták a tudományos megismerés folyamatát és örömét.

Doktori munkám legfontosabb eredménye, hogy megmutattam: érdemes környezetfizikával foglalkozni a középiskolában is, hiszen komplex módon tárgyal modern témákat, miközben növeli a diákok motivációját a fizikai jelenségek megismeréséhez.

### **A dolgozat alapjául szolgáló publikációk listája a megjelenés sorrendjében:**

[1] Szeidemann Á., Környezeti fizika a középiskolában, a napenergiás aszaló, Juhász A. és Tél T. (szerk.), Fizikatanítás tartalmasan és érdekesen konferenciakötet, ELTE TTK (2009), ISBN 978-963-284-150-2, pp. 209-214.

[2] Szeidemann Á., Teaching facilities of solar energy in secondary schools, Physics Competitions (2011), Vol. 13, Nr. 1., pp. 9-14.

[3] Szeidemann Á., Az energiafogalom szintézise a napenergiás aszalóval, Tasnádi P. (szerk.), Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan, ELTE TTK (2011), ISBN 978-963-284-224-0, pp. 220-225.

[4] Szeidemann Á. és Beck R., A ciklonok szemléletes tanítása középiskolában, Tasnádi P. (szerk.), Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan, ELTE TTK (2011), ISBN 978-963-284-224-0, pp. 632-637.

[5] Szeidemann Ákos, Fizika és földrajz határán – Tanítható-e a Coriolis-erő?, Fizikai Szemle (2013), LXIII. Évf., 10. sz. pp. 352-357.