

# **Komplex jelenségek vizsgálata és új módszerek alkalmazása a fénytán tanításában**

**Doktori értekezés**

**Finta Zsanett**

**Témavezető: Tasnádi Péter egyetemi tanár**

**ELTE TTK Fizika Doktori Iskola  
Fizika Tanítása Doktori Program**

**Vezető: Tél Tamás egyetemi tanár**



**Eötvös Loránd Tudományegyetem**

**2020**

# Tartalom

<b>I. Bevezetés és előzmények.....</b>	<b>6</b>
<b>1. Célkitűzések és módszerek .....</b>	<b>8</b>
1.1 Célok .....	8
1.2 A témakör fontossága, tanításának jellemzői .....	9
1.3 A kutatás módszerei .....	10
1.4 Az alkalmazott modern tanulási/tanítási technikák.....	12
1.4.1 A kutatás-alapú tanulás (IBL - inquiry-based learning).....	13
1.4.2 A projekt alapú tanulás (PBL - projekt-based learning).....	14
1.4.3 A „tervezett” kutatás (design-based research, DBR).....	15
<b>II. Saját kutatások .....</b>	<b>16</b>
<b>2. Periodikus mozgások szakköri vizsgálata android applikáció segítségével ([S1], [S3], [S5], [S8]).....</b>	<b>17</b>
2.1 A periodikus mozgások tárgyalása .....	17
2.2 Az okostelefonnal történő kísérletezés sajátosságai .....	19
2.3 Az android applikációk alkalmazhatósága projektfeladatok megvalósítása során .....	21
2.4 További elvégezhető mérések.....	24
2.5 Mérési feladatok tehetséggondozó szakköri feldolgozásra .....	27
2.6 Eredmények.....	29
<b>3. A fotometria témakör elsajátításának egy lehetséges módja a Bring your own device (BYOD) módszer jegyében ([S4], [S9]) .....</b>	<b>30</b>
3.1 A projekt célja.....	30
3.2 Megvilágítás mérése okostelefon segítségével.....	31
3.2.1 Elméleti háttér .....	31
3.2.2 A kísérleti eszköz .....	32
3.3 Az elvégzett mérések.....	32
3.3.1 Hagyományos izzólámpa és energiatakarékos „kompakt” lámpa relatív fényteljesítményének összehasonlítása.....	32

3.3.2 A fényvisszaverődés jelensége .....	34
3.3.3 A megvilágítás teljesítménytől való függése .....	35
3.3.4 A Fresnel-reflexió vizsgálata .....	36
3.4 Eredmények.....	38
<b>4. Optikai kísérletek tanítása klasszikus és modern módszerekkel ([S4], [S9]).....</b>	<b>39</b>
4.1 Módszertani háttér.....	40
4.2 Az okostelefonok használatának előnyei az optikai kísérletek során .....	40
4.3 Fényelhajlás optikai résen .....	40
4.3.1 Elméleti háttér .....	41
4.3.2 Technikai háttér.....	43
4.4 Klasszikus optikai kísérletek újragondolása.....	46
4.4.1 Fényvisszaverődés (reflexió) .....	46
4.4.2 Fénytörés (refrakció) .....	50
4.4.3 Gömbtükör és optikai lencse fókuszpontjának meghatározása.....	54
4.5 UV fény vizsgálata Arduino eszköz segítségével .....	56
4.6 Az eredmények kiértékelése .....	59
4.7 Eredmények.....	62
<b>5. A kutatás alapú tanítás alkalmazása a 2015-ös napfogyatkozás vizsgálata során ([S2], [S6], [S7]).....</b>	<b>64</b>
5.1 Környezetfizikai háttér a földrajz órán tanultak alapján .....	64
5.2 A kutatási feladat megfogalmazása és a mérés menete.....	65
5.3 Következtetések, tapasztalatok.....	69
5.4 Az eredmények kiértékelése .....	70
<b>6. Napfogyatkozás modellezése, eredmények összevetése a 2015-ben nyert tapasztalatokkal ([S11]) .....</b>	<b>72</b>
6.1 Előzmények.....	72
6.2 Környezetfizikai háttér a földrajz órán tanultak alapján .....	73
6.3 A Napsarló-terület kiszámítási módszere teljes fogyatkozás esetén .....	74

6.4 A mérési összeállítás.....	77
6.5 A mérési eredmények .....	80
6.6 Következtetések .....	83
<b>7. Interaktív, tematikus kísérlet bemutató tehetséggondozó szakkörön résztvevő diákok vezetésével ([S10]).....</b>	<b>85</b>
7.1 Előzmények.....	85
7.2 A társak általi tanítás (Peer Learning Activity - PLA) .....	86
7.3 A megvalósítás menete .....	87
7.4 A bemutatott kísérletek témakörönként .....	89
7.5 A bemutató hatásai, az elért eredmények összefoglalása .....	95
<b>8. A hullámtan témakörének új szemléletű felépítése a Design Based Research (DBR) jegyében ([S12]) .....</b>	<b>97</b>
8.1 A tankönyvi koncepció .....	98
8.2 Az e-tankönyv alkalmazhatósága, előnyei.....	98
8.3 A tankönyvi fejezet.....	100
8.5 Eddigi tapasztalatok .....	101
<b>9. Az eredmények hasznosítása .....</b>	<b>103</b>
<b>Összefoglalás .....</b>	<b>104</b>
<b>Summary .....</b>	<b>105</b>
<b>Köszönetnyilvánítás .....</b>	<b>107</b>
<b>Az áttekintett természettudományos tankönyvek listája.....</b>	<b>108</b>
<b>A kísérleti tankönyv megírásához áttekintett külföldi fizika tankönyvek listája.....</b>	<b>108</b>
<b>Saját publikációk.....</b>	<b>109</b>
<b>Irodalom.....</b>	<b>110</b>



# I. Bevezetés és előzmények

*„Minden tudományban tanulhattam volna eleget és szépet,  
de a fizikában tanulok, és egyszersmind mulatok, gyönyörködöm is.”  
(Jedlik Ányos)*

Napjainkban közhelynek számít, hogy a természettudományok oktatásának helyzete válságos. Sajnálattal látjuk, hogy a diákok egyre csökkenő érdeklődést mutatnak a természettudományos tárgyak iránt. Probléma mutatkozik a tanított ismeretek alkalmazásában, a fizikai törvények hétköznapi élethez kapcsolásában, és nem utolsósorban a diákok motiváltságában. A fizika azonban kiemelten fontos tantárgy a továbbtanulás, azon belül is a mérnöki, a műszaki-természettudományos irány szempontjából. A diákok körében általában a fizika nem kedvelt tantárgy, a főiskolákra, egyetemekre érkező hallgatók száma kevés, és sajnos tudásszintjük gyakran nem megfelelő (*Chrappán, 2017*). Ezek a hiányosságok és nehézségek már évekkel korábban feltárássra kerültek, és több kísérlet is született globális szinten a természettudományos oktatás korszerűsítésére. (Újszerű módszerek alkalmazása, kompetencia alapú tantervek, új tankönyvek, a jó gyakorlatok átvételét támogató módszertani konferenciák, stb.) (*OECD, 1999*). Megoldásként a kísérletezés szerepének erősítése, az önálló tanulói munka előtérbe helyezése (felfedezés alapú tanulás, projekt módszer) mellett a lemaradó tanulók felzárkóztatása és a kiemelkedők számára tehetséggondozó szakkörök létrehozása kínálkozik (*Nagyné, 2010*).

A természettudományos tantárgyak oktatását tekintve régóta központi helyet foglal el a komplexitás problémája. Bár a világot, a jelenségeket célszerű tantárgyakra bontva a fizika, kémia, biológia keretében megismerni, diákjainkat a tantárgyak szintézisén keresztül el kell juttatnunk a természettudományokból adódó egységes szemlélethez.

A komplex természettudományos szemlélet kialakítására igen alkalmas tananyag a fénytán. A fény a diákok számára jól ismert jelenség, az ember a környezetéből érkező legtöbb információt a látással szerzi. Bár a fény érzékelésére szemünk kiváló műszerként szolgál, a fény természetének felderítéséhez pusztán a fény érzékelésével nem juthatunk el. A fény mibenlétének megértéséhez tudatos megfigyeléseket és kísérleteket kell végezni. Annak ellenére, hogy a fény tanulmányozására a tanórákon is széles skálán kínálóznak demonstrációs és tanulói kísérletek, a fény hullámtermészetének elfogadása, (elfogadtatása) nem egyszerű didaktikai feladat. A problémát mindenképpen a mechanikai hullámokra alapozva oldhatjuk meg, melyek tárgyalásához elengedhetetlen a periodikus mozgások – kiemelten a harmonikus

rezgőmozgás – vizsgálata, és a mozgások leírásához szükséges fogalmak kialakítása. (Nyilvánvaló, hogy a rezgések tanulmányozása önmagában is fontos, hiszen a rezgés a természetben az egyik leggyakrabban előforduló mozgásforma.) A mechanikai hullámok tárgyalásával szemléletesen alapozhatjuk meg a hullámfogalmat, majd a látható fény vizsgálata során megállapíthatjuk, hogy ezekkel a tulajdonságokkal a fény is rendelkezik. Dolgozatomban a teljesség igénye nélkül, a fénytan egyes témaköreire mutatok be újszerű, modern eszközökkel történő feldolgozást, továbbá ismertetek olyan komplex diákprojekteket, amelyeket sikerrel alkalmaztam a fizika tanulás iránti motiváció erősítésére. Igyekeztem kialakítani a diákokban az igényt, hogy a világot egységében vizsgálják, próbálják meg az egyes, látszólag gyökeresen elkülönülő tudományterületeket összekapcsolni. A dolgozat három részre tagolódik. Az első részben a célokat, és a felhasznált módszereket mutatom be, a második rész saját eredményeimet tartalmazza a vizsgálatok szempontjai szerint csoportosított tézisek mentén, míg a harmadik részben az eredmények felhasználását foglalom össze.

# 1. Célkitűzések és módszerek

## 1.1 Célok

Kutatásom fő ívét a saját, matematika tagozatos osztályommal eltöltött négyévnyi munka szolgáltatta. Szerencsésnek mondhattam magamat, hiszen a 33 tanulóból már a 9. évfolyam kezdetén 15 fő jelentkezett tehetséggondozó szakkörre, majd a 10. évfolyam végén 17 tanuló a fizikát választotta fakultációs tárgyaként. Ennél fogva bőven akadtak lelkes, érdeklődő diákok, akikkel a különböző projektek, iskolán kívüli mérések elvégezhetőek voltak, a közös munka pedig rengeteg eredményt, tapasztalatot szült.

Doktori munkám alapvető célja új módszerek bevonása az optika tanításába, valamint modern technikai eszközök felhasználása a fénytani kísérletezésben. Célom volt továbbá, hogy komplex tananyagok, mérések kidolgozásával erősítsem a diákok egységes természettudományos szemléletét. Vizsgáltam a modern tanulási/tanítási stratégiák, úgymint az IBL (*inquiry based learning*), a PBL (*project based learning*), a DBR (*design based research*), valamint az infokommunikációs eszközök (IKT) hatását és eredményességét a fizika órák és tehetséggondozó szakkörök során. Kerestem a lehetőséget annak igazolására, hogy hogy ezeknek a módszereknek a használatával valóban növelhető-e a tanulók motivációja, továbbá, hogy velük a tanulók aktívabban bevonhatók-e a tanulási folyamatba.

A munka tervezése során érdemes volt figyelembe venni, hogy minden tanuló rendelkezik valamilyen előzetes tudással a hullámokkal, a fényel kapcsolatban, ami lehet helytálló, de esetenként teljesen hibás is. Éppen ezért fontosnak tartottam a diákok előzetes tudásának felmérését, diagnosztikus értékelését, ami képet ad a diákok fogalmi rendszeréről, valamint feltárja a különböző tévképzeteket, hibás beidegződéseket. A tananyag megtárgyalása után az újabb tudásszint mérés megmutatja az alkalmazott módszerek eredményességét, illetve a tervezett fejlesztés esetleges hiányosságait. Célszerű volt azt is megvizsgálni, hogy vajon az alkalmazott módszerek valóban segítették-e a természettudományos tárgyak tananyagának elsajátítását. Ehhez tanulói interjúkat készítettem és összehasonlító tesztek írtam.

Célkitűzéseim között szerepelt a tehetséggondozó szakkörök színesítése és új módszerek alkalmazása a tehetséggondozás során. Természetesen a szakköri munka fő ívét szintén a fényel kapcsolatos jelenségek vizsgálata, mérések elvégzése adta, de alkalmunk volt részletesen elmerülni a periodikus mozgások témakörében is. A fizika tantárgy óraszámának drasztikus csökkenése miatt tanórai keretek között már kevesebb a lehetőség, hogy a diákok



ötleteit, kreativitását igazán kiaknázzuk. Így összetettebb mérések elvégzésére, projektek összeállítására csak a délutáni, fakultatív órák nyújtanak lehetőséget. A projektek megvalósítása jelentősen támogatta az önálló tanulói kutatás jellegű tevékenységet illetve a BYOD (*bring your own device*) szemlélet elterjesztését a diákok körében.

Doktori munkámban tanulmányoztam azt is, hogy az általam vizsgált jelenségek, hogyan illeszthetők be a sztenderd tanórák menetébe, illetve, hogyan alkalmazhatók tehetséggondozásban, önálló diák munkában. Az osztállyal eltöltött idő alatt sokrétű munkát végeztünk. A gimnáziumi évek kezdetén több projektet megvalósítottunk, melyek elsősorban a periodikus mozgások illetve a napsugárzás kvalitatív leírásához kapcsolódtak. Miközben bővült a diákok matematikai eszköztára, egyre mélyebbre ástuk magunkat a hullámok, elsősorban a fényvel kapcsolatos jelenségek világába. A dolgozatban bemutatom, hogy a négy év alatt hogyan fejlődött a diákok fizikai gondolkodása, hogyan gyarapodtak ismereteik.

Világossá kell tennem azonban, hogy következtetéseim levonásakor egyszeri tanítás, és viszonylag kis csoport vizsgálata során szerzett tapasztalatokra támaszkodom. Természetesen az így nyert eredmények nem bírnak abszolút bizonyító erővel. Mégis, úgy érzem, hogy az általam kidolgozott anyagok, és a tanítás során szerzett tapasztalatok közlésre érdemesek, és ötletekkel szolgálhatnak illetve kiindulási alapként segíthetnek más kollégák tanítási gyakorlatában.

## **1.2 A témakör fontossága, tanításának jellemzői**

Mint a legtöbb tantárgy esetében, fizika órán is megfogalmazódhat a diákokban a kérdés, hogy miért kell egyik, vagy másik témát tanulni, hol lehet az adott ismeretanyagot majd a későbbiekben használni. Jelen témakör esetén nagy segítséget jelent, hogy rengeteg a kapcsolódási pont a hétköznapi élet jelenségeivel, illetve mivel a téma tartalmában kifejezetten interdiszciplináris, erős a tudástranszfer lehetősége más tantárgyakkal, így lehetőségünk van több irányból is megközelíteni egy-egy témát, igazodva az adott csoport érdeklődéséhez.

A modern eszközök, technikák rendkívül erős vonzóerővel bírnak a diákok számára, amit érdemes kihasználnunk a fénytan tanítása során. A szimpla lézermutatóval elvégzett egyszerű kísérlet képes lenyűgözni a legkisebbeket is, és bár a kísérlet magyarázatát, az eszköz működésének lényegét még nem érthetik, maga a látvány könnyen felkelti érdeklődésüket és maradandó élménnyel szolgál. Különösen nagy előnyt jelent, hogy a fénytan témakörében nagyon sok lehetőség nyílik a látványos tanórai kísérletezésre.

Megállapítható továbbá, hogy mind a középszintű, mind az emelt szintű fizika érettségien nagy hangsúlyt kap az optika témaköre. Ez valószínűleg annak is köszönhető, hogy az utóbbi években követelménnyé vált a feladatsorok „élet közelebbé” tétele, és erre a fénytannal kapcsolatos problémák tökéletesen alkalmasak (optikai eszközök működése, az emberi szem, látáshibák, képalkotás stb.). A témakör tanítását illetően azonban nehézséget jelent, hogy a 11. évfolyamon kerül sorra. Azok a diákok ugyanis, akik nem választották a fizikát fakultációs tárgyukként, tapasztalatom szerint igencsak motiválatlanok a tantárgy irányában, és ez a 35-38 fős, átlag gimnáziumi osztályban jelentősen megnehezíti mind a tanár, mind a tanulni vágyók dolgát. A probléma megoldására saját iskolámban (*ELTE Bolyai János Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium*) csoportbontást alkalmazunk, az egy évfolyamon lévő 3 osztályból 2-3 alapórászámú és egy fakultációs csoport kerül kialakításra. Azonban ez órarendileg nem minden középiskolában oldható meg (például volt munkahelyemen sem, a *Szombathelyi Nagy Lajos Gimnáziumban*), ami szintén indokoltá teszi a minél sokszínűbb tanítási módszerek alkalmazását.

Az osztályommal történő munka során olyan jelenségek is feldolgozásra kerültek a négy év alatt, melyek a középiskolai tananyagban nem, vagy csak részben szerepelnek, azonban igen alkalmasak önálló diákprojektek vagy szakkörök témájaként. Az egyik ilyen témakör volt a fotometria, amely a fizikatanítás hazai gyakorlatában ezidáig alig jelent meg a tananyagban (kerettantervben). (Gondolkodtató feladatban azonban igen, pl. az emelt szintű fizika szóbeli érettségi egyik mérőkísérlete a Bunsen-féle fotométerhez kapcsolódik.) A fotometriában diákjaim megismerkedtek a fényérés fogalmaival, mértékegységeivel és módszereivel, valamint újraértelmeztük a már említett Bunsen-féle klasszikus eljárást. A tanult ismeretek segítségével a tantervi követelményeken túlmutató további érdekes jelenség, a Fresnel-reflexió vizsgálatára is sort keríthettünk.

### **1.3 A kutatás módszerei**

#### *Tantervek, tanmenetek és tankönyvek elemzése*

Kiindulásképpen a fizika könyvek mellett szükségesnek éreztem más természettudományos területek tankönyveinek, tanmeneteinek tanulmányozását is. Így látható, milyen kontextusban szerepelnek az optika témakörének fogalmai az egyéb természettudományos anyagban. A kapcsolódási pontok és a téma interdiszciplináris tulajdonságai miatt fontos áttekinteni a gimnáziumi földrajz illetve biológia tankönyveket. A hangsúlyt természetesen azokra a tankönyvekre kell helyezni, amelyeket az adott iskolában is

használnak. Fontos megfigyelni, hogy a többi természettudományos tantárgy anyagában mikor és milyen terjedelemben és mélységben kerülnek tárgyalásra a fényvel kapcsolatos jelenségek. Különös figyelmet kell fordítani azokra a pontokra, ahol a diákoknak megértési nehézségei adódhatnak a hiányos fizikai ismeretek miatt. Megállapíthatjuk, hogy a földrajz-könyvek a kapcsolódó fizikai törvényeket esetenként nem, vagy csak felületesen, hibásan tárgyalják, a magyarázatok gyakran túlságosan tömörek, a fogalmak sokszor nem világosak, és előfordul, hogy hibás fizikai szemléletre épülnek. Hasonló eredményre jutott Gróf Andrea is, aki a tengeri és légköri áramlások kapcsán vizsgálta a földrajz és fizika tantárgy kereszttantervi vonatkozásait (Gróf, 2018).

### *Tanári konzultációk*

A kereszttantervi kapcsolatok felderítésében a tankönyvek tanulmányozása mellett a kutatás során fontos szerephez jutott az iskolában tanító földrajz illetve biológia szakos kollégákkal folytatott beszélgetés, tapasztalatcsere is. Segített annak vizsgálatában, hogy az egyéb természettudományos tárgyak tanítása során mennyire mélyen szerepelnek azok az ismeretek, amelyek szervesen részei a fizika, azon belül is az optika tananyagának. Különösen fontos, hogy például földrajz órán a napsugárzás témakörének tanításakor, felhívják-e a diákok figyelmét az elektromágneses spektrum nem látható részére, azok biológiai hatásaira; vagy az albedó fogalmának tanításakor említésre kerülnek-e az oda kapcsolódó sugárzási törvények. Egyáltalán, mi a tapasztalatuk a kollégáknak arról, hogy a diákok képesek-e a bonyolultabb, komplexebb jelenségek megértésére a gimnázium kezdeti szakaszán a megfelelő fizikai ismeretek nélkül. E tapasztalatokat felhasználva dolgoztuk fel diákjaimmal szakköri keretek között a napfogyatkozás jelenségét, illetve valósítottunk meg ehhez kapcsolódó projektet földrajz szakos kolléga együttműködésével.

### *Diagnosztikus és szummatív feleletválasztós tesztek*

Pedagógiai szakemberek hosszú ideje hangsúlyozzák (Lappints, 2002), hogy a fejlesztő értékelés különböző formáit nemcsak a tanulási folyamat elején érdemes alkalmazni, hanem annak bármely pontján.

Kutatómunkám során a 11. évfolyamon két csoportra osztottam 33 fős osztályomat. Közel azonos tudásszintű és képességű diákokból álló csoportokat alakítottam ki, a két társaság matematikai kompetenciáját tekintve is „azonosnak” volt mondható. Kíváncsi voltam, hogy a modern eszközök, a szimulációk illetve a számítógépen történő kísérletek végrehajtása mennyiben segíti az optika témakörének precíz, mély elsajátítását. A kísérleti csoport, amely

okostelefont is használt a tanulás során, 15, a kontrollcsoport 18 tanulóból állt. A módszer eredményességét szummatív tesztsorral vizsgáltam, ami tartalmilag megegyezett a témakör kezdetén íratott diagnosztikus feladatsorral. Ezek a tesztek a középszintű érettségihez hasonló feleletválasztós feladatsorok voltak, a záró teszt néhány egyszerűbb számítási feladatot is tartalmazott.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy a modern eszközök felhasználása, amellett, hogy motiválja a diákokat, pozitívan befolyásolja a témakör elsajátítását, az eszközök működésének megértése során szinte észrevétlenül komplex, több természettudományra kiterjedő határterületi ismeretanyaghoz is juttatja őket.

## 1.4 Az alkalmazott modern tanulási/tanítási technikák

A tanulók érdeklődésének hanyatlása a természettudományos tárgyak iránt sajnálatos módon automatikusan magával vonta a tudásuk csökkenését is ezen a területen. Az évek során egyértelművé vált számomra is, hogy bár ezt a problémát a tanítási órán kell megoldani az oktatási módszerek megváltoztatásával (*Nagyné, 2010*), a használható tudás megszerzésében alapvetőnek tűnik a tanulói aktivitás fokozása és egyre fontosabb az informális keretek között szerzett tudás is. A tantárgy-centrikus keretek is fellazulnak és a hangsúly az interdiszciplinaritás és a belőle következő tudástranzfer felé tolódik. David Gardner szerint viszont folyamatosan „amellett kardoskodunk, hogy kiváló iskoláink legyenek, miközben valójában megelégszünk az átlagosakkal.” (*Dryden és Vos, 2005*) Bár az amerikai *Richard L. Measelle* és *Morton Egol* megállapítása, miszerint „*A hagyományos oktatási rendszer idejét múlta.*” vitatható, az azonban bizonyos, hogy napjainkban az alkalmazott tanulás-támogató keretrendszer ötvözi a klasszikus e-learning-et az online videók, szimulációk és a virtuális élmények használatával (*Bersin, 2009*). A tanulási folyamat során a tanulás az egyén szintjén történik, az egyén a saját elgondolásai mentén valósítja meg a tanulást, az információszerzést, az információfeldolgozást, illetve a problémamegoldást (*Havas, 2003*).

A reformpedagógiai mozgalmak idején született meg a cselekvés pedagógiája, amely a tanulói tevékenységet állítja a tanulási folyamat középpontjába, felváltva ezzel az addig uralkodó tanárközpontúság egyoldalúságát. Fontosnak tartja az életszerű problémahelyzetek, szemléletes-cselekvő feladatok megoldását (*Knausz, 2001*), amivel – a tananyag megértésén túl – segíthetjük a tanulók kritikai gondolkodásának kialakulását. Így nemcsak a diákok tanulási kedve nő, hanem növelhető a tanulók motiváltsága, aktivitása a természettudományos ismeretek tanulása iránt. A cselekvés pedagógiája volt az első lépcsőfok - többek között - a

kutatás-alapú tanulás kialakulásához. A következőkben áttekintjük a tanítás során alkalmazott modern tanulási stratégiákat.

#### **1.4.1 A kutatás-alapú tanulás (IBL - inquiry-based learning)**

*Linn, Davis és Bell (2004)* a kutatás alapú tanulást olyan folyamatként értelmezi, melynek elemei a következők: a problémák beazonosításának tudatos folyamata, a kísérletek kritikai szemlélése, alternatívák megkülönböztetése, a vizsgálatok megtervezése, sejtések megvizsgálása, információ-keresés, modellek felépítése, vita a társakkal és koherens érvelés kialakítása, miközben a folyamat középpontjában a természettudományos problémák kutatással történő megoldása áll. A tanulási folyamat során nem a megszerzett ismeret, hanem a megismerési módszere kapja a legfőbb szerepet. A kutatás kiterjed azon tanulói tevékenységekre is, amelyekben a tanulók fejlesztik tudásukat és megértik a természettudományos elméleteket annak során, ahogyan megfigyelik a természeti világot (*National Research Council, 1996*). *Spronken-Smith (2007)* szerint az IBL olyan önszabályozott tanulási folyamat, amelyben a kutatás és az ahhoz kapcsolódó metodikai elemek segítik a megfigyelési folyamatot, a természeti világ törvényeinek megértését és alkalmazását. A módszer azért is előnyös mind a tanulók, mind a tanárok számára, mert megvalósítja a tanítás és kutatás integrációját, továbbá fejleszti a tanulók és a tanár közötti kapcsolatrendszer (Nagyné, 2010).

A kutatás-alapú tanuláshoz módszertani szempontból különböző fokozatai vannak (*Colburn, 2000*):

- 1) *Strukturált kutatás*: Tanári instrukciók által irányított folyamat, amelynek során a tanár adja meg a kutatás problémáját, a kutatáshoz szükséges anyagokat és eszközöket, a kutatási folyamat egyes lépéseit. A megoldást a tanulóknak kell megtalálni, illetve felfedezni a kutatás során felmerülő összefüggéseket.
- 2) *Irányított kutatás*: Az előzőhöz képest már több tanulói önállóságot igénylő tanulási forma, amelyben a tanár csak a problémát határozza meg, és a megoldáshoz szükséges eszközöket és anyagokat biztosítja, de magát a megoldás folyamatát a tanulók önállóan dolgozzák ki.
- 3) *Nyitott kutatás*: A legtöbb tanulói önállóságot igénylő tanulási folyamat, amelyben már a kutatási problémát is a tanulók fogalmazzák meg és önállóan tervezik és hajtják végre a vizsgálatokat.

A nyitott kutatás felé haladva a fokozatok egyre összetettebb, absztraktabb gondolkodást igényelnek a diákoktól.

A kutatás alapú tanulás módszerét eredményesen alkalmaztam a 2015. márciusában bekövetkező részleges napfogyatkozás vizsgálatára során.

### **1.4.2 A projekt alapú tanulás (PBL - projekt-based learning)**

A projekt alapú tanulás során az oktatási folyamat középpontjában a tanuló, a gyakorlati, élet közeli feladatok sikeres végrehajtására való felkészítés, és a hozzá szükséges kompetenciák kialakítása áll. Elsőként az egyetemeken, orvostanhallgatók oktatása során alkalmazták (*Boud és Feletti, 1991*), a mai formájában ismert PBL módszer legelső változatát pedig *Barrows és Tamblyn (1980)* dolgozta ki.

A módszer egyik legnagyobb előnye, hogy a diákokra kiemelkedően motiválóan hat az ismeretek megszerzésében való önállóság és a társaikkal való kooperatív munka. Gyakorlatias jellegénél fogva kiválóan alkalmas a természettudományos tárgyak oktatására, hiszen a megfigyelések, a laboratóriumi kísérletek mind-mind indokoltá teszik alkalmazását (*Thomas, 2000*).

A projektmódszer olyan tanulási/tanítási szemlélet, amely gyakorlati problémákkal állítja szembe a tanulókat, fokozva ezzel a diákok tanulási kedvét, ösztönözve őket a csoportban való munkavégzésre, a valós problémák megoldására. Olyan bonyolult problémák köré épül, melyek természetüknél fogva többoldalúak és komplexek, kutatást, elemzést igényelnek, és nem rendelkeznek előre meghatározott „helyes” megoldásokkal.

A PBL megváltoztatja a hagyományos tanítás és tanulás jellegzetességeit (*Bell, 2010*). Itt a választott téma részletei apránként kerülnek elő, így a tanulók a különféle tudáselemeket fokozatosan építhetik be ismereteik közé, ami ösztönözi őket a használható tudásforrások felkutatására, saját tanulásuk ellenőrzésére.

A módszerben a tanulói tevékenységek három szakasza különíthető el.

- 1. szakasz: A probléma felvetése és értelmezése*
- 2. szakasz: Információkeresés, értékelés, felhasználás*
- 3. szakasz: Összegzés és előadás*

A projekt alapú oktatás módszerét többször is alkalmaztam a munkám során, főként a periodikus mozgások okostelefonnal történő vizsgálatok, illetve a fotometriai mérések elvégzésekor.

### 1.4.3 A „tervezett” kutatás (design-based research, DBR)

Az alkalmazott pedagógia kutatások egyik leghatékonyabb módszere a design-alapú kutatás, amely célul tűzte ki a gyakorlati problémákra adható „használható tudás” megalkotását (Oha és Reeves, 2010). A módszer alapja a *tanítási-tanulási rekonstrukció (educational reconstruction) modellje* (Duit, 2005). Ez a modell a tartalom strukturálása mellett a nevelési célokat, a fejlesztési feladatokat, és a reflektív gondolkodást tekinti fontosnak.

Három, szorosan összefüggő elemből épül fel:

- 1) a természettudományos tartalom tisztázása, csoportosítása és elemzése
- 2) a tanulói nézőpontok vizsgálata, a tanítás-tanulás folyamatában, illetve az előzetes elképzelések, motiváció és attitűd szempontjából, a pedagógus gyakorlatából eredő tudásra is építkezve;
- 3) a tanulási környezet tervezése, értékelési javaslatok megadása

A fent leírt szemléletet tükrözve a tanulási rekonstrukció modelljéből kifejlődő DBR módszer folyamatai is nagymértékben igénylik a diákok (és természetesen a tanárok) részéről az interaktivitást, együttműködést, és a rugalmasságot. A kutatás négy fontos fázisból áll (Reeves, 2006): 1) a probléma elemzése, 2) a megoldás kifejlesztése, 3) az ellenőrzés és a tökéletesítés ismétlődő ciklusai, 4) a gyártó/ellenőrző *design* elméletek reflexiója.

Eltérően a kvantitatív kutatások „realista”, és a kvalitatív kutatások „relativista” nézőpontjától, a szakemberek a DBR módszerét a pragmatizmusból gyökereztetik. Ez a fajta vizsgálati módszer magában foglalja az indukciót (a probléma feltérképezését), a dedukciót (az elméletek és feltevések ellenőrzését) és az abdukciót (a kapott eredmény értelmezéséhez a rendelkezésre álló magyarázatokból a legmegfelelőbb megtalálása). Az oktatástechnológia területén a DBR-t a gyakorlati oktatási problémák megoldására a technológiai alkalmazások tervezésével és felhasználásával (Lavonen és Juuti, 2006).

Jellege szerint természethű kutatás, amely olyan elméleteket használ, amik a jelenségeket helyi kontextusban értelmezik. A hangsúlyt a tervezési folyamat kvalitatív leírására helyezik. Kutatási eredményeit nem általánosítják, mivel a tervezési folyamatot állandóan változtatják, alakítják az adott környezet jellegéhez igazodva. A módszer szellemében készítettünk kollégáimmal elektronikus tananyagot a hullámtan tárgyalásához.

## **II. Saját kutatások**

Saját kutatásaimat a tézisfüzetben bemutatott sorrendben ismertetem.



# 2.

## Periodikus mozgások szakköri vizsgálata android applikáció segítségével ([S1], [S3], [S5], [S8])

A fizika tanításában a *kinematika* meghatározó fontosságú tananyag (*Juhász és tsai, 2015*), hiszen ezzel a tananyagrésszel történik a tanulók bevezetése a fizika mennyiségi szintű tárgyalásába. Itt mutatjuk meg először a diákok számára a megfigyelés, kísérletezés, mérés, fogalom és elméletalkotás egymásra épülő gondolatsorát. Alapvető fontosságú, hogy ezt a folyamatot meggyőző és jól reprodukálható mérésekre alapozzuk. A mozgó, kiterjedt test helyzetének megadása adott koordinátarendszerben, az idő függvényében nem egyszerű kísérleti feladat a diákok számára. Az idők során folyamatosan bővült és fejlődött az alkalmazható eljárások tárháza, amelyek a mindennapi életben is számos helyen megjelennek.

A számítógép megjelenése (*Bérces, 2002; Bérces és Főzy, 1991*), a technika rohamos fejlődése alapvető változásokat hozott ezen a területen. A klasszikus módszerek – úgymint az elektrosztatikus nyomrögzítés, a stroboszkopikus módszerek, fénykapuk, kódlécek, grafikus kalkulátorok (*Molnár, 2002*) – mellett megjelentek az új, modern eljárások, mint a lézeres és ultrahangos távolságmérés (pl. vektoroszkóp), a GPS-en és a videotechnikán alapuló eljárások (pl. Videopoint, Webcam-Laboratory), szimulációk (*Sudár, 2005*), illetve a technika legújabb vívmányaként már a digitális fényképezőgépek (*Szakmány és Papp, 2007*) és az okostelefonok is használhatóak a fizika tantárgy oktatása során. Némelyik eljárás tökéletesen alkalmas arra, hogy velük a diákok végezzenek mérést, kísérletet, akár egyénileg, párban vagy kisebb csoportokban. Fontos kihangsúlyozni, hogy a klasszikus módszerek mérési elvének megismerése nélkül átlépni a modern eljárásokra komoly veszélyeket rejt, ugyanis a modern eljárások gyakran elfedik a mérés lényegét, ami a fizikai alapgondolat megértésének rovására mehet.

### 2.1 A periodikus mozgások tárgyalása

Gyakran okoz nehézséget a kinematika tanítása során a periodikus mozgások tárgyalása, hiszen a diákoknak itt már egyidejűleg több szempontot kell figyelembe venniük: a mozgás

irányát és annak ismétlődő változását. Az élővilágban, sőt az anyagi világban mindenütt jellemző ez a mozgásfajta, így már a természetismeret tanításának kezdeti szakaszán nagyon sok példát említhetünk a tanulóknak. Az izmok összehúzódásának és elernyedésének periodikus váltakozása az alapja a szívműködésnek, a légzésnek, de az ún. perisztaltikának is, amely a férgek esetében magának az állatnak a helyváltoztató mozgását eredményezi. Ilyen periodikus mozgások következménye a nappalok és az éjszakák váltakozása, vagy az évszakok változása, ilyen mozgások alapján működnek a karórák, (akár mechanikus, akár elektronikus), továbbá ilyen jelenségek biztosítják a mikrohullámú sütő vagy a mobiltelefon működését. Összességében elmondhatjuk, hogy számtalan lehetőségünk nyílik a diákok érdeklődésének felkeltésére a témakör iránt.

<sup>1</sup>A 9. évfolyamon az egyenletes körmozgás tárgyalásával történik a görbe vonalú mozgásokkal való megismerkedés. (A korábban előkerülő vízszintes hajítás tanításakor a mozgást két egyenes vonalú mozgásra – egyenletesre, és szabadesésre – bontjuk, megemlítve a pálya alakjának parabola jellegét.) Itt jut először fontos szerephez a test kinematikai jellemzőinek (sebesség, gyorsulás) vektortermészete (Ebben az esetben a sebesség iránya a mozgás során pontról pontra változik). A tanár dolgát jelentősen megnehezíti, hogy a vektor fogalma, tulajdonságai illetve a vektorműveletek matematikából csak a 10. évfolyam során kerülnek elő. Ez különösen nagy gondot jelent a kerületi sebesség illetve a centripetális gyorsulás viszonyának tárgyalásakor, nem is beszélve változó körmozgás esetén a gyorsulás vektor tangenciális és radiális komponensekre való bontásáról. Itt érdemes megjegyezni, hogy ez a dinamika témakörénél is megnehezíti a lejtőn való mozgás elsajátítását, és minden olyan feladat megoldását, ahol az erővektort érintőirányú és normális összetevőkre kell bontanunk.

Körmozgás esetén tehát a test úgy kerül vissza a kiindulási helyére, hogy önmagába záródó pályán mozog. Ha az ilyen vissza-visszatérés egyenes mentén történik, akkor a rezgőmozgásról beszélhetünk, amely a természetben az egyik leggyakoribb mozgásforma. Rezgőmozgással nemcsak a mechanikában, hanem a fizika egyéb területein (elektromágnesség, atomfizika) is találkozhatunk. A csillapítatlan rezgőmozgások közül az egyik legfontosabb

---

<sup>1</sup> A dolgozat készítésekor egy most már hatályon kívüli Nemzeti Alaptanterv volt érvényben (2012-es NAT). Az új NAT (2020) tükrében – meglévő tapasztalatok hiányában – a dolgozat bizonyos részei egyelőre nem tárgyalhatók újra.

típus a rugóra függesztett test által végzett rezgőmozgás, melynek kvantitatív tárgyalására a 11. évfolyam során kerül sor.<sup>2</sup>

Ismét új mozgásfajtához érkezünk az ingamozgás tárgyalásakor, amely – a rezgőmozgáshoz hasonlóan – a megfelelő matematikai apparátus hiányában (többek között a szögfüggvények fogalma), a szükséges mozgástani összefüggésekkel szintén csak a fizika tanulmányok végső szakaszában tárgyalható.

Elmondhatjuk, hogy ennek, a diákok számára érdekes, a természetben gyakran előforduló mozgástípusnak bizonyos fejezetei a matematikai „hiányosságok” miatt, csak a fizika tanulmányok utolsó évében (11. évfolyamon) tárgyalhatók. Tapasztalatom szerint az ekkor megtanítandó tananyag mennyisége és nehézségi szintje nem teszi lehetővé a periodikus mozgások témakörének komplex, mély és a tanulási módszereket tekintve változatos tanítását. Az sem túl szerencsés tényező, hogy a három mozgástípus közül az egyik (körmozgás) két évvel korábban, teljesen elkülönülve kerül tárgyalásra. A probléma megoldása érdekében kidolgoztam egy okostelefonos applikációra épülő szakköri anyagot (2.5. fejezet), amely segítségével lehetőség nyílik a periodikus mozgások egy időben történő, kvalitatív jellegű tárgyalására, illetve egyszerűbb számításos feladatok megoldására. Ennek segítségével a témakör már a 9. évfolyam során tanítható, hiszen a feladatok megoldása nem igényli azokat a matematikai ismereteket, amelyek csak a felsőbb gimnáziumi években kerülnek elsajátításra.

## 2.2 Az okostelefonnal történő kísérletezés sajátosságai

A fénytán témakörének megalapozásához elkerülhetetlen a periodikus mozgások (körmozgás, inga, rezgések) részletes, kísérletekben bővelkedő vizsgálata. Az ide kapcsolódó fogalmak elméleti bevezetése a szükséges absztrakciók és a felhasználandó matematika nehézsége miatt gyakran okoz problémát középiskolai szinten. Ezért is érdemes minél több és színesebb új utat, módszert keresni a témakör feldolgozásához. Ezt többen meg is tették mind hazánkban, mind nemzetközi vonatkozásban. Az ELTE fizikatanári doktori iskolájának volt illetve jelenlegi hallgatói közül többen is érintették már ezt a témakört.

*Medvegy Tibor* (Medvegy, 2014) és *Szittyai István* ([http://archive.galileowebcast.hu/20160930\\_Kutatok\\_Ejszakaja\\_Ericsson\\_2016/20160930\\_Kutej\\_Ericsson\\_K\\_Szittyai\\_Istvan--Merolabor\\_a\\_zsebben.html](http://archive.galileowebcast.hu/20160930_Kutatok_Ejszakaja_Ericsson_2016/20160930_Kutej_Ericsson_K_Szittyai_Istvan--Merolabor_a_zsebben.html)) okostelefon segítségével végeztek kinematikai méréseket,

---

<sup>2</sup> Rezgőmozgás periódus idejének meghatározása gyakran szerepel a középszintű szóbeli fizika érettségi mérőkísérlete között.

illetve vizsgáltak mágneses tereket. Továbbá több külföldi kezdeményezést is megemlíthetünk, amely okostelefonok tanórai alkalmazásához nyújtanak segítséget, adnak ötleteket (*pl. iStage 2 – Smartphones in Science Teaching*).

Éppen ezért fontosnak érzem, hogy a saját megközelitésem új, a mások által a tanításban korábban alkalmazottaktól eltérő vonásait kiemeljem. Megmutattam, hogy a diákok számára az olyan absztrakt fogalmak elfogadását és megértését, mint például a periodikusan változó gyorsulás, jelentősen megkönnyíti az okostelefonnal történő szemléletes megjelenítés, hiszen ezen eszközök nélkül, illetve a tanulók megfelelő aktivitása hiányában ezek a mérések nagyon nehezen valósíthatók meg.

A modern eszközök alkalmazása a fizika tanítás során, illetve a „hightech” technológia beépítése a tanítási folyamatba jelenleg igen aktív kutatási területe a tanításmódszertannak. A klasszikus nyomkövető eljárások mellett megjelentek a lézeres, az ultrahangos, a GPS-en és videotechnikán alapuló módszerek. Az okostelefonok által kínált számtalan applikáció oktatásban történő felhasználhatóságát intenzív tudományos érdeklődés övezi (*Sliško és Coca, 2013*). Az interneten keresgélve számos kinematikai méréshez kapcsolódó ingyenesen letölthető applikációt találunk. A doktori munkámban feldolgozott fizikai jelenségek vizsgálatakor döntő többségben alkalmaztuk a fent említett technikákat, eszközöket, az adott tanulói csoporthoz, illetve tanítási szituációhoz illesztett módon.

Érdeemes kitérnünk azonban az okostelefonok tanórai használatának esetleges nehézségeire is. Sajnos a fizika iránt kevésbé érdeklődő diákoknál megeshet, hogy nem a tanár által kért applikációval foglalkoznak, hanem más oldalakon (*pl. Facebook*) kezdenek el tevékenykedni, videókat töltenek be vagy egyszerűen játszanak a telefonjukon. Ezt nagyon nehéz (gyakorlatilag lehetetlen) a tanárnak ellenőrizni, különösképp a nagylétszámú osztályok esetén. Ennek kockázatát növelheti, ha a tanár kevésbé jártas az applikációk használatában, és így előfordulhat, hogy munka közben a diák elveszti az érdeklődését, és mással kezd foglalkozni. Fontos tehát, hogy megfelelő tempóban, gördülékenyen végezzük a méréseket.

Természetesen érdemes megemlíteni, hogy az ilyen jellegű órák megtartásához elengedhetetlen a megfelelő WIFI kapcsolat, ami szintén sok középiskolában még megoldatlan probléma.

### 2.3 Az android applikációk alkalmazhatósága projektfeladatok megvalósítása során

A fiatalok döntő részének az okostelefonok és a tabletek a mindennapi élet szerves részévé váltak, a 12-13 éves gyerekek 85%-a rendelkezik saját mobilkészülékkel. Ez a korosztály már úgy nőtt fel, hogy egész kis korban megismerkedett a modern technikával és nap, mint nap felhasználójává vált. Ez is indokolja, hogy a digitális technológia egyre jobban beépülhet az iskolai tanórák menetébe. Fontos megmutatnunk a diákok számára, hogy ezek az eszközök többek annál, minthogy segítségükkel a közösségi oldalakon és különböző csevegő programok használatával kapcsolatot tartsanak az ismerőseikkel (*Oprea és Miron, 2014*).

A mai okostelefonok számos olyan szenzort és az abból érkező adatok feldolgozására használható szoftvert tartalmaznak, amelyek messze túlmutatnak a hagyományos fizikaszertárak eszközei által nyújtott lehetőségeken (*Chevrier, 2013*). A stopper és a számológép már a régebbi telefonokban is megtalálható volt, de míg a számológépek esetén csak az alapl műveletek elvégzésére volt használható, az okostelefonok már lehetővé teszik a tudományos számológép funkciókkal ellátott program használatát. Ezen kívül lehetőséget adnak különféle adatbázisokat tárolására is, mint például az *ElectroDroid* illetve a *Periodic Table*, vagy a fizika alapösszefüggéseit tartalmazó szoftver, például a *Pocket Physics letöltésére*, amely képletekből és az azokhoz tartozó rövid szöveges ismertetőkből áll (*Medvegy, 2014*).

Az okostelefonokat különféle érzékelőkkel szerelik fel, melyek közül a legalapvetőbb a mikrofon. A szenzor által szolgáltatott adatokat különféle elemzéseknek vethetjük alá. Mérhetjük például hangforrások erősségét különböző távolságokból a *Sound Meter* nevű alkalmazás segítségével, vagy vizsgálódhatunk frekvencia szempontjából is különféle programok (*FrequenSee* vagy *RTA Analyzer*) segítségével.

Diákjaimmal az okos telefonok egyik nélkülözhetetlen szenzorát, a háromtengelyes gyorsulásmérőjét használva végeztünk mérőkísérleteket, kimondottan a periodikus mozgások témaköréhez kapcsolódóan. Segítségével számtalan mérést végezhetünk el, hiszen több alkalmazás képes valós időben grafikonon megjeleníteni, illetve később elmenteni a telefon gyorsulásának pillanatnyi értékeiket. A telefont egy kizárólag haladó mozgást végző objektumra is rögzíthetjük (távírányítós kisautó), de akár rezgő (rugó) vagy forgó (lemezzjátzó) rendszerekre is helyezhetjük.

A mérőkísérletek során Androidos telefont használtunk, de természetesen Apple iPhone-ra és újabb típusú Windows Phonra is léteznek hasonló applikációk. A szoftver követelményeket tekintve általában Android 4-es verziónál újabb szükséges, de az adott

“áruház” mutatja, hogy melyik applikáció mivel kompatibilis. Méréseink során konkrétan *Samsung Galaxy S6 Edge* telefont használtunk.

A telefon kisméretű képernyője természetesen nem alkalmas arra, hogy a méréshez használt alkalmazásokat egy osztálynyi tanuló egyszerre láthassa, így érdemes a mért adatokat számítógépre exportálni és kivetítve őket a gépen vagy táblánál kiértékelni. Az adatexportálás lehetősége a legtöbb szoftver esetén elérhető, mi legtöbbször a *Team Viewer* programot használtuk. Egyéb esetekben pedig egyszerűen képernyőmentéseket készíthetünk telefonunkról például az *Easy Screenshot* alkalmazás segítségével.

Mivel a kísérleteket végző diákok még a matematika tanulmányaik kezdetén voltak, így nem ismerték a szögfüggvények fogalmát, vizsgálataink erősen kvalitatív jellegűek voltak, a hozzá kapcsolódó feladatok pedig elsősorban becslést igényeltek. Ennek ellenére a tanulók meglepően pontos megállapításokat tettek a mozgások jellemzésével kapcsolatban, mint például a sebesség és a gyorsulás értékek periodikus változása.

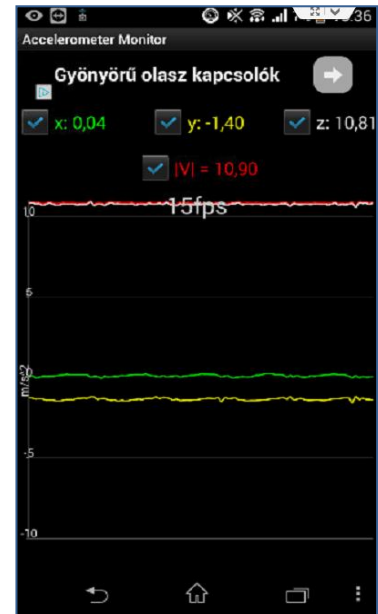
A vizsgált mozgástípusok között szerepelt az egyenletes körmozgás, az ingamozgás és a rezgőmozgás. Az első mozgásfajtát a diákok fizika óráról már jól ismerték, precíz tárgyalása ekkorra már megtörtént. A témakör tanórán történő tanítása során azonban mindvégig az volt az érzésem, hogy a diákok inkább elhiszik nekem, mintsem valóban látják, hogy egy szemmel láthatóan egyenletes mozgásnak lehet gyorsulása. Tapasztalatom szerint a 9-es diákok absztrakciós szintje még nem elegendő ahhoz, hogy meggyőző kísérlet nélkül belássák ezt a tényt. Viszont a régi, hagyományos kísérleti eszközökkel gyakorlatilag lehetetlen a centripetális gyorsulás megjelenítése. Ezért volt nagy segítség az okostelefon által nyújtott applikáció. Természetesen, hogy ne szimplán egy telefonos játékká váljon a kísérletezés, a mérés elvégzése előtt a diákokkal elmélyedtünk a háromtengelyes gyorsulási mérő szenzor működési elvében, tisztázva az egyes tengelyek szerepét.



1. ábra A lemezjátszóra rögzített telefon

A mérés elvégzéséhez a telefont kétoldalú ragasztó segítségével rögzítettük a kb. 30 cm átmérőjű lemezjátszóhoz, és az applikáció elindítása után ellenőriztük az elhelyezés pontosságát. A telefon képernyőképét a *Team Viewer* program segítségével laptopra exportáltuk. A lemezjátszó fordulatszámát 45 1/min-re állítottuk, majd bekapcsoltuk.

Elsőként a telefon gyorsulásérzékelőjének helyét határoztuk meg lemezjátszó segítségével, gyakorolva közben a körmozgás kapcsán tanult összefüggésekhez kapcsolódó számításokat. Az ábrán egy próbamérés eredményei láthatók. A három görbe az egyes tengelyek mentén mért gyorsulás adatokat mutatja. A felső görbe ( $z$ ) az ábra síkjára merőleges tengelyen mért értékeket mutatja, itt a gravitációs gyorsulás értékét láthatjuk. A középső görbe ( $x$ ) a körmozgás során fellépő gyorsulás tangenciális komponensét adja, ez természetesen jelen esetben az egyenletes körmozgás következtében zérus. Az alsó adatsor ( $y$ ) pedig a gyorsulás radiális komponensét adja meg.



2. ábra Az Accelerometer Monitor applikáció által mért gyorsulás értékek

Az első lépésben mindhárom tengelyt bekapcsolva hagytuk, és megkértem a tanulókat, hogy figyeljék a mutatott értékeket. Megállapították, hogy csak a lemezjátszó középpontja felé mutató tengely irányában mért értékek változtak meg jelentősen a nyugalmi helyzethez képest (természetesen a telefon érzékenysége miatt a másik két irányt tekintve is voltak apróbb ingadozások, de ezek mértéküket tekintve elhanyagolhatóak voltak a harmadik irányhoz képest). A  $z$  tengely irányában továbbra is (átlagosan)  $10 \text{ m/s}^2$  körüli érték volt látható, az  $x$  tengely mentén pedig közel nulla volt. Az  $y$  tengely irányában mért gyorsulásadat azonban jelentősen megváltozott, és a mérés során végig konstans értéket mutatott. Ezáltal lehetőség volt meggyőzni a tanulókat arról, hogy a szemmel láthatóan egyenletesen forgó lemezjátszóra rögzített telefont – mint körmozgást végző testnek – valóban van gyorsulása, és az a körpálya középpontja felé mutat.

Második lépésként meghatároztuk a telefon gyorsulásérzékelőjének helyét az általa mutatott érték alapján a már korábban, tanórán megismert összefüggések segítségével. A fordulatszám ismeretében kiszámítottuk a lemezjátszó forgatási sebességéhez tartozó szögsebességét, majd meghatároztuk a szenzor forgástengelytől mért távolságát.



3. ábra Az egyenletes körmozgás centripetális gyorsulása

$$n = 45 \frac{1}{\text{min}} \quad f = 0,75 \frac{1}{\text{s}}$$

$$\omega = 2\pi f = 4,71 \frac{1}{\text{s}}$$

$$R = \frac{a_{cp}}{\omega^2} = \frac{1,25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{(4,71 \frac{1}{\text{s}})^2} = 0,056 \text{ m} = 5,6 \text{ cm}$$

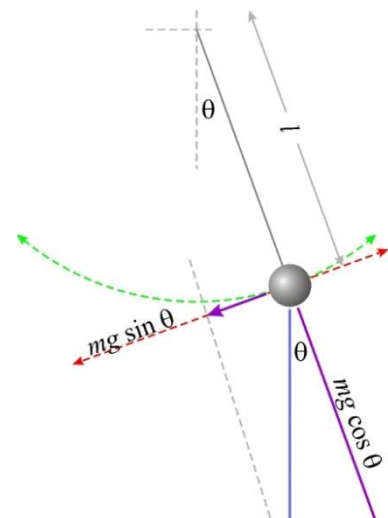
## 2.4 További elvégezhető mérések

A periodikus mozgások témakörében ezek után az ingamozgás és rezgőmozgás kvalitatív vizsgálata következett (Vogt és Kuhn, 2012). Az okostelefont fonálingaként használva mértünk illetve a mért adatok segítségével meghatároztunk különböző, az ingamozgás jellemzésére szolgáló fizika mennyiségeket, amelyeknek a kiszámításához szükséges képletek csak 11. évfolyamon ismertetjük meg a diákokkal.

A fonálinga elhanyagolható tömegű,  $l$  hosszúságú fonálból és a rajt függő kisméretű,  $m$  tömegű testből áll. Az ingára szabad erőként csak a nehézségi erő hat. Az egyensúlyi helyzetéből kitérített inga csillapítatlan periodikus mozgást végez.

Az ingatestre a nehézségi erőn kívül a fonálban ébredő kényszererő ( $K$ ) hat. Ezen két erő sugárirányú komponense biztosítja a körpályán való mozgáshoz szükséges centripetális erőt. A sugárirányú gyorsulásra felírható dinamikai egyenlet, az ábra jelöléseivel:

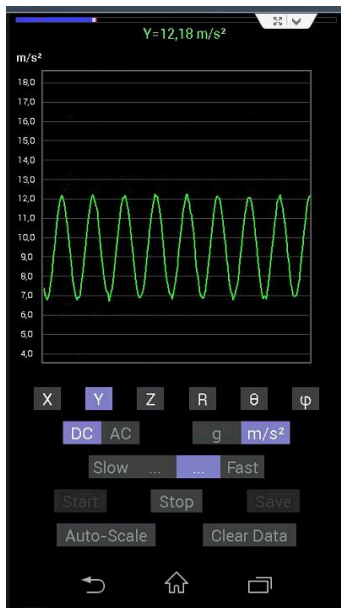
$$K - mg \cos \theta = m \frac{v^2}{l}$$



4. ábra Az ingamozgás során fellépő erőhatások

[https://hu.wikipedia.org/wiki/Matematikai\\_inqa#/media/F%C3%A1jl:Pendulum.jpg](https://hu.wikipedia.org/wiki/Matematikai_inqa#/media/F%C3%A1jl:Pendulum.jpg)





5. ábra A tangenciális gyorsulás grafikonja

Az érintő irányú gyorsulásra pedig:

$$mgsin\theta = ma_t$$

Mivel az egyenletes körmozgás vizsgálatánál már találkoztunk már konstans gyorsulással, most az ingamozgás – a diákok számára meglehetősen érdekesen változó – tangenciális gyorsulásával foglalkoztunk.

A diákokkal összeállítottuk a középszintű érettségi méréseknél használt fonálingát, csak az ingatest szerepét most az okostelefon töltötte be, amit kis kitéréssel lengésbe hoztunk. A diákok megállapították, hogy ennél a mozgásnál a gyorsulás nem állandó érték, de meghatározott szakaszonként ismétlődő „mintát” mutat.

Matematika órán ekkora már találkoztak a diákok a periodikus függvény fogalmával, így könnyen észrevették a hasonlóságot a már látott és a jelen grafikonok között. Ez volt az első alkalom, hogy a diákok periodikusan változó gyorsulású mozgással találkoztak, aminek a 11. évfolyamon – az ingamozgás tárgyalásakor – nagy hasznát vették.

Az utolsó vizsgált mozgástípus, amely a periodikus mozgásokhoz tartozik, a rezgőmozgás volt. Ennek legegyszerűbb kísérleti megvalósítási módja a rugóra akasztott test, amely két szélső helyzet között – az ingamozgáshoz hasonlóan – periodikusan ismétlődő mozgást végez.

A gyorsulás, definíció szerint a következő egyenlettel írható le:

$$a = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x$$

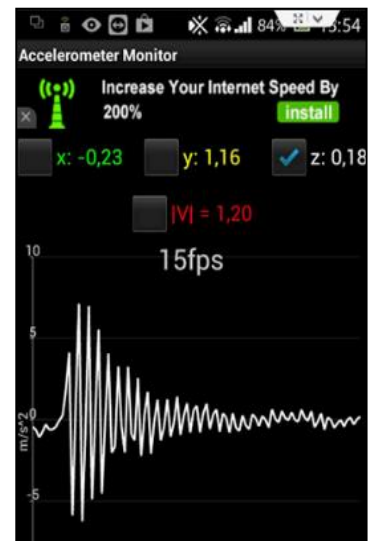


6. ábra Rugón rezgő test

A test gyorsulása egyenesen arányos a kitéréssel és azzal ellentétes irányú, továbbá periodikus függvénye az időnek. Az összefüggés szintén a 11. évfolyam során válik a diákok számára ismertté.

A valóságban végbemenő mozgások többségében azonban fellép valamilyen súrlódás jellegű csillapító erő. Az ilyen mozgásokra jellemző, hogy a mechanikai energia disszipálódik, elvész, így a mozgás energia-utánpótlás hiányában idővel megszűnik. Az energia-disszipáció fogalmával a tanulók már a 9. évfolyam során találkoznak, így érdemes volt tárgyalnunk a csillapított rezgőmozgás fogalmát.

A csillapodó rezgések tekintetében megkülönböztetünk folyadékos (exponenciális) és lineáris csillapítást. Folyadékos csillapítás esetén a csillapító erő a sebességgel arányos és azzal ellentétes irányú (pl. közegellenállási erő). Ekkor a rezgés amplitúdója exponenciálisan csökken az idővel. Ha a rugón függő test mozgását levegő csillapítja, a test nagyon hosszú ideig mozoghat, az energia lassan emésztődik fel. Folyadékkal (pl. víz) történő csillapítás esetén a csillapodás lényegesen gyorsabb. Nagyon sűrű csillapító folyadék esetén (pl. méz) előfordulhat, hogy a kitérített test lassan belecúsúszik az egyensúlyi helyzetébe, anélkül, hogy egy oszcillációt is végezne. Súrlódási erő által történő csillapítás esetén a testre a rugóerő és a nehézségi erőn kívül egy, a sebesség nagyságától független, állandó nagyságú, azzal ellentétes irányú erő hat. Az amplitúdók csökkenő számtani sorozatot alkotnak, ezért a csillapodás lineáris.



7. ábra A rugón rezgő test gyorsulás-idő függvénye

A rugón rezgő test mozgását figyelve, a diákok könnyen észrevehették, hogy a mozgás nem teljesen periodikus, a test kitérése – így a gyorsulása is – egyre csökken az idő függvényében, amit az applikáció által mutatott gyorsulás-idő függvényen is nyomon követhettek.

Az itt felsorolt három mozgástípushoz tartozó okostelefonos mérésekből készítettek diákjaim előadást, melyet számos alkalommal bemutattak, mind érdeklődő diákok számára, mind tudományos konferenciákon.

## 2.5 Mérési feladatok tehetséggyógyító szakköri feldolgozásra

A következőkben ahhoz a projekthez tartozó feladatsor látható, amit a 9. évfolyamos tehetséggyógyító szakkörön résztvevő diákok számára állítottam össze. A feladatok megoldásához az okostelefonon kívül a tanulók számológépet, négyjegyű függvénytáblázatot és laptopot/tabletet használhattak.

### Csillapított harmonikus rezgőmozgás

Helyezd a telefonodat a rugón lévő tartóba, majd rögzítsd a rugót az állványhoz! Indítsd el a telefonodhoz csatlakoztatott laptop segítségével az Accelerometer Monitor alkalmazást! Fügőleges irányban, kis mértékben kitérítve a telefont, hozd rezgőmozgásba az eszközt, majd rögzítsd a kirajzolt gyorsulás-idő függvényt a laptopon! Elemezd a kapott grafikont a következő szempontok szerint:

- *Határozd meg a periódusidőt!*
- *A periódusidő ismeretében határozd meg a rugó rugóállandóját!*

A függvénytáblázatban a következő összefüggést kellett megtalálniuk és használniuk:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$$

- *Határozd meg a rezgés szögsebességét! Olvasd le a 2. periódusban a maximális gyorsulást, majd határozd meg a maximális sebességet és az amplitúdót!*

A használandó összefüggések:

A szögsebesség:  $\omega = \frac{2\pi}{T}$

A maximális gyorsulás:  $a_{max} = A\omega^2$

A sebesség maximuma:  $v_{max} = A\omega$

- *Két szomszédos periódus maximális sebessége alapján határozd meg, hogy a mozgási energia hány százaléka vesz el a csillapítás során!*

$$E_{mozg} = \frac{1}{2}mv^2$$

### Ingamozgás

A diákok kaptak kb. másfél méter hosszúságú fonalat, amihez az előző kísérletnél használt telefontokot erősítették. A kísérletet előtte elvégezve azt tapasztaltam, hogy az összeállítás (bár a telefon hossza nagyobb, mint a fonál hosszának tized része) matematikai ingaként viselkedik.

- *Olvasd le a kapott grafikonról az inga lengésidejét!*
- *Határozd meg a gravitációs állandó értékét! Hány százalékos eltérést tapasztalsz az irodalmi értékhez képest? A  $g$  értékét  $9,81 \text{ m/s}^2$ -nek véve milyen hosszúnak adódik a fonál hossza? Mi lehet az eltérés oka? (A kapott fonálhossz nagyobb, mint a tényleges érték, ami a telefon kiterjedésével magyarázható.)*

A periódusidő meghatározásához:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

### Az egyenletes körmozgás vizsgálata

- *Add meg a körmozgás periódusidejét!*
- *Határozd meg hol található a telefon gyorsulás-érzékelője!*

A lemezjátszóra helyezett mobiltelefon egyenletes körmozgást végez, gyorsulása állandó nagyságú, és a kör középpontja felé mutat. Állítsunk be különböző fordulatszám értékeket, és olvassuk le a gyorsulás nagyságát!

A távolság a következő összefüggésből számítható:

$$a_{cp} = r\omega^2 = r(2\pi f)^2$$

ahol  $r$  a körpálya sugara, azaz az érzékelő távolsága a kör középpontjától,  $f$  pedig a frekvencia. Ezt kiszámítva az érzékelő helye a telefonon meghatározható.

## 2.6 Eredmények

A kidolgozott mérések és feladatok saját tapasztalataim szerint hasznosnak bizonyultak a tanórai és szakköri munkában. Természetesen ez nem jelent bizonyító erejű pedagógiai megalapozást a felhasználhatóságról. A kidolgozott munkákat ezért tanári és diákrendezvényeken is bemutattuk. Az első okostelefonokkal kapcsolatos projekt munka, ami a diákjaimmal megvalósításra került, a II. Győri Tudományfesztivál - Kísérletbazar rendezvényére készült 2015-ben, ahol munkájukkal elnyerték a Csodák Palotája által felajánlott díjat, jómagam pedig a legjobb felkészítőtanárnak járó elismerést vehettem át. Ezt követően a tanulók méréseiket bemutatták a II. Természettudományos Oktatási Szakkiállításon Kecskeméten (2015. október 3.), illetve részt vettek az Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet és a Microsoft Magyarország által szervezett Így tanulunk mi! szakmai konferencián 2015. október 20-21-én, Budapesten, ahol egy tanár-diák innovációkat bemutató interaktív kiállítást tartottak az érdeklődők számára. A projekttel részt vettek továbbá a Szombathelyen is megrendezésre kerülő Kutatók Éjszakáján és a hozzá kapcsolódó Science Fair vetélkedőn 2015-ben, ahol első helyezést értek el, valamint elnyerték a közönség díjat is.

# 3.

## **A fotometria témakör elsajátításának egy lehetséges módja a Bring your own device (BYOD) módszer jegyében ([S4], [S9])**

A modern tanulási módszerek kipróbálása során tapasztaltam, hogy a fénytán tanítása során a projektmódszer a BYOD technikával ötvözve kiemelten sikeresen és eredményesen alkalmazható. Pozitív hatással van a diákok fizika tantárgyhoz való attitűdjére, motiválja és segíti a tanulókat az optika fogalmainak mélyebb megértésére. Az alkalmazott módszerek hatására a diákok érdeklődése nőtt, ismereteiket könnyebben mélyítették el, a későbbiekben könnyebben fedeztek fel önállóan törvényszerűségeket az egyes jelenségekhez kapcsolódóan, illetve állítottak össze és végeztek el önálló mérőkísérleteket.

A fényvel való ismerkedés, a hullámtermészet megértése már jóval a 11. évfolyam megkezdése előtt szükséges, hiszen a diákok földrajz órán már korábban találkoznak a napsugárzás jelenségével és jellemzőivel. Azonban ekkor a fogalmak tisztázására fizikai szempontból igazán nincs lehetőségünk, hiszen a gimnáziumi tanulmányok kezdeti szakaszán nem áll a tanulók rendelkezésére a megfelelő matematikai apparátus. Mindenképp érdemes a projektmódszerhez nyúlnunk, így azokra a dolgokra tudunk támaszkodni, melyek viszonylag kézzel foghatóak, így könnyebben érthetőek a tanulók számára.

### **3.1 A projekt célja**

Az okostelefon fénymérő szenzorát használva a fény hullámtermészetéhez kapcsolódó jelenségeket vizsgáltunk szakköri munka során. Projektünk egyik meghatározó célja volt, hogy a diákokat a fényjelenségek kvalitatív vizsgálata a későbbiekben hozzásegítse a fény hullámtermészetének megértéséhez és elfogadásához, valamint az optikai jelenségek kvantitatív értelmezéséhez. A projekt során előtérbe helyeztük a fizika egy, a gimnáziumi tananyag által elhanyagolt témakörét, a fotometriát.

Az ide kapcsolódó szakköri munka közel fél évig tartott, hetente egy-másfél órányi munkát jelentett a diákok számára. A projekt célja a fotometria témakörének alapszinten történő, gyakorlatközpontú, kísérleti munkára épülő elsajátítása, illetve a kapott eredmények

felhasználásával diákelőadások tartása volt. A mérések elvégzése közben kitértünk olyan optikai jelenségekre, törvényekre is, melyek a 11. évfolyamon, a fénytán tanítása során (általában) nem kerülnek tárgyalásra.

A kísérletsorozat középpontjában, a gyakorlati, élet közeli feladatok sikeres végrehajtására való felkészítés, és az ehhez szükséges kompetenciák kialakítása állt. Az alkalmazott módszerek legfőbb előnye, hogy a diákokra kiemelkedően motiválóan hat az ismeretek megszerzésében való önállóság és a társaikkal való kooperatív munka.

A Bring Your Own Device koncepciója szerint, minden diák saját eszközeiből (mobil telefon, tablet stb.) alakítja ki munkakörnyezetét, így a jól ismert eszközök használata nagyban segíti a gyorsabb és hatékonyabb munkafolyamatot (*Devaney, 2012*). A BYOD további előnye, hogy az órákon vagy a szakköri foglalkozásokon kívül lehetőségünk nyílik a diákoknak otthoni mérések elvégzésére, kiértékelésére, és ehhez kapcsolódóan számításon feladatok megoldására (*Jarosievitz, 2015*). Mivel az egyik érintett témakör, a fotometria fogalmai többnyire szinte elő sem kerülnek a gimnáziumi fizika órákon, holott nagyon sok szállal kapcsolódnak mindennapi életünkhöz, mindenképp szükségét érzem, hogy – ha máshol nem is, de legalább szakkörön – szenteljünk időt ennek a témának, akár úgy is, hogy a fogalmakat, törvényeket nem tisztázzuk teljes pontossággal.

A fényjelenségek okos telefonos vizsgálata újszerű, a modern technika felkelti a gyerekek érdeklődését az optika témaköre iránt. A mérést 9. és 10. évfolyamos, tehetséggondozó szakkörön résztvevő diákok végezték. Sem a fizika szaktárgyi ismeretek, sem a matematika eszköztár nem teszi lehetővé, hogy a középiskola ilyen korai szakaszán az optika témakörét precízen, kvantitatív szinten tárgyaljuk. Így a diákok, bár a fényjelenségeket leíró pontos törvényeket még nem ismerik, a mérés segítségével mégis közelebb kerülnek a fény természetének és tulajdonságainak megértéséhez.

## **3.2 Megvilágítás mérése okostelefon segítségével**

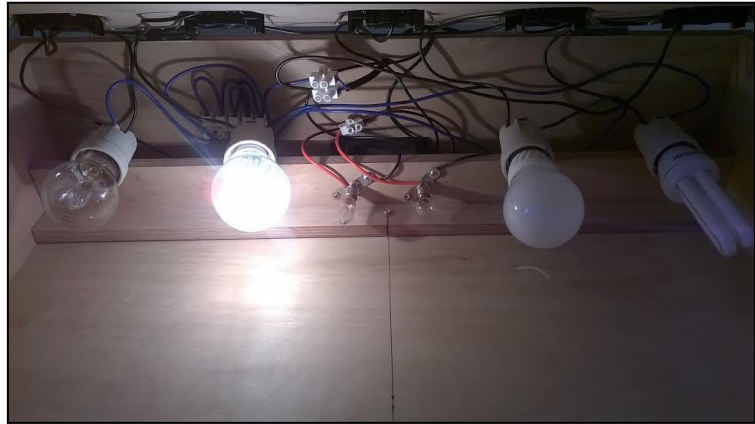
### **3.2.1 Elméleti háttér**

Első lépésként megismertettem a diákokkal a témakörhöz tartozó fizikai fogalmakat (*Porubszky, 1982*). A fotometria – más néven fénymérés – fogalmai többnyire szinte elő sem kerülnek a gimnáziumi fizika órákon, holott nagyon sok szállal kapcsolódnak mindennapi életünkhöz. Így mindenképp szükségét érzem, hogy – ha máshol nem is, de legalább szakkörön – szenteljünk időt ennek a témának, akár úgy is, hogy a fogalmakat nem definiáljuk pontosan,

hanem a mérőeszközre támaszkodva mérési utasítást adunk. Ezen fogalmak közé tartozik a *fényerősség*, melynek mérésére az ún. fotométerek szolgálnak. Ezek közül az egyik legismertebb a Bunsen-féle fotométer, amely az emelt szintű fizika érettségi mérési feladatai között is helyet kapott. (A fotométer működése különböző fényforrásokkal való megvilágítás vizuális összehasonlításán alapul.)

### 3.2.2 A kísérleti eszköz

A kísérleti eszköz külső része házilag gyártott, jól záródó fadoboz volt, melyet *Juhász Gergő* (*Szombathelyi Nagy Lajos Gimnázium*) tervezett meg és készítette el. A nagyméretű dobozba hat különböző fényforrást helyeztünk el, amelyek mindegyike saját kapcsolóval rendelkezett. A



8. ábra A kísérleti eszköz a fényforrásokkal

használt fényforrások: hagyományos, LED, kompakt, halogén, karácsonyfa és kerékpárizzó. Az utóbbi kettőt kis fényereje miatt összehasonlító mérésre nem használtuk, kizárólag a megvilágítás értéküket mértük meg, ami a többi fényforráshoz képest nagyon alacsony érték volt. A telefont mindig ugyanarra a helyre tettük a fényforrásokkal szemközti oldallapnak támasztva, érzékelővel a fényforrások felé.

## 3.3 Az elvégzett mérések

### 3.3.1 Hagyományos izzólámpa és energiatakarékos „kompakt” lámpa relatív fényteljesítményének összehasonlítása

Kiindulásképpen az emelt szintű fizika érettségi szóbeli részén előkerülő, fotometriához kapcsolódó mérést („*Hagyományos izzólámpa és energiatakarékos „kompakt” lámpa relatív fényteljesítményének összehasonlítása*”) végeztünk el a mérési leírás szerinti klasszikus módon, majd ezt követően okostelefon segítségével.

A klasszikus méréshez Bunsen-féle zsírfoltos fotométert használtunk (*Budó, 1991*). A fotométer működési elve egyszerű: ha papírlapon elhelyezkedő zsírfoltot egyik oldalról megvilágítunk, a fényforrás felőli oldalon a folt sötétebb, mint a szemközti oldal, ugyanis a zsírfolt fényáteresztő képessége nagyobb, mint a tartalmazó papíré. Ha mindkét oldalról



megvilágítjuk a fényfoltot, és megtaláljuk a papírlapnak azt a helyzetét, ahol a folt mindkét oldalon azonos fényességű, akkor a folt kétoldali megvilágítása megegyezik.

Mérésünkkel igazolni szeretnénk az optika azon tételét, hogy valamely felület megvilágításának erőssége ( $\Phi$ ) fordítottan arányos a fényforrástól való távolság ( $r$ ) négyzetével.

$$\frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

Ezzel az összefüggéssel a fényteljesítmények aránya meghatározható. A fényteljesítmény – más néven fényáram – arányos a megvilágítással, ezáltal a klasszikus és a modern eljárással kapott eredmények összehasonlíthatók.

A fényforrások kiválasztásánál figyeltünk arra, hogy a gömbök átmérői közel azonosak legyenek. Méréseinkhez 30 W-os halogén izzót, 40 W-os hagyományos izzót és 4 W-os LED-es fényforrást használtunk.

Először a Bunsen-féle fotométeres módszerrel hasonlítottuk össze a hagyományos izzót a halogén izzóval, és a LED-es fényforrással. A méréseket a fent leírtak alapján elvégezve a következőket kaptuk.

	<b>Izzó</b>	<b>LED</b>	<b>Halogén</b>
<b>Izzó</b>	1	0,65	0,36
<b>LED</b>	1,55	1	0,56
<b>Halogén</b>	2,74	1,79	1

1. táblázat A Bunsen-féle fotométeres méréssel kapott értékek

A következő táblázat az okostelefonnal történő mérés eredményeit tartalmazza. A 2-es mérőhelyen lévő megvilágítás értékeket nézve a keresett arányokra a következőket kaptuk.

	<b>Izzó</b>	<b>LED</b>	<b>Halogén</b>
<b>Izzó</b>	1	0,69	0,41
<b>LED</b>	1,45	1	0,60
<b>Halogén</b>	2,41	1,66	1

2. táblázat Az okostelefonnal kapott eredmények

Mindkét táblázat esetén a főátlóban 1-es szám található, ami azt jelenti, hogy az azonos fényforrások fényteljesítményei megegyeznek. A főátló alatti 1-nél nagyobb számok arra utalnak, hogy az adott fényforrás fényteljesítményei nagyobbak a másikénál. A kapott értékeket vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a halogén izzó a legerősebben, a LED-es pedig a legkevésbé fényes. A két táblázatot nézve elmondhatjuk, hogy a különböző mérésekkel kapott értékek jó közelítéssel megegyeznek.

### 3.3.2 A fényvisszaverődés jelensége

A fényvisszaverődés minden tanuló számára ismert (*Juhász és tsai, 2015*). Bár a törvény precíz magyarázata majd csak a 11. évfolyamon kerül elő, a hétköznapiak során számos alkalommal találkozhatnak a jelenséggel, hiszen reggelente mindegyikük tükörbe néz, vagy látta már a tó felszínén visszatükröződő part képét. Tehát a jelenség ismert, csupán a precíz fizikai vonatkozások hiányoznak a gimnázium kezdeti szakaszán.

A fényvisszaverődés jelenségéhez kapcsolódva a következő mérést végeztük el. Egyszerre csak az egyik fényforrással foglalkoztunk. Azokat különböző foglalatokba csavarva, változtattuk a dobozban lévő pozíciójukat. A leolvasott értékekből észrevettük, hogy a megvilágítás értékek megváltoznak. Ennek oka természetesen az, hogy a különböző helyekre kerülő izzók fénye az eltérő pozíciókban másként verődik vissza a doboz faláról, így a telefon szenzora más fényerőt detektál.

A fényforrásokat négy különböző helyre téve, és több mérést is végezve feljegyeztük az egyes megvilágítás értékeket. Várakozásainknak megfelelően a szimmetrikusan elhelyezkedő foglalatokban (1. és 4. illetve 2. és 3.) a megvilágítás értékek is közel azonosnak bizonyultak.

Hely	LED	Kompakt	Halogén	Izzó	ÁTLAG
1	51,45969	74,0381	89,9927	66,08643	70,39423
2	97,47277	96,75009	98,17385	97,509	97,47643
3	100	100	100	100	100
4	53,68192	79,94023	99,19649	63,65546	74,11853

3. táblázat A 3. mérési helyet 100 %-nak tekintve az egyes mérési pontok %-os „súlya”

### 3.3.3 A megvilágítás teljesítménytől való függése



Kíváncsiak voltunk, hogy vajon hogyan függ a mért megvilágítás értéke a fényforrás teljesítményétől. Ehhez egyszerű áramkört állítottunk össze, amelybe potenciométert és feszültség, valamint árammérőt kötöttünk.

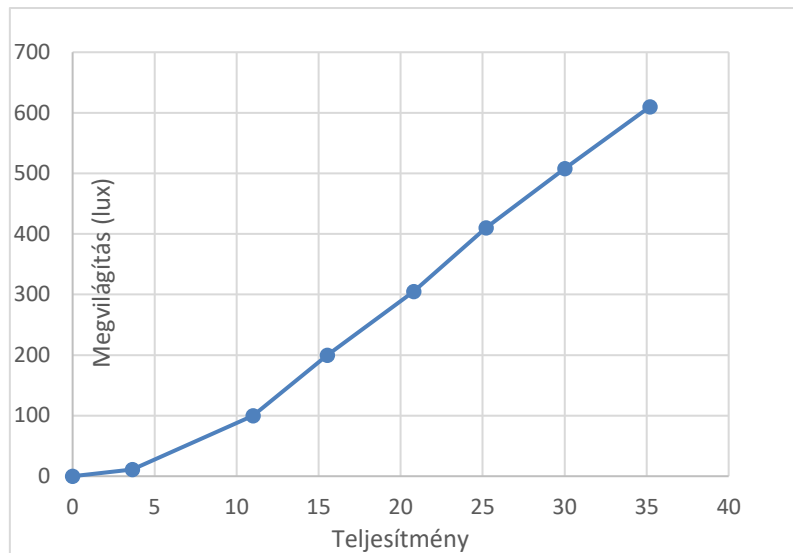
9. ábra Az összeállított áramkör a potenciométerrel és a mérőműszerekkel

A potenciométer segítségével a fényforrásokra eső feszültség nagyságát 0-tól egészen 220 V-ig változtattuk. Az egyes feszültség-áramerősség értékpárokat leolvasva kiszámoltuk a források teljesítményét, miközben feljegyeztük a telefon által mért megvilágítás értékeket.

Feszültség (V)	Áramerősség (A)	Teljesítmény (W)	Megvilágítás (lux)
0	0	0	0
57	0,064	3,6	11,00
110	0,1	11,0	100,00
135	0,115	15,5	200,00
160	0,13	20,8	305,00
180	0,14	25,2	410,00
200	0,15	30,0	508,00
220	0,16	35,2	610,00

1. táblázat A kapott feszültség, áramerősség, teljesítmény és megvilágítás értékek

A megvilágítás értékeket a fényforrás teljesítményének függvényében ábrázoltuk, majd a kapott értékpárookra függvényt illesztettünk.

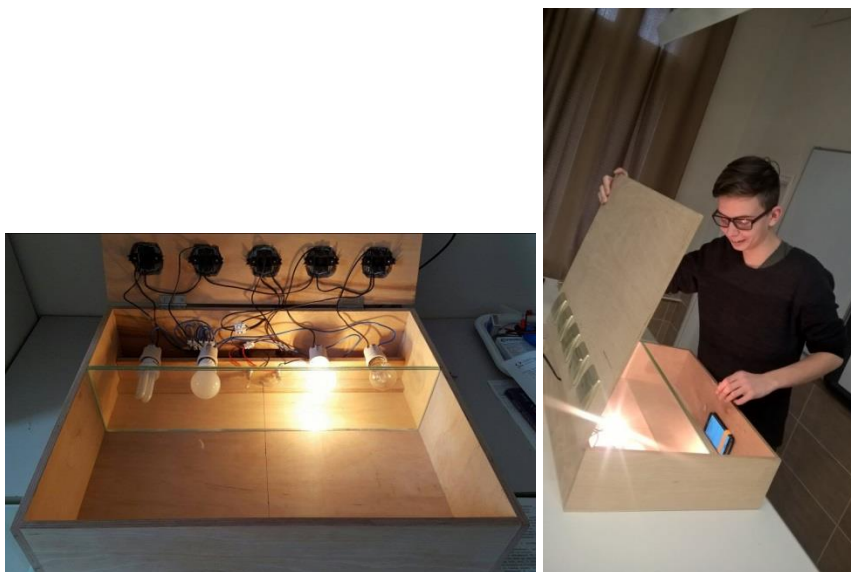


10. ábra A megvilágítás-teljesítmény függvény

A kapott adatokból megállapítottuk, hogy közel lineáris a kapcsolat a mért megvilágítás értéke és a fényforrás teljesítménye között.

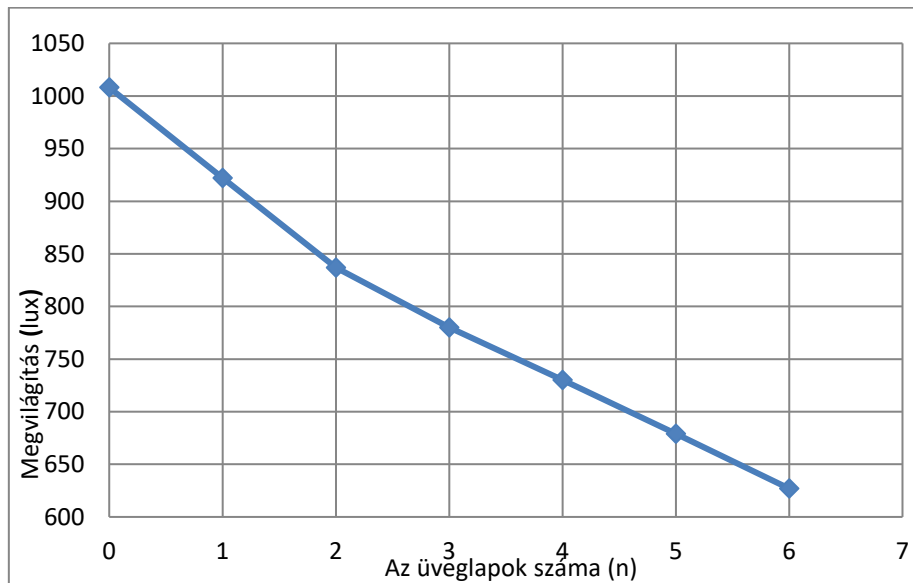
### 3.3.4 A Fresnel-reflexió vizsgálata

Utolsó lépésként megvizsgáltuk a fényelnyelés jelenségét üveglapok által, amely során arra a kérdésre kerestük elsősorban a választ, hogy miként függ a megvilágítás értéke az üveglapok számától. E célból üveglapokat helyeztünk a dobozba – melyek számát 0-ról 6-ra növeltük –, és mértük a megvilágítás értékének változását.



11. ábra Mérés az üveglapok segítségével

Azt tapasztaltuk, hogy a megvilágítás értékek exponenciálisan csökkennek az üveglapok számának növelésével.



12. ábra Az üveglap – megvilágítás függvény

Üveglapok száma (n)	Megvilágítás ( $E_n$ ) [lux]	Áteresztőképességi együttható ( $E_n/E_{n-1}$ )
0	1008	-
1	922	0,915
2	837	0,908
3	780	0,932
4	730	0,935
5	679	0,930
6	627	0,923
<b>Átlag</b>		<b>0,924</b>

5. táblázat A mért megvilágítás értékek és a kapott áteresztőképességi együtthatók

A mért megvilágítás értékeket felhasználva meghatároztuk az (ablak)üveg áteresztőképességi (transzmittációs) együtthatóját ( $E_n/E_{n-1}$ ). Azt kaptuk, hogy egy üveglap a ráeső fénynek ~3,9 %-át veri vissza határfelületenként. A mérésünkhöz a Fresnel-reflexió jelensége (Hudoba, 2002) kapcsolható, ami szintén nem tantervi téma.

A szakirodalom (Budó és Mátrai, 1999) szerint elvégezve a számítást, a következőt kapjuk ( $R$ : transzmissziós együttható,  $n$ : törésmutató):

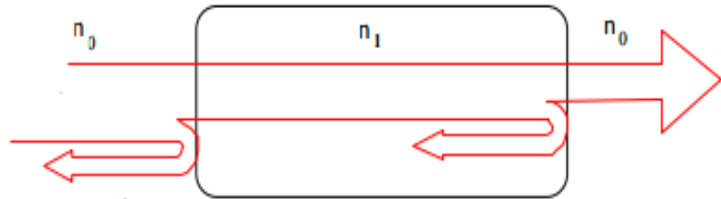
$$R = \left( \frac{n_0 - n_1}{n_0 + n_1} \right)^2$$

$$n_0 = 1,517 \text{ (üveg)}$$

$$n_1 = 1,0003 \text{ (levegő)}$$

$$R = 0,042$$

Tehát a Fresnel-reflexió szerint számolt elméleti érték egy felületre 4,2 %.



13. ábra A Fresnel-reflexió jelensége

A mért értékkel számolva (egy üveglap 2 felületet jelent):

$$\sqrt{0,924} = 0,961$$

$$R = 0,039$$

Az így kapott érték 3,9 % felületenként.

Természetesen ügyeltünk rá, hogy a telefon pontosan szemben helyezkedjen el a fényforrással, így biztosítva a fénysugár merőleges beesését.

Hasonló méréssel találkozhatunk a Kísérleti versenyfeladatok című könyvben, ahol szintén üveglemez reflexióképességének mérése volt a feladat fototranzisztor segítségével (Soós és tsai, 1988).

### 3.4 Eredmények

A diákjaim ezzel a projekttel a 2016/2017-es tanévben beneveztek az ELTE Savaria Egyetemi Központ által meghirdetett, a Kutatók Éjszakája rendezvényhez kapcsolódó Science Fair vetélkedőre, ahol 2. helyezést értek el. Továbbá ugyanebben a tanévben bemutatták munkájukat a Mobilis által szervezett Kísérletbazár rendezvényen is.

A kísérletek több szempontból is nagyon tanulságosak voltak. Egyrészt módot adtak egy „elhanyagolt” téma, a fotometria fontos fogalmainak és összefüggéseinek megismerésére és alkalmazására, miközben egy sok helyen előforduló jelenséggel, a Fresnel-reflexióval is megismerkedhettek a gyerekek.

# 4.

## **Optikai kísérletek tanítása klasszikus és modern módszerekkel ([S4], [S9])**

A gimnázium 11. évfolyamos fizika tananyagának egyik meghatározó, hangsúlyos része az optika témaköre, lévén egy rendkívül összetett, sokágú jelenségkörrel van szó. A fény egy diákok által jól ismert fogalom, azonban ez, a sok helyes előismeret mellett rengeteg tévképzetet is magával hoz. A problémát főleg az okozza, hogy a diákok tapasztalatai, ismeretei mozaikszerűek, hiányosak és nincsenek rendszerbe kapcsolva. A tartalmi problémák feloldását nehezíti az is, hogy a hétköznapi életben illetve tudományban ugyanazokat a szavakat más tartalommal használjuk. Sok pedagógus, többek között jómagam is tapasztalja, hogy azokat a témaköröket, amelyekre vonatkozóan sok a tanulók hozott előismerete, nehezebb eredményesen tanítani, mint a számukra teljesen új dolgokat, fogalmakat. A hozott prekoncepciók korrigálása nem egyszerű feladat még a nagy szakmai tapasztalattal rendelkező pedagógusok számára sem. Legfőbb feladatunk természetesen a fény hullámtermészetének elfogadtatása, magyarázata a diákok számára, ami tapasztalatom szerint még a fizika iránt jobban érdeklődő tanulóknak is problémát okoz.

Már a témakör elején lehetőségünk van arra, hogy említést tegyünk az elektromágneses spektrum nem látható tartományáról, az UV sugárzástól kezdve egészen az orvosi képalkotó diagnosztikáig, támaszkodva a korábbi földrajz illetve biológia órai előismeretekre. Az optika témakörének feldolgozása végén – a fényvel való analógia alapján – történik az atomfizika anyagrészhez kapcsolódóan az elektron hullámmodelljének előkészítése.

Nagy segítséget jelent a témakör tanításakor, hogy a fénytani jelenségek széles skálája bemutatható órai keretek között. Az optikai kísérletek döntő többsége elvégezhető egy hagyományos lézermutató segítségével, így a hullámjelenségek nagy része – visszaverődés, törés, interferencia-elhajlás – könnyen és érdekesen tárgyalható alap órai keretek között is. Ebben a fejezetben bemutatom a már említett klasszikus fénytani kísérletek újragondolását okostelefon illetve LEGO robot segítségével, összehasonlítom a módszerek hatékonyságát, kiemelem az új eljárás előnyeit.

#### **4.1 Módszertani háttér**

Kutatómunkám során két csoportra osztottam a 32 fős osztályomat a 11. évfolyam során, mindkét csoport 16 főből állt. Közel azonos tudásszintű és képességű diákokról volt szó, matematikai kompetenciájukat tekintve is „egyenlőnek” volt mondható a két társaság. Kíváncsi voltam, hogy a modern eszközök, pl. okostelefonok, szenzorok illetve a számítógépen történő mérések végrehajtása mennyiben segíti e témakör precíz, mély elsajátítását. A fizika órák a hagyományos, frontális módon zajlottak az osztály számára, megismerkedtünk a visszaverődés, törés, interferencia, elhajlás jelenségével, miközben klasszikus módon (lézer, síktükör, optikai rács stb.) elvégeztük az idetartozó kísérleteket, méréseket. A kontrollcsoportnak ezek után lehetőséget biztosítottam, hogy kis csoportokban megismételjék a kísérleteket, a tesztcsoport pedig a klasszikus kísérletek megismerése után a saját okostelefonjával ismételte meg azokat. Így mindkét csoport ugyanannyi időt töltött a tananyag feldolgozásával, és a tesztcsoport sem mulasztotta el megismerni a hagyományos eljárásokat. A módszer eredményességét szummatív tesztsorral vizsgáltam, ami tartalmilag megegyezett a diagnosztikus feladatsorral, viszont tartalmazott két pluszkérdést is, ami megválaszoláshoz már komolyabb optikai ismeretek voltak szükségesek. Ezek, a középszintű érettségihez hasonló feleletválasztós tesztkérdések voltak, viszont tartalmukban nagymértékben kötődtek a hétköznapi fénytani jelenségekhez.

#### **4.2 Az okostelefonok használatának előnyei az optikai kísérletek során**

A modern eszközök használatának talán legfontosabb aspektusa, hogy segítségükkel olyan jelenségek is tanulmányozhatók, illetve olyan mérések is elvégezhetőek, melyek a klasszikus kísérleti összeállításokkal, eszközökkel lényegesen nehezebben, vagy egyáltalán nem kivitelezhetőek. További előnye a módszernek, hogy nem csak a törvények pusztá demonstrálására alkalmas, hanem természetes módon szolgáltat számszerű adatokat, amelyek feldolgozásával a jelenségek mennyiségi leírása is megadható, fejlesztve ezzel a tanulók matematikai kompetenciáit. Lehetőségünk volt meghatározni többek között a fényintenzitás eloszlást optikai rács/rés esetén, illetve a már korábban tárgyalt Fresnel-reflexió alkalmával a transzmissziós tényezőt.

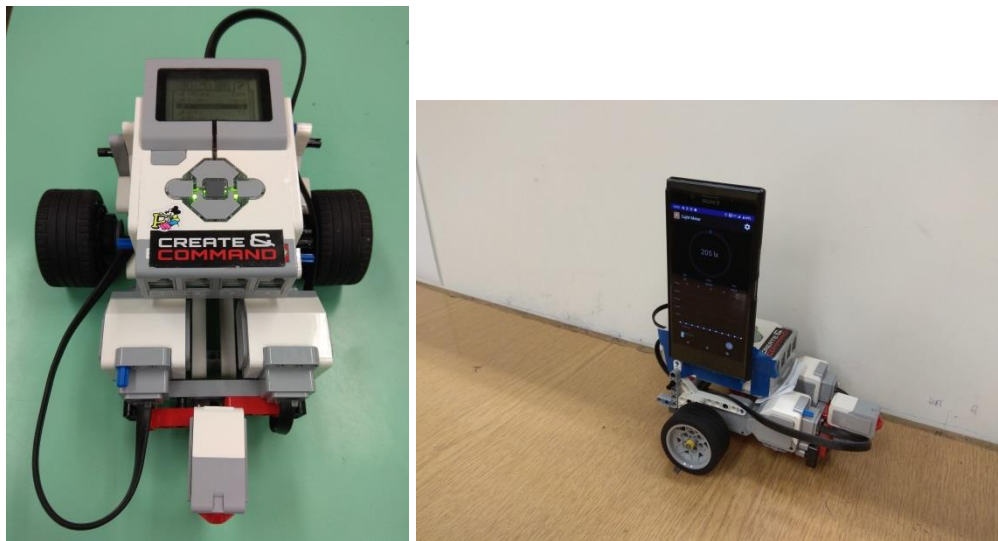
#### **4.3 Fényelhajlás optikai résen**

A fény egyenes vonalú terjedésétől bizonyos esetekben eltérések mutatkozhatnak, melyre az első példát a diákok az fényelhajlás jelenségének megismeréskor látják. Így nem meglepő,



hogy az egyik legnehezebben érthető és értelmezhető, magyarázható optikai jelenség, hiszen a fény eme viselkedése drasztikus eltérést mutat a már megszokottól. Ha lézerfény útjába keskeny rést helyezünk, akkor – ha a rés mérete a fény hullámhosszának nagyságrendjébe esik – az ernyőn a fényinterferenciára jellemző erősítési és kioltási helyeket fogunk tapasztalni, amit a diákok számára szintén nehezen érthető Huygens-Fresnel elvvel magyarázhatunk. Az optikai rácson bekövetkező elhajlás módot ad továbbá a fény hullámhosszának mérésére is.

A jelenség tanórai körülmények között viszonylag könnyen demonstrálható hagyományos eszközökkel (optikai pad, lézer, optikai rés/rács). Az emelt szintű fizika szóbeli érettségi kísérletei között a kezdetektől szerepel ezzel kapcsolatos mérés, legtöbbször optikai rács rácsállandójának meghatározása a felada, ami szintén hagyományos eszközökkel kivitelezhető. Azonban klasszikus kísérleti eszközökkel a fényintenzitás függvény felvétele nem megoldható. Ehhez hívtuk segítségül a modern technika eszközeit. Mérésünkhöz a diákok által kedvelt LEGO robotot és fénymérő szenzorral rendelkező okostelefont használtunk.



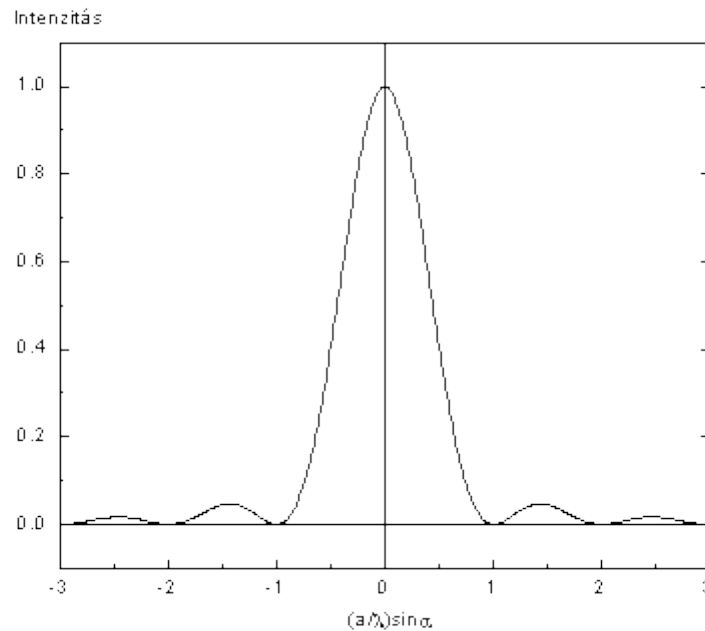
14. ábra A méréshez használt LEGO robot és a robotra szerelt okostelefon

### 4.3.1 Elméleti háttér

Keskeny résen áthaladó, párhuzamos és a rés síkjára merőleges fénynyaláb egy része eltérül az eredeti irányától, fellép a fényelhajlás jelensége. Az intenzitás  $I(\alpha)$  eloszlását a szög függvényében az

$$I = I_0 \frac{\sin^2(\varepsilon)}{\varepsilon^2} \quad \text{ahol} \quad \varepsilon = \pi \frac{d}{\lambda} \sin(\alpha)$$

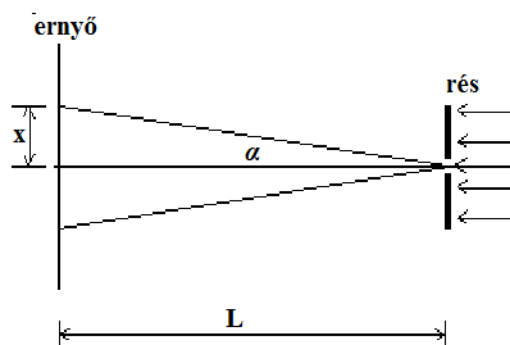
egyenlet adja meg, ahol  $\alpha$  az eltérülés szöge,  $I_0$  a főmaximum intenzitása,  $d$  a rés szélessége,  $\lambda$  a fény hullámhossza (Léviusz és Tasnádi, 1991).



15. ábra Az intenzitás-szög függvény

<http://szft.elte.hu/oktat/klaszlab/klaszikuslab/laser/laserhalozati.htm>

Ha a fényt ernyőn fogjuk fel, akkor az  $\alpha$  szög helyett az ernyőn mért távolságot használhatjuk változóként. Mivel a szög kicsi, jó közelítéssel írhatjuk, hogy  $\sin \alpha \approx \tan \alpha = \frac{x}{L}$  ahol  $L$  a rés és a felfogó ernyő távolsága,  $x$  a főmaximum középpontjától mért távolság az ernyőn, ahogyan azt az ábra mutatja.



16. ábra Fényelhajlás résen

Az intenzitás minimum helyeit a következő egyenletek adják meg:

$$\sin(\alpha_n) = \pm n \frac{\lambda}{d} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

A maximum helyei pedig:

$$\sin(\alpha_n) = \pm (n + 1) \frac{\lambda}{d} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Az ernyőn mért távolsággal kifejezve a minimumhelyeket:

$$x_n = \pm n \frac{\lambda L}{d} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Minnél keskenyebb a rés, annál távolabb esnek egymástól a minimumok és maximumok, és annál nagyobb a középső csúcs félérték szélessége. A résszélességet meghatározhatjuk úgy, hogy a minimumok  $x_n$  helyeit lemérjük és ábrázoljuk a megfelelő  $n$  függvényében. A pontok olyan egyenesre illeszkednek, amelynek a meredeksége  $m = \frac{\lambda L}{d}$ , amiből:  $d = \frac{\lambda L}{m}$ .

#### 4.3.2 Technikai háttér

Hagyományos iskolai eszközökkel, órai körülmények között gyakorlatilag lehetetlen felvenni a fényintenzitás eloszlásának függvényét, azonban okostelefon segítségével lehetőségünk van a jelenség vizsgálatára. Saját iskolámban a következő lehetőségek voltak adottak a kísérlet elvégzéséhez a telefon mellett: egy He-Ne lézer állványon, optikai padra rögzíthető optikai rés, fehér falfelület. Az intenzitás eloszlás függvény felvételéhez az intenzitás értékeken kívül szükségünk volt az erősítési helyek között lévő távolságokra is.

Már korábban tárgyaltuk, hogy az okostelefon szenzora nem intenzitás (fényerősség) értékeket vesz fel, hanem a megvilágítás nagyságát mutatja. Számunkra ez nem okozott problémát, az alábbi összefüggések ismeretében. Ismeretes, hogy

$$E = \frac{\Phi}{A}$$

ahol  $E$  a megvilágítás értéke,  $\Phi$  a fényáram és  $A$  a megvilágított felület nagysága, továbbá

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$

azaz az intenzitás nem más, mint a fényforrást elhagyó és az adott irányt tartalmazó  $d\Omega$  elemi térszögben terjedő  $d\Phi$  elemi fényáram és az elemi térszög hányadosa.

Az összefüggésekből látható, hogy

$$I \sim E$$

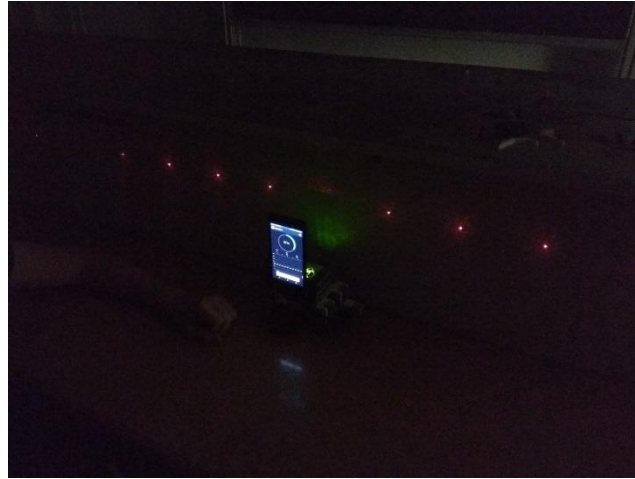
vagyis az intenzitás és a megvilágítás egymással arányos mennyiségek.

Azt, hogy az erősítési helyek egymástól milyen messze találhatóak, megfelelő pontossággal rendkívül nehéz "lemérni". Sokkal pontosabb eredményt kapunk, ha távolság helyett időt mérünk. Ha a telefont valamilyen módon sikerül időben egyenletes sebességgel mozgatnunk a erősítési helyek között, a mért időadatok aránya megegyezik az erősítési helyek távolságának arányával.

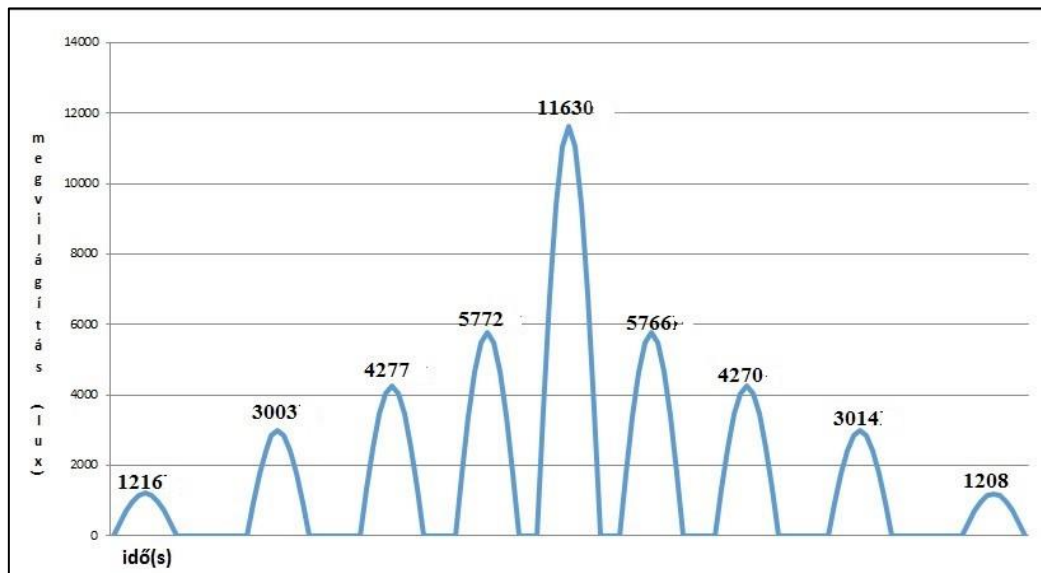
Tanítványom, *Lorencz Pál*, általános iskolás kora óta foglalkozik LEGO robotokkal. Amikor felmerült a probléma, hogy milyen módon, milyen eszközzel tudnánk megoldani, hogy a telefon érzékelője időben egyenletesen mozogva tudja felvenni az fényintenzitás értékeket az egyes helyeken, Pali felvetette a robotok alkalmazásának lehetőségét. Kifejezetten örültem az ötletnek, hiszen korábban még nem használtam LEGO robotot a tanítás során, ugyanakkor nagyon sok pozitív tapasztalattal lettem gazdagabb, hiszen használatuk izgalmassá és kézzelfoghatóvá tette a munkát.

A motorokkal és szenzorokkal ellátott, processzor-vezérelt robotkészletből ma már több típus elérhető, amikhez egyre nagyobb számban készülnek kifejezetten oktatási céllal összeállított eszközcsomagok. Ezek az eszközök eltérők a hardver tekintetében (processzor kapacitása, a motorok teljesítménye, a szenzorok érzékenysége stb.), és jelentősen különböznek az épített konstrukcióban annak függvényében, hogy milyen célokat szolgál az eszközkészlet (fixen, gyártó által épített készlet, felhasználó által építhető, meghatározott vagy végtelen számban variálható).

Jelen mérésnél számunkra a robot kizárólag a telefon időben egyenletes mozgásához volt szükséges. A robotot a rá erősített okostelefonnal elindítottuk a falfelület egyik szélétől, majd az érzékelő által szolgáltatott megvilágítás értékek időbeli változását a telefontal rögzítettük, végezetül az adatokból megalkottuk a keresett megvilágítás-idő grafikont.



17. ábra Mérés a robotra rögzített okostelefonnal



18. ábra A megvilágítás értékek luxban mérve az idő függvényében

A kapott grafikon, bár első ránézésre nagyban különbözik a szakirodalomban található ábrától, mégis tartalmazza a diákok számára középiskolában fontos tudnivalókat az elhajlás során létrejött intenzitás eloszlásról. Jól látható, hogy a megvilágítás értékek a lézerrel pontosan szemben lévő helytől (*nulladik erősítés*) fokozatosan csökkennek mindkét irányban. Azt is könnyen észrevehetjük, hogy az erősítési helyek közti távolság, azaz a mért időadatok szimmetrikusan, a nulladik erősítési helytől kezdve egyre növekednek. Azonban meg kell említenünk, hogy a kapott maximális megvilágítás érték a többi értékéhez képest nem olyan kiugróan magas, mint azt a háttér ismeretek alapján vártuk. Ennek oka, hogy az okostelefon szenzorának méréshatára 10000 lux, és az e fölötti értékeket már nem tudja teljes pontossággal mérni, így az ábrán látható 11630 lux nagyságú adat is közelítő érték.

#### 4.4 Klasszikus optikai kísérletek újragondolása

A fénytannal szerzett legalapvetőbb tapasztalatainkat a geometriai optika szolgáltatja. A geometriai optika segítségével értelmezhetjük fénytörés, fényvisszaverődés jelenségét és a leképezés létrejöttét. A fény tulajdonságainak megértésében nagyszámú kísérleti tapasztalatra építve léphetünk tovább. A keskeny résre fényt ejtve megismerkednek a diákok az interferencia és elhajlás jelenségével. A fénytannak nagy kihívása azonban, hogy a fénytani elméletek finomodása, a törvényrendszerek kibontása egyre több és mélyebb matematikai ismeretet igényel.

Az általános iskolai optika középpontjában még a jelenségbemutató, a kísérletezés és a hozzá kapcsolódó megfigyelés áll. A tanári kísérletezés mellett azonban döntő jelentőségű, hogy a diákok minél több saját kísérletet és megfigyelést végezzenek. A gimnáziumi fizikaoktatásban hagyományosan már a hullámoptika témaköre kapja a legnagyobb hangsúlyt, ahol szintén a kísérletek jelentik a kiindulást.

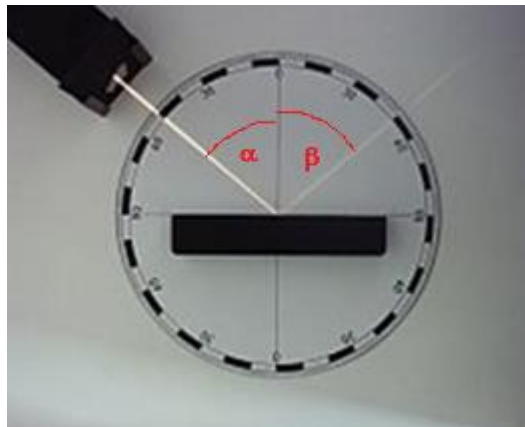
Az első „alaptörvény”, amit a 11. évfolyamon megtanítunk a fényvel kapcsolatban, hogy homogén közegben a párhuzamos fénynyaláb irányváltoztatás nélkül, egyenes irányban terjed. A következő lépés, hogy új közeg határfelületéhez érve a beeső fénysugár általában korábbi terjedési irányától eltérő irányban halad tovább, kísérletileg könnyen demonstrálható, jól bevált példa erre, ha egy pohár víz felszínére fentről ferdén fénynyalábot irányítunk. A megfelelő körülmények között bemutatott kísérlet arra is alkalmas, hogy szemléltessük, a fénysugárnak csak egy része lép be új közegbe, másik része viszont visszaverődik a határfelületről. A közegek anyagi minőségétől függ, hogy a fény nagyobb része visszaverődik-e, vagy az új közegben megváltozott iránnyal tovább halad. Az már egy érdekesebb kérdés, hogy miképp, milyen módszerrel határozhatjuk meg, hogy mennyit veszített intenzitásából az új közegbe belépő fénysugár.

##### 4.4.1 Fényvisszaverődés (reflexió)

Tanórai keretek között a visszaverődés és a fénytörés jelenségét célszerű külön vizsgálni. A visszaverődést olyan anyagok határfelületén érdemes tanulmányozni, ahol a visszaverődés jelensége dominál. A fénytörést pedig értelemszerűen ott, ahol a határfelületről visszaverődő fény csekély (pl. levegő - víz, levegő - üveg, levegő - plexi).

Általános iskolai szinten a visszaverődést részletesen és kvantitatív módon tanítjuk, nagyszámú demonstrációs kísérlettel megtűzdelve. Korábbi tapasztalatom szerint, a diákok erre a korra már ismerik a jelenséget, tudnak önállóan a hétköznapiakból példákat mondani a jelenségre, mind fény, mind hang esetén. Természetesen főként a teljes visszaverődésre hoznak fel példákat, hiszen a leggyakoribb tapasztalatunk, a vízfelszínen visszatükröződő tárgyak képéről van. Maga a törvény szintén könnyen magyarázható, hiszen matematikai ismereteik (a szög fogalom és a tengelyes tükrözés, tengelyes szimmetria ismerete) lehetővé teszik a beeső és a visszavert sugárnyaláb szemléltetését, a beesési és visszaverődési szög egyenlőségének igazolását.

A fényvisszaverődés bemutatása a legtöbbször úgy történik, hogy egy tükröző felület (általában sima síktükör) feletti légrétegbe füstöt juttatunk, a felületet pedig lézer fénymutatóval világítjuk meg, láthatóvá téve a diákok számára a beeső és a visszavert fénysugarakat. A törvény igazolása klasszikus úton optikai korong (*Hartl-korong*) segítségével történik. A jelenség bemutatásakor már látszik a „jószemű” diákok számára a sugármenetek szimmetriája, azonban a szögek egyenlősége ( $\alpha = \beta$ ) csak a korong segítségével igazolható.



19. ábra A beesési és a visszaverődési szög egyenlősége

Szemfüles diákok rögtön észreveszik, ami a képen is jól látható, hogy a beeső és a visszavert fénynyaláb nem egyforma intenzitású. Ekkor elmondjuk a diákoknak, hogy a beeső fény egy részét a felület, anyagi minőségétől függően, elnyeli, és csak bizonyos hányadát veri vissza. Klasszikus úton a jelenség tovább nem tárgyalható, azonban az általunk használt fénymérő szenzor segítségével új fogalom megismerésére van lehetőségünk.

A fényvisszaverődés mennyiségi jellemzésére szolgál az ún. *reflexiós tényező* ( $P$ ), amely fogalom szintén nem kerül hagyományos tanórai keretek között. A reflexiós tényező a visszavert és a visszaverő felületre beeső fényáram aránya.

$$P = \frac{\Phi_r}{\Phi_o}$$

ahol  $\Phi_r$  a visszavert, és  $\Phi_o$  a beeső fényáram.

A reflexiós tényező értéke függ a felület anyagi minőségétől, a felület szerkezetétől és a beeső fény hullámhosszától. Tökéletes tükorről az összes fény visszaverődik, azaz reflexiós tényezője 1. A valóságban azonban mindig vannak veszteségek, és a visszaverődött fény intenzitása csökken.

A következő táblázatban olyan anyagok reflexiós tényezői láthatóak, amiket tükrök készítéséhez használnak.

tükör típusa	ezüst	alumínium	higany
reflexiós tényező (P)	<b>0,95</b>	<b>0,92</b>	<b>0,71</b>

6. táblázat *Különböző anyagok reflexiós tényezői*

Ehhez kapcsolódva végeztünk a diákokkal méréseket. Feladatul kapták, hogy gyűjtsenek össze minél többfajta tükört, és hozzák magukkal a tanórára. Az ábrán látható kísérleti összeállítás segítségével vizsgáltuk a behozott eszközöket, miután igazoltuk a visszaverődés törvényét okostelefon segítségével is. Ez a következőképpen történt. Hagyományos lézer fénymutatóval világítottunk meg egy fizika szertári síktükört. Ezek után a telefont addig mozgattuk, amíg a szenzor maximális értéket nem mutatott. Ekkor az eszközök alá helyezett fehér papíron berajzoltuk a beeső és a visszavert sugármenetek útját, amik segítségével már a beesési és a visszaverődési szög leolvasható volt egy szögmérő segítségével.





20. ábra A visszaverődés jelenségének vizsgálata okostelefon segítségével

Ezt követően a szertári tükör helyére a diákok által hozott tükröket helyeztük, és versenyeztettük őket aszerint, hogy melyiknek a legjobb a reflexiós tényezője. Már korábban láttuk, hogy az okostelefon szenzorával megvilágítás értékeket kapunk. Azonban a megvilágítás és a fényáram egymással arányos mennyiségek, így a reflexiós tényező meghatározható:

$$\frac{E_r}{E_o} = \frac{\frac{\Phi_r}{A}}{\frac{\Phi_o}{A}} = \frac{\Phi_r}{\Phi_o} = P$$

ahol  $E_r$  a visszavert megvilágítás értéke,  $E_o$  a beeső megvilágítás értéke,  $\Phi_r$  a visszavert fényáram,  $\Phi_o$  a beeső fényáram és  $A$  a megvilágított felület nagysága.

A diákok feladatuk kapták azt is, hogy nézzenek utána, milyen anyagból és technikával készülnek ma a hagyományos tükrök. A tükörgyártás története a 13. századra nyúlik vissza, Murano szigetére. Ekkoriban az üveglapokra egy nagyon vékony ólomlemez tettek, amit leöntöttek higannyal. Ebből jött létre, az úgynevezett foncsor, ami rendkívül jól megtapadt az üvegen és egy minimális anyagvastagságú fémbevonatot képezett. Ez a bevonat tökéletes fényvisszaverő képességgel rendelkezett, a sima felületet pedig a sík üveglap biztosította. Ezek a technológiai lépések a mai napig változatlanok a tükörgyártásban, csak a higanyt felváltotta az ezüst-, illetve az alumíniumfoncsor, amire manapság egy lakkbevonat is kerül.

Az általunk vizsgált tükrök minőségüket tekintve rendkívül eltérők voltak, akadt köztük párszáz forintos zsebtükör, és egészen komoly kozmetikai tükör is. A visszavert megvilágítás értékek mérése a már leírt módon történt. A beeső megvilágítás érték meghatározásához a telefont a tükör helyére tettük, és megkerestük az a pozíciót, ahol a szenzor a maximális értéket mutatta. A mérés során a következő értékeket kaptuk:

Tükör sorszáma	1.	2.	3.	4.
Reflexiós tényező	0,902	0,87	0,81	0,76

7. táblázat A kapott reflexiós tényezők

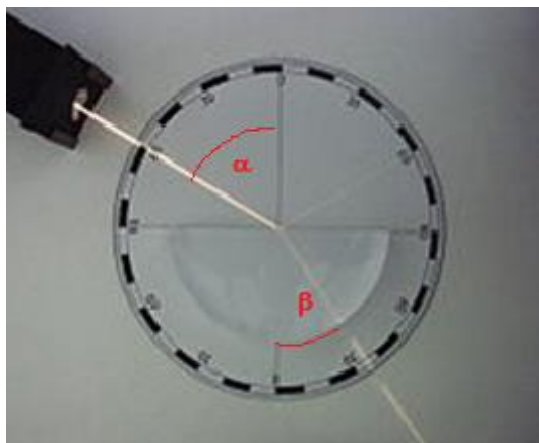
#### 4.4.2 Fénytörés (refrakció)

Bevezető szinten a fénytörés jelenségét kvalitatív módon tárgyaljuk, majd a középiskolában a fénytörés törvényét (*Snellius-Descartes törvény*) méréssel igazoljuk, a megfelelő matematikai ismeretek (szögfüggvények) segítségével bevezetjük a törésmutató fogalmát, és a tanultakat feladatmegoldások során is alkalmazzuk.

Klasszikus úton a törvény igazolása szintén optikai korong segítségével történik. A legtöbb esetben a levegőtől eltérő közeget helyezünk a fény útjába, majd különböző beesési és törési szögeket mérve megállapítjuk, hogy a szögek szinuszának hányadosa állandó érték, amit az adott anyag levegőre vonatkozó törésmutatójának nevezünk.

$$n_{2,1} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$$

ahol a fény haladási irányának megfelelően  $\alpha$  a beesési szög,  $\beta$  a törési szög,  $n_{2,1}$  pedig a második közegnek az elsőre vonatkozó relatív törésmutatója.



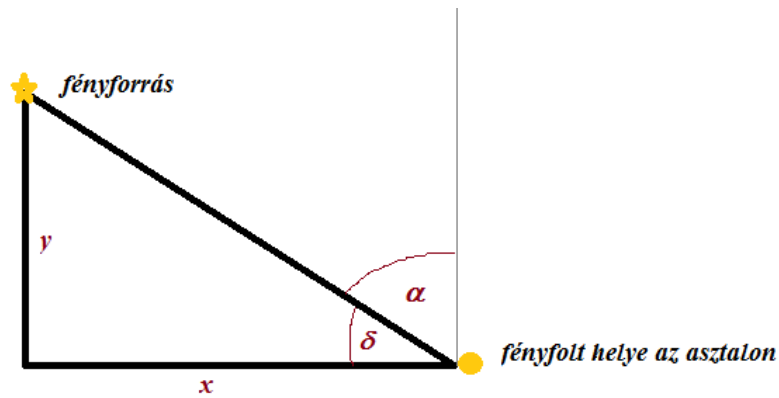
21. ábra A beesési és a törési szög

Szerencsés esetben lehetőség van több, különböző anyag vizsgálatára is, megállapítva, hogy a törésmutató jelentősen függ a közeg anyagi minőségétől. A törésmutató tehát a két egymással határos közegre jellemző anyagjellemző. A bevezető kísérletek során fontos megmutatnunk, hogy a fénysugár irányváltozása a két közegre jellemző, és a közeghatáron átlépő fénysugár útja is megfordítható. Értelmeznünk kell az optikailag sűrűbb, illetve optikailag ritkább közeg fogalmát.

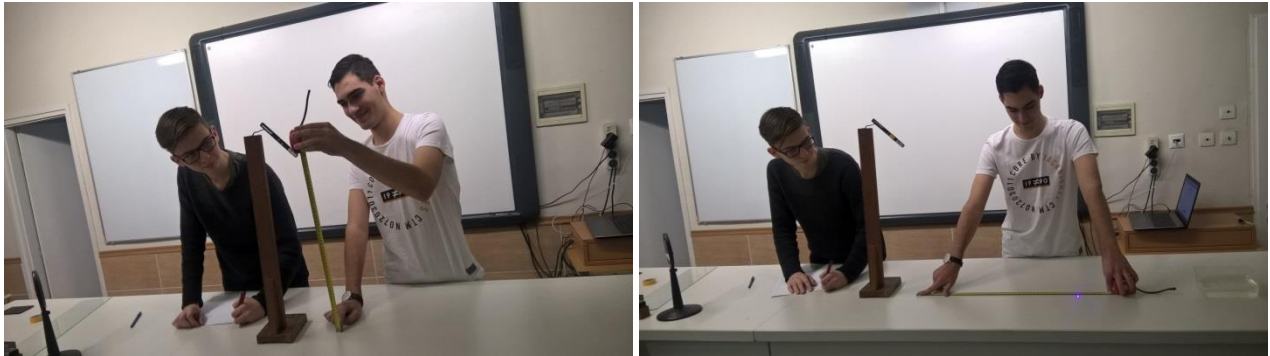
*Megjegyzés:* Felsőbb osztályokban a megfelelő matematikai ismeretek birtokában a mért eredmények alapján grafikonon ábrázolhatjuk a törési szög szinuszának függvényében a beesési szög szinuszát, és bizonyíthatjuk a két mennyiség közötti egyenes arányosságot. Ha a törési törvény  $\sin\alpha = n_{2,1} \cdot \sin\beta$  matematikai alakja már ismert, az összetartozó adatpárokból a megfelelő törésmutató meghatározható. A függvény grafikonjának ismeretében az egyenesek meredekségéből is meghatározhatjuk a két közeg egymásra vonatkoztatott törésmutatóját.

A klasszikus eljárás megismerése után okostelefon segítségével meghatároztuk a víznek a levegőre vonatkoztatott törésmutatóját. A méréshez a telefonon kívül egy állványra rögzített lézer fénymutatót, egy vízzel megtöltött, nagyon vékony „fenekű” (annak érdekében, hogy a fény kilépésénél a törés elhanyagolható legyen) tálat és mérőszalagot használtunk. Ez az eljárás sokkal több számolással járt, mint a klasszikus módszer, azonban ne feledjük, hogy matematika tagozatos osztályról volt szó, akik kifejezetten szeretik, sőt igénylik a sok önálló ötletet és számítást igénylő feladatokat.

Első lépésként a beesési szög ( $\alpha$ ) meghatározása történt geometriai úton. A lézer fénymutatót egy állványhoz rögzítettük, majd bekapcsolva megvilágítottuk vele az asztalt. Ezután lemértük, hogy a fényfolt vízszintes ( $x$ ) és függőleges ( $y$ ) irányban milyen távol van a fénymutató végétől.



22. ábra A megfelelő távolságok lemérése



23. ábra A beesési szög meghatározásának módja

A mért távolságokkal a beesési szög trigonometrikus összefüggéssel meghatározható:

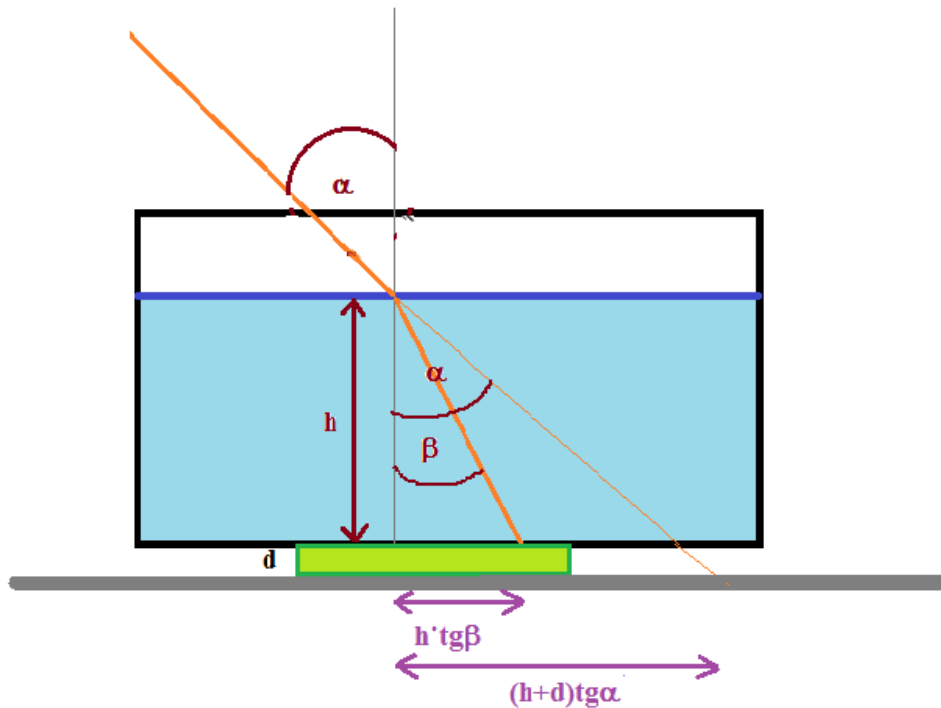
$$\delta = \arctg \frac{y}{x}$$

$$\alpha = 90^\circ - \delta$$

A következő momentum a törési szög meghatározása volt. Ehhez a vízzel töltött tálat a telefonra helyeztük, hogy a fény a vízen áthaladva érkezzon az érzékelőhöz. Ismét megkerestük azt a helyet, ahol a szenzor a maximális megvilágítás értéket mutatta. Ezt követően levettük a tálat a telefonról, így a fényfolt ismét az asztalon volt látható.



24. ábra A fényfolt eltolódása az asztalon



25. ábra A törési szög meghatározása

Lemértük az érzékelőnek a fényfolttól vett távolságát ( $l$ ), amire a következő összefüggést írhattuk fel:

$$l = (h + d) \cdot \operatorname{tg} \alpha - h \cdot \operatorname{tg} \beta$$

ahol  $h$  a vízszint magassága a tálban,  $d$  a telefon vastagsága és  $\alpha$  a beesési szög.

Ebből már a keresett  $\beta$  törési szög meghatározható, amely segítségével a víznek a levegőre vonatkoztatott törésmutatója kiszámolható.

Ezzel a módszerrel több folyadék levegőre vonatkoztatott törésmutatóját is meghatároztuk, melyek az alábbi táblázatban láthatóak. Megfigyelhetjük, hogy a mért törésmutató értékek elég jól egyeznek az irodalomban közölt adatokkal.

folyadék (20 C°-on)	törésmutató - mért	törésmutató - irodalmi
víz	1,308	1,333
aceton	1,31	1,35
etilalkohol	1,34	1,36
ecetsav	1,33	1,37
étolaj	1,51	1,475

8. táblázat Különböző folyadékok törésmutatói

Ahogy láttuk, ezek az értékek klasszikus úton is könnyen meghatározhatók, sőt az általunk leírt eljárás kifejezetten a matematikát szerető és emelt szinten „űző” diákok számára ajánlott. A módszer előnye inkább abban rejlik, hogy a törésmutatón kívül azt is meghatározhatjuk, hogy az egyes folyadékok milyen mértékben nyelik el (illetve verik vissza) a fényt, ami klasszikus úton nem kivitelezhető. Ehhez nem kell mást tennünk, mint leolvasnunk az okostelefonról a megvilágítás értékét, mielőtt még ráhelyeznénk a készülékre a tálat, majd ezek után rátesszük a különböző folyadékokkal töltött edényt a telefonra, és az így kapott értékeket is feljegyezzük. A kettő hányadosa megadja, hány százalékát engedi át az adott folyadék a ráeső lézerfénynek.

#### 4.4.3 Gömbtükrő és optikai lencse fókuszpontjának meghatározása

Sok iskolában a középszintű szóbeli fizika érettségi mérőkísérletei közé tartozik a gyűjtőlencse (üveglencse) fókusz távolságának meghatározása. A mérés egyszerűen kivitelezhető mérőszalag, gyertya és ernyő (vagy sima fehér papírlap) segítségével. A diákoknak nincs más dolguk, mint megkeresni, milyen távolságra kell helyezni az ernyőt



26. ábra Az érettségi méréshez általam használt eszközök a Szombathelyi Nagy Lajos Gimnáziumban

a lencsétől, hogy a lencse másik oldalán lévő gyertyaláng képe a lehető legélesebb látszódjon az ernyőn. Ezután leolvassák a gyertya (tárgytávolság) és az ernyő (képtávolság) lencse síkjától

(a lencsét tartó vékony fémlaptól) való távolságát, és a leképezés törvénye segítségével meghatározni a lencse fókusz-távolságát:

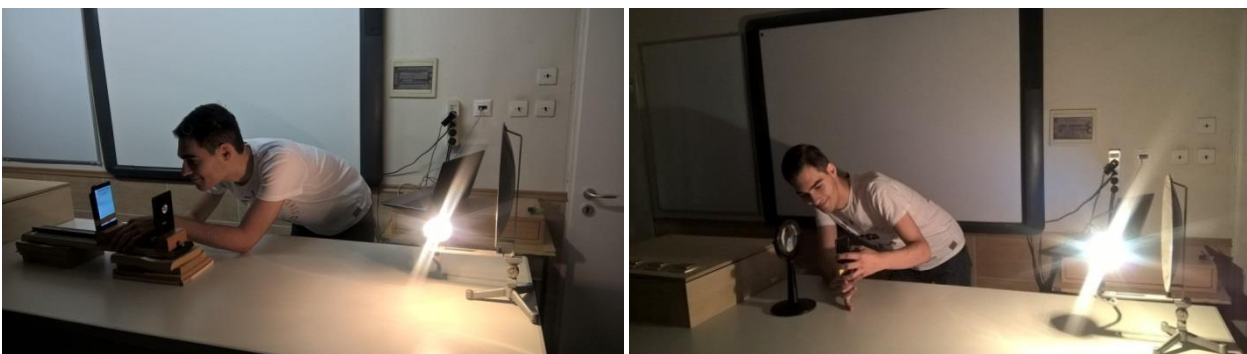
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{t} + \frac{1}{k}$$

ahol,  $f$  a fókusz-távolság,  $t$  a tárgy-távolság és  $k$  a képtávolság.

A mérés kivitelezhető gyertya nélkül, amennyiben a terem fekvése és az időjárási körülmények megfelelőek. Ekkor a Nap fényét használjuk a gyertyaláng helyett. Az ernyőt mozgatva a lencse előtt megkeressük azt a helyzetét, ahol a legkisebb és legfényesebb a fényfolt az ernyőn. Ennél a mérésnél a tárgy-távolság (Nap-lencse távolság) praktikusán végtelennek tekinthető, így a kapott képtávolság (ernyő-lencse távolság) megadja a lencse fókusz-távolságát ( $f = k$ ).

Az okostelefonnal történt méréshez nem célszerű a napsugárzást segítségül hívni a túl nagy fényintenzitás miatt (az érzékelő méréshatára 10000 lx), így a (közel) párhuzamos fénysugarakat egy hagyományos izzó és egy parabolatükör segítségével állítottuk elő. A keresett fókusz-távolság értelemszerűen a telefonnak annál a pozíciójánál mérhető, ahol a szenzor a maximális megvilágítás értéket mutatja. A fókusz-távolságot meghatároztuk homorú gömbtükör esetén is, a telefont a fényforrás és a tükör közé, háttal az izzónak helyezve.

Az eljárás helyességéről meggyőződhattünk úgy, hogy a parabolatükör fókuszpontjába rögzített izzót távolítva a leképező eszközöktől, a fókusz-távolságokat milliméter pontossággal azonosnak mértük.



27. ábra Gyűjtőlencse és homorú gömbtükör fókusz-távolságának meghatározása okostelefon segítségével

A mérés legfőbb előnye, hogy jóval pontosabb eredményt szolgáltat a klasszikus eljárásnál. Azt megállapítani, hogy pontosan hol a legélesebb a gyertyaláng képe, vagy melyik helyzetben a legintenzívebb a fényfolt az ernyőn, rendkívül szubjektív dolog. A folt illetve a

kép nem rendelkezik éles kontúrral, így csak körülbelül tudjuk megadni a megfelelő távolságot. Ha a diákok egymás után elvégezik a mérést, nagyon kis valószínűséggel kapják ugyanazt az eredményt. A telefonnal történő mérés során viszont a szenzor által adott érték egyértelmű, objektív, kizárólag egy pontban mutat maximális értéket az érzékelő, függetlenül attól, hogy ki végzi a mérést.

Meg kell jegyeznünk azonban, hogy míg a klasszikus eljárásnál milliméterekkel térnek el a kapott eredmények egymástól, a telefon esetleges szoftverhibája ennél jóval nagyobb eltérést jelenthet. Ezért a mérést koordináló tanárnak érdemes tisztában lennie azzal (ez természetesen a klasszikus eljárás esetén is követelmény), hogy az adott optikai eszközöknél mekkora a fókusztávolság pontos értéke, hogy az esetleges valótlan eredményeket ki tudja szűrni.

#### **4.5 UV fény vizsgálata Arduino eszköz segítségével**

Az ELTE Bolyai János Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium aktív „testvérkapcsolatot” ápol más, szintén az Eötvös Loránd Tudományegyetemhez tartozó gyakorló iskolákkal. Ennek keretében, 2019 áprilisában az ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium tantestületének vizionlátogatása során *Piláth Károly* kollégával együttműködve, tanítványom, *Lorencz Pál* tartott „Bolyais” diáktársai részére előadást UV fényhez kapcsolódóan. A bemutató során beszélt az UV sugárzás jellemzőiről és fajtáiról, az UV sugarak káros hatásairól, majd különböző naptejek illetve napszemüvegek esetén vizsgálta szenzor segítségével, hogy milyen mértékben engedik át a káros UV sugarakat. A diákok érdeklődést oly mértékben sikerült felkeltenie, hogy a 9. évfolyamos fizika tehetséggondozó szakkörös tanulókkal megismételtük - immár részletesebben - a vizsgálatot.

A nyár eljövételével, az idő felmelegedésével az emberekben egyre inkább felmerül a kérdés, hogy egy adott naptej vagy napszemüveg/szemüveg mennyire védi meg a bőrt és a szemet a Napból érkező káros sugárzásoktól. A téma nagy médiahangsúlyt kap napjainkban, rengeteget lehet hallani ingyenes szűrő vizsgálatokról és megelőző programokról, mind a napszemüvegek tekintetében, mind a bőrgyógyászat területén. Diákjaimat is aktívan foglalkoztatta a kérdés, hogy vajon megfelelő naptejet használnak-e, illetve az általuk megvásárolt UV szűrős napszemüveg valóban védi-e a szemüket a napfény káros hatásaitól.

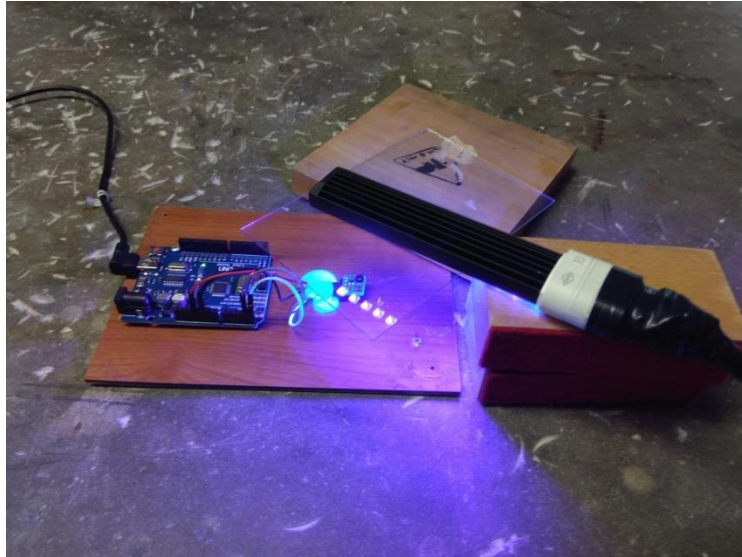




28. ábra A diákok által vizsgált naptejek é szemüvegek közül néhány

A mérés elvégzéséhez Arduino eszközt és a hozzá tartozó ML8511 érzékelőt használtunk, melyet Piláth Károly bocsájtott rendelkezésünkre. Piláth Károly és Vitkóczy Fanni számos mérést végzett különböző szenzorok segítségével (Piláth, Vitkóczy, 2016). Az eszköz és program használatát Pali és a többi diák a Piláth Károly honlapjára feltöltött szakirodalom segítségével sajátították el (<https://pilath.wordpress.com/>). Ez az érzékelő az égési sérüléseket okozó UVB (280 – 315 nm) és a barnító hatású UVA (315- 400 nm) tartományok spektrumának nagyobbik részét integráltan képes mérni. Az eszköz segítségével az UV sugárzás mértékét  $\text{mW}/\text{cm}^2$  egységben kapjuk meg. Az adatok rögzítéséhez és megtekintéséhez a Microsoft Excel és a Microsoft DataStreamer programokat használtuk.

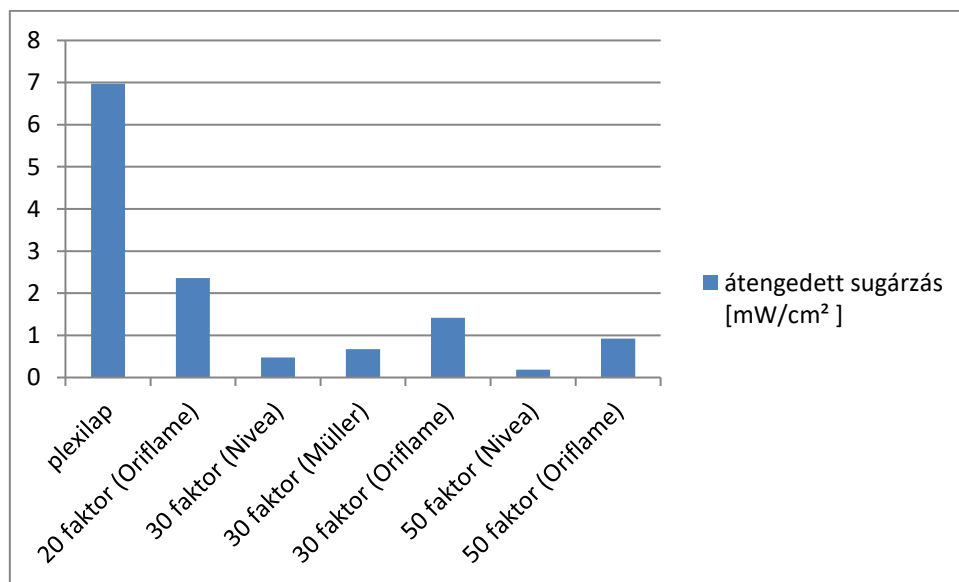
Először a naptejek vizsgálatát végeztük el, amihez egy plexilapot használtunk, amit egy adott távolságban rögzítettünk a szenzor fölött. Első lépésként lemértük, hogy a tiszta („naptejmentes”) plexilap UV lámpával megvilágítva mekkora sugárzásértéket enged át. Ezek után a naptejeket vékony rétegben felvittük a lapra, majd minden naptejnél öt különböző mérést végeztünk, vettük ezek átlagát, kiküszöbölve azt, hogy az eltérően felkent rétegvastagságokból adódjon a naptejek közti különbség.



29. ábra A plexilapra felvitt naptejek vizsgálata

A mért eredmények az alábbi táblázat és grafikon mutatja:

típus	plexilap	20 faktor (Oriflame)	30 faktor (Nivea)	30 faktor (Müller)	30 faktor (Oriflame)	50 faktor (Nivea)	50 faktor (Oriflame)
átengedett sugárzás értéke [mW/cm <sup>2</sup> ]	6.972	2,356	0,473	0,676	1,414	0,186	0,921

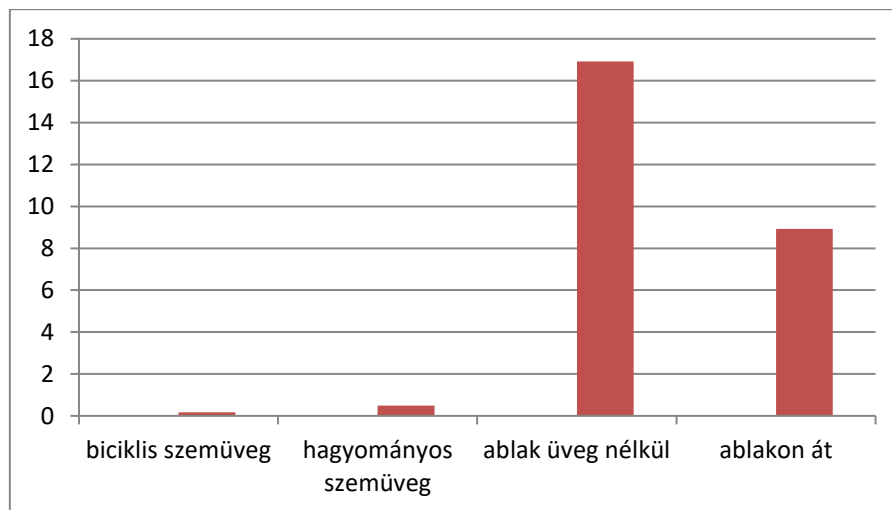


9. táblázat – 30. ábra A vizsgált naptejek által átengedett sugárzás értékek

Az eredmények meglehetősen érdekesen alakultak számunkra. Jól látszik, hogy sokkal inkább számított az adott naptej típusa (márkája), mint a faktorszám. A 30 faktoros Nivea márkájú

termék például hatékonyabban szűrte az UV fényt, mint az 50 faktoros Oriflame. Ez mindenképpen elgondolkodtató volt a diákok számára.

A napszemüvegek közül a legjobb értékeket adó napszemüveg egy biciklizéshez gyártott eszköz volt, ami csupán  $0,1672 \text{ mW/cm}^2$ -nyi sugárzást engedett át, ami rendkívül jónak mondható. Azonban egy magasabb dioptriájú, jobb minőségű, de sima, átlagos szemüveg is  $0,4952 \text{ mW/cm}^2$ -re csökkentette a szembe érkező káros sugárzás mértékét, ami szintén megnyugtató eredménynek mondható. Kíváncsiságképpen lemértünk, hogy a klasszikus ablaküveg mennyi UV sugárzást „fog fel”, hiszen a köztudatban az él, hogy az ablaküveg megfelelően szűri az UV sugárzást. Azonban méréseinkből kiderült, hogy az ablaküveg a káros sugárzásoknak csak közel a felét nyeli el. Több hagyományos és napszemüveget is megvizsgáltunk, az utóbbi négy adat a következő grafikonon is látható.



31. ábra A szemüvegek által átengedett UV sugárzás értéke  $\text{mW/cm}^2$ -ben

#### 4.6 Az eredmények kiértékelése

Szaktudományi kutatások (Halász, 2002) megállapításait követve kitöltöttem tesztort a diákokkal a témakör tanítása előtt, majd utána. A kérdések a következők voltak:

1. Mekkora és milyen a fény terjedési sebessége?
  - a, Vízben és levegőben egyaránt  $300\,000 \text{ km/s}$ .
  - b, Vákuumban a legnagyobb.
  - c, Vákuumban függ a fény hullámhosszától.
  
2. A tó sima vízfelületén látott fák tükörképe sötétebb, mint a valóságos kép. Az alábbi indoklások közül melyik hamis?

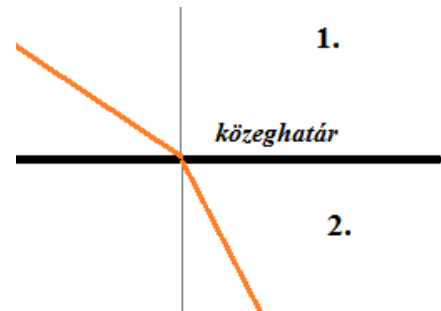
- a, A fákról érkező fény egy része elnyelődik a tó vizében.  
b, A nem tökéletes tükröződés következtében a fény bizonyos hányada szóródik a tó vízfelületén.  
c, Az, hogy a tükörképet sötétebbnek látjuk, csak érzéki csalódás.
3. Tükörfényes, hengeres fazék oldalán (a fazék a talpán áll) milyen képet láthatunk az arcunkról?  
a, Soványabbat.  
b, Kövérebbet.  
c, Hosszabb lesz az arcunk, mint amekkora a valóságban.
4. Adj javaslatot a szigonyral halra vadászó, gyakorlatlan halásznak, hogy az előtte úszó halra hogyan célozzon!  
a, A hal feje elé dobja a szigonyt.  
b, A hal alá dobja a szigonyt.  
c, A hal látszólagos irányába dobja a szigonyt.
5. Az orvosi diagnosztikában alkalmazott endoszkóp fontos eleme a fényvezető kábel. Milyen elven működik?  
a, A fénytörés törvényén.  
b, A tükrös visszaverődés törvényén.  
c, A teljes visszaverődés törvényén.
6. A hengeres, vízzel telt pohárba tett kanál mérete oldalról nézve nagyobbak látszik, mint felülről. Mivel magyarázható ez a jelenség?  
a, Ez csak érzéki csalódás.  
b, A hengeres pohár a vízzel együtt hengerlencsét alkot, ami felnagyítja a kanalat.  
c, Valójában felülről nézve kisebbnek látszik a kanál, és ahhoz viszonyítva tűnik oldalról nézve nagyobbak.
7. A levegőben haladó fénysugár egy üveglaphoz érkezik. Az alábbi állítások közül melyik az igaz állítás?  
a, A fénysugár teljes egészében behatol az üvegbe.  
b, A fénynek csak egy része hatol az üvegbe, egy része pedig visszaverődik.  
c, A beesési szögtől függetlenül felléphet a teljes visszaverődés jelensége.

*Kizárólag az utótesztben feltett kérdések:*

8. Hogyan változik egy üveglencse fókusz távolsága, ha vízbe tesszük?  
a, Csökken.  
b, Növekszik.  
c, Nem változik.

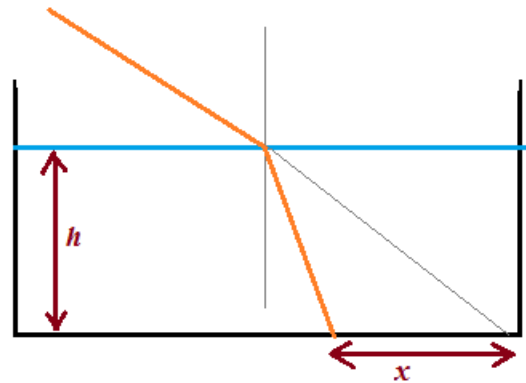
9. Az ábra egy fénysugár pályáját mutatja, amint az egyik homogén közegből egy másik homogén közegbe átlépve megtörik. A két közeg törésmutatója 1,33 és 1,5. Melyik az 1,33 törésmutatójú közeg?

- a, Csak a terjedés irányának ismeretében lehet eldönteni.  
 b, A 2. számú.  
 c, Az 1. számú.

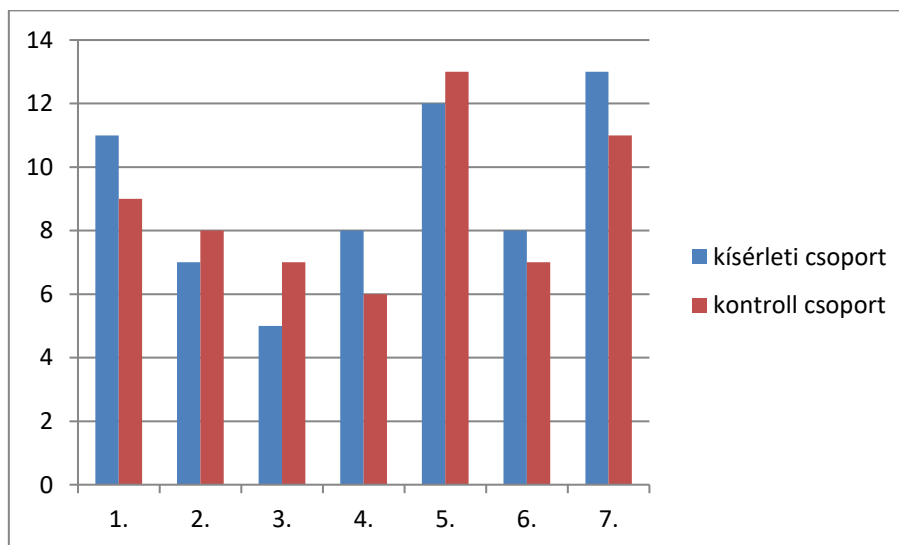


10. Rögzített helyzetű lézerceruzából fényt bocsátunk egy kevés vizet tartalmazó kádba.  $x$  jelöli a vízben megtörő fény eltolódását a kád alján. Hogyan változik az  $x$  eltolódás, ha a vízszint magasságát ( $h$ ) növeljük?

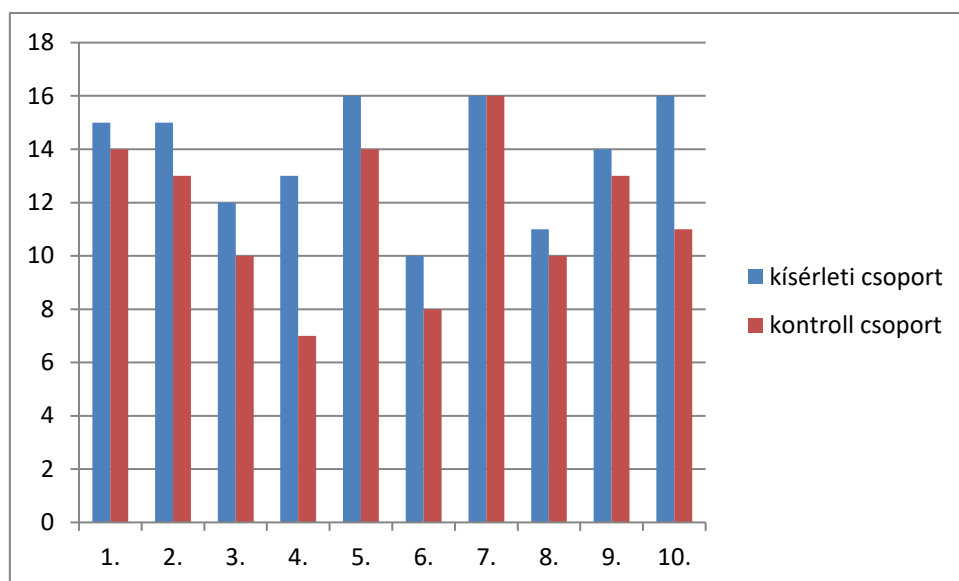
- a, Csökken.  
 b, Növekszik.  
 c, Nem változik.



Oszlopdiaagramon ábrázoltam a diákok által adott jó válaszok számát feladatonként az elő- és utóteszt során. A válaszok megoszlása a következőképpen alakult:



32. ábra Az előteszt eredménye



33. ábra Az utóteszt eredménye

Az előteszt a 16 diák által elért összpontszám mindössze 3 ponttal volt több a kísérleti csoportnál, ami gyakorlatilag azt jelenti, hogy a két csoport azonos szinten volt (112 pont volt elérhető a 16 ember által összesen). Az utóteszt során viszont – az első 7 kérdést nézve – 15 pontra növekedett a különbség a két csoport között, függetlenül attól, hogy természetesen mindkét csoport eredménye jobb lett az előteszten elértnél. Az eredmények és a tapasztalatok azt mutatják, hogy a modern eszközök felhasználása mellett, hogy motiválja a diákokat, pozitívan befolyásolja a témakör elsajátítását, az eszközök működésének megértése során szinte észrevétlenül komplex, több természettudományra kiterjedő határterületi ismeretanyaghoz is juttatja őket. Egyértelműen igazolódott, hogy a korszerű technika megjelenése a tanórákon jelentősen segítette az optika témakörének elsajátítását.

Összefoglalva, az elő- és utóteszt eredményei azt jelzik, hogy optika témakörének alkalmazására épülő, gyakorlat-orientált tanítása, amelyet kidolgoztam és a tanításban alkalmazok, érezhetően segíti a diákokat a témakör megértésében és elsajátításában.

#### 4.7 Eredmények

A projekt sikeresen szerepelt 2016-ban a „*Magyar Science on Stage*” fesztiválon, amelynek köszönhetően képviselhettem delegáltként Magyarországot a „*Science on Stage 2017*” nemzetközi fesztivál kiállításán is. Munkám ugyanitt elnyerte a National Instruments által, a modern technológia eszközeit legújyszerűbben alkalmazó előadó részére felajánlott díjat.

A tanulók a projekt UV fényvel foglalkozó részét sikeresen mutatták be a Kutatók Éjszakáján, illetve gimnáziumunk nyílt napján. Alsó gimnáziumi évfolyamok számára pedig tehetségnapi előadást tartottak, melyet kiemelkedően nagy érdeklődés övezett. A szenzorral történő mérőkísérletek mellett a diákok végeztek DNS nyomjelzést UV fényvel, valamint a foto lumineszcencia jelenségéhez kapcsolódó kísérleteket is bemutattak, így projektjük a fizika tantárgyon kívül a biológiához is kapcsolódott.

# 5.

## A kutatás alapú tanítás alkalmazása a 2015-ös napfogyatkozás vizsgálatára ([S2], [S6], [S7])

Sokszor szorul a tudomány az osztályterem falai közé. Az itt alkalmazott újszerű pedagógiai módszer lehetővé teszi, hogy kézzel foghatóvá tegyük a diákok számára a fizika tudományát. Szeretnénk hangsúlyozni a mérés módszertani jellegét, de célkitűzéseink között szerepelt, hogy ha lehetséges a kapott eredményekből tudományos következtetéseket vonjunk le.

A természettudományos tantárgyak oktatását tekintve régóta központi helyet foglal el a komplexitás problémája. A világot, a jelenségeket nem lehet, nem érdemes bekezelni a fizika, kémia, biológia elnevezésű skatulyákba, hanem egyben, egészben kell szemlélünk. Jelen feladat jó példa egy olyan jelenség értelmezésére, ami magába foglalja a természettudományos tárgyak oroszlánrészét.

### 5.1 Környezetfizikai háttér a földrajz órán tanultak alapján

A diákok már gimnáziumi tanulmányaik első évében, földrajz órán elsajátítják a napfogyatkozásra vonatkozó fontosabb ismereteket és megismerik a napsugárzás és a légkör, valamint a Föld egyensúlyi hőmérsékletének kialakulását. Természetesen bevezető szinten sem a fogalmak, sem a fizikai törvények nem szerepelhetnek kellő mélységben és pontossággal. A jelenleg használatos földrajzkönyvek szerint, a Nap a földfelszín közvetítésével, alulról melegíti fel a levegőt. (Lényegében megértethető, hogy a légkör a Nap rövidhullámú sugárzását gyakorlatilag átengedi. Ezt a sugárzást a Föld egyrészt visszaveri és elnyeli. Az elnyelt sugárzást pedig hosszuhullámú sugárzás formájában kibocsátja.) A légkör alulról történő felmelegedése magyarázza a felszíntől távolodva a hőmérsékletcsökkenést. A földfelszín, így a légkör felmelegedését az alábbi tényezők befolyásolják:

- A napsugarak beesési szöge.
- A lejtők hajlásszöge és a lejtők égtáji helyzete
- A napsugárzás időtartama;
- *A felszín jellege, anyaga, növényzettel való borítottsága*



Ezeket az ismereteket pontosíthatjuk a fizikai törvények felhasználásával (*Kiss és Tasnádi, 2012*). A hőmérsékleti sugárzás és a légköri konvekciós és csapadékképződési folyamatok elemzésével megérthetjük a légkör egyensúlyi hőmérsékletének kialakulását, valamint a sugárzási mérleg egyensúlyának megbomlására vezető hatásokat, amelyekkel a klímaváltozás értelmezhető. Tudjuk, hogy a légkör sűrűsége és nyomása a földfelszíntől távolodva először gyorsan, majd egyre lassabban, folytonosan csökken, azonban a hőmérséklet változásának vertikális eloszlása lényegesen bonyolultabban. A földfelszín a napsugárzás egy részét elnyeli, ezért felmelegszik, és alulról melegíti a légkört. Nyilvánvaló ezért, hogy a talajfelszíntől távolodva a hőmérséklet egyre alacsonyabbá válik, aminek üteme az évszaktól és időjárási helyzettől függően igen különböző lehet, sőt bizonyos rétegekben esetenként a hőmérséklet növekedése (inverzió) figyelhető meg. Az egész Földet tekintve sok éves átlagban felfelé haladva 100 méterenként 0,65 °C-os hőmérséklet-csökkenés a jellemző. Mindez a légkör legalsó vékony rétegére, a troposzférára érvényes.

Mind a 2015-ös mérésnél, mind a három évvel későbbi modellezés alkalmával sima, egyenletes felszínen vizsgáldtunk, nem túl nagy talajfelszín feletti magasságot érintve, így ezek a tényezők nem befolyásolták lényegesen a kísérletet.

## 5.2 A kutatási feladat megfogalmazása és a mérés menete

Sajnálatos tény, hogy a környezetfizika a gimnáziumi tananyagban nem (vagy csak elenyésző mértékben) része. Az ide kapcsolódó hősugárzás elmélete csak kiegészítő anyagként szerepel a 10. évfolyamos tankönyvekben, holott vizsgálata fontos szerepet tölt be 11. évfolyamon tanítandó kvantumfizika bevezetésénél. Abban azonban biztosak lehetünk, hogy a diákok rendelkeznek azokkal az ismeretekkel, hogy a légkör felmelegedésének forrása a Nap sugárzó energiája, illetve, hogy a földfelszíntől távolodva a levegő hőmérséklete egyre csökken. Már általános iskolában megismertek a hőmérséklet fogalmával és mérésével, tudják, hogy a hőmérséklet a testek hőállapotát számszerűen – így mérhetően – jellemző fizikai mennyiség. Ezeket az ismereteket 10. évfolyamon a hőtan tárgyalásánál felelevenítődnek.

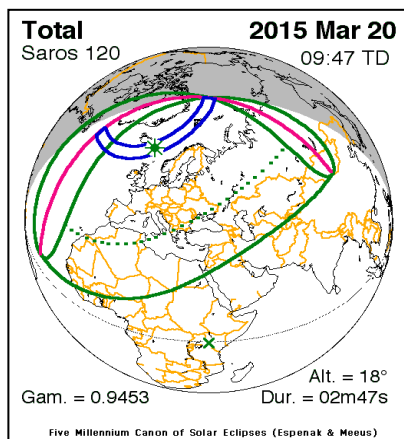
A 2006. március 29-i teljes napfogyatkozás adatainak elemzése során feltárt eredményeket kívántuk igazolni diákokkal végzett mérés segítségével (*Pintér és tsai, 2008*). Tapasztalati tény, hogy napfogyatkozás esetén érezhetően csökken a levegő hőmérséklete. Emellett gyakran megfigyelhetjük a szél megerősödését, valamint egyéb etológiai vonatkozású változásokat is. A mérés során fontos volt hangsúlyozni a diákok számára a probléma komplexitását, és felhívni arra a figyelmüket, hogy egy látszólag fizikai jelenség mennyi előre

nem látható következményt hordozhat magával (Makra és tsai, 2000). A mérés egyaránt rendelkezett módszertani és környezetfizikai célokkal, szem előtt tartva, hogy a környezeti megfigyelések eredményei jórészt szubjektív, egyéni tapasztalatokon alapulnak.

Szerettük volna igazolni, hogy a jelenség kezdete előtti és vége utáni hőmérsékleti értékek az idő függvényében jó közelítéssel egy olyan lineáris függvényre illeszthetők, amely mentén a hőmérséklet változott volna a fogyatkozás nélkül. Ehhez már a fogyatkozás előtt két órával elkezdtük a hőmérsékleti adatok rögzítését, és a jelenség után még másfél órán át folytattuk minden talajtípus esetén.

Első lépésben megfogalmaztuk, pontosan mit is kívánunk vizsgálni a mérés során. (1) Észlelhető-e a hőmérséklet csökkenése a fogyatkozás ideje alatt? (2) Hogyan változik a szélereősség a jelenség során? (3) Milyen egyéb változások figyelhetők meg a közvetlen környezetben? (madárcsicsergés, kutyaugatás, fényérzet)

Kiindulásképpen meghatároztuk, milyen talajtípusok esetén vizsgálódunk: füves, erdős, homokos, aszfaltos és barna földes. A tanulók öt fős csoportokat alkottak. A diákok egy létra vagy egy fa segítségével pontos értékek szerint rögzítették a hagyományos hőmérőket. Hogy



35. ábra A jelenség láthatóságának térképe és fontosabb adatai. (Forrás: Fred Espenak, NASA)

elkerüljük a létra anyagából származó kisugárzást, a fémből készült létrát fehér lepedővel vontuk be, és arra rögzítettük a mérőeszközöket.

A napfogyatkozás mindenki által jól ismert árnyékjelenség, ami akkor jön létre, amikor a Hold pontosan a Föld és a Nap közé kerül. Különböző típusait ismerjük, úgymint részleges, teljes, gyűrűs vagy hibrid. Az ezekkel történő megismerkedés közben fontos volt felhívni a diákok figyelmét a megfigyelés veszélyeire, a helyes és biztonságos módok szabályaira. A 2015. március 20. fogyatkozás esetén a teljesség sávja az Atlanti-óceán vidékein volt, Magyarországon részleges fogyatkozást figyelhettünk meg, kb. 60%-os.



34. ábra A környezet változását figyelő diákok csoportja

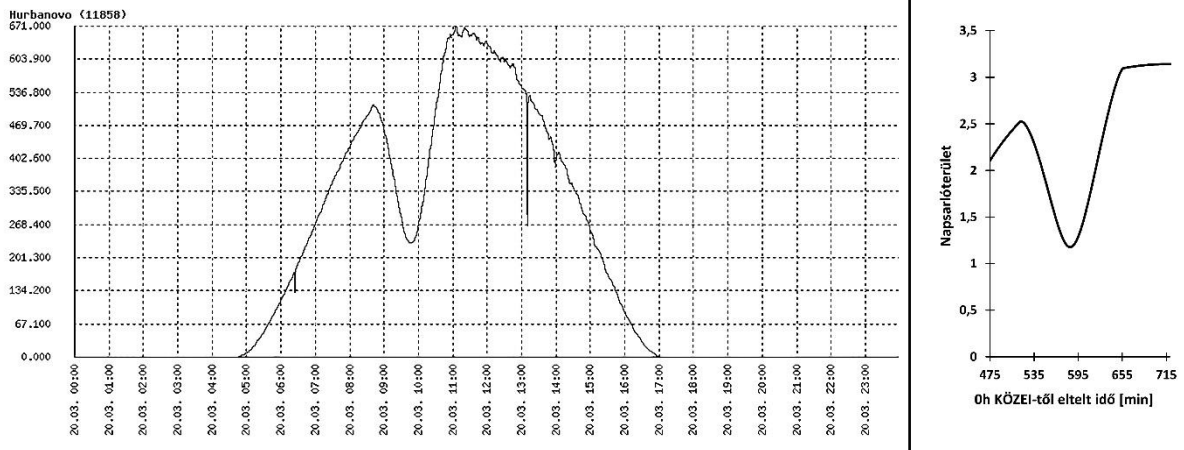
Szombathelyen a jelenség délelőtt 9 óra 36 perc körül kezdődött, és nagyjából 11 óra 56 percig tartott, a maximális takarás pedig 10 óra 45 perc körül következett be. Ezen adatoknak a diákok előre utánanézték. A méréshez azonos típusú, alkoholos hőmérőket használtuk, hogy azonos leolvasási hibával dolgozhassunk ( $\pm 0,5$  °C). Mindegyik hőmérőt azonos körülmények között tároltuk a mérés előtt. Mérés alatt a hőmérőket óvtuk a direkt napfénytől. (Néhány diák saját hőmérővel is dolgozott, ezek az adatok is rögzítésre kerültek a jegyzőkönyvben. Ezzel is hangsúlyoztuk, hogy tudományos jellegű méréseket nem csak laboratóriumi eszközökkel és körülmények között lehet végezni.)

A mérést 9-10. évfolyamos, tehetséggondozó szakkörön résztvevő, matematika ill. természettudományos tagozatos diákok végezték. 5 darab 5 fős csoport volt, 10. évfolyamos csoportvezetővel. A vizsgált talajtípusok: füves, erdős, homokos, aszfaltos és barna földes. A gyerekek 2 fajta jegyzőkönyvet használtak, egyet a mérési adatok rögzítése illetve egyet a környezeti változások megfigyelése.

Az adatrögzítés kezdete a jelenség előtt 30 perccel (9:00), vége pedig a jelenség után 40 perccel (12:40) volt. Az adatok rögzítése a jelenség előtt és után 5 percenként, a fogyatkozás ideje alatt 2 percenként (9:30-12:00), a fogyatkozás maximuma előtt és után negyed órával pedig percenként történt.

A felhasznált publikációkban megismert módszert követve a hőmérséklet időbeli változását vizsgáltuk. Ehhez meghatároztuk a *Napsarlóterület-idő függvényt*, számítási módját a részleges fogyatkozáshoz módosítva, majd a hőmérsékleti értékek visszaesését negyedfokú polinommal közelítettük. Ez a függvény kifejezi annak a területnek a nagyságát, amelyet a Hold a fogyatkozás során nem takar ki a Nap korongjából.

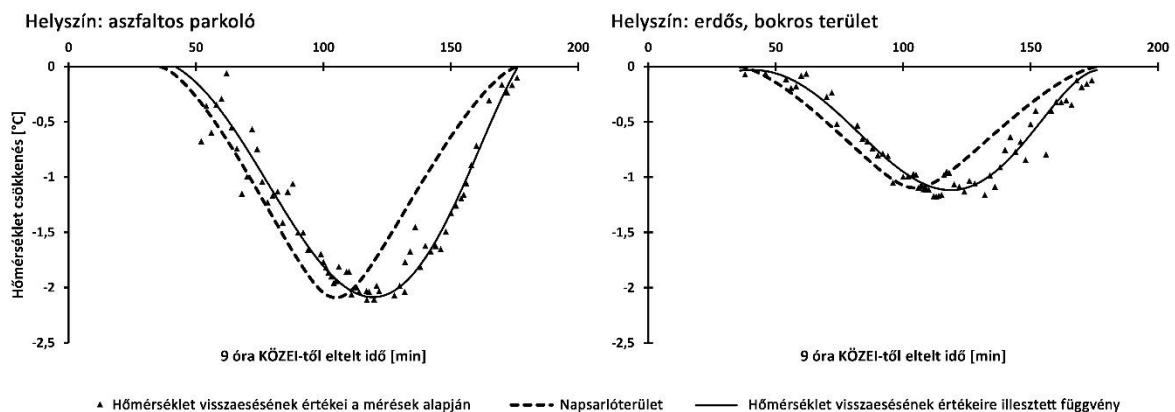
Obdobie: 20.03.2015 00:00 - 20.03.2015 23:59 UTC : Globálne Ziarenie 1-min, priemer [W/m2]



36. ábra A Nap globális sugárzása 2015. március 20-án, Ógyallán, valamint a fényváltozás modellezése a napsarlóterület változása segítségével. (Forrás: SHMÚ)

A napsarlóterület-idő függvény meghatározása során – amely a Nap sugárzásának mértékét is hivatott modellezni – több egyszerűsítést is alkalmaztunk, de mivel a jelenség közepesen magas napállásnál következett be, a delelés idejét (azaz a legmagasabb Napállást) jóval megelőzően, ezért a légköri fénykioltással (*extinkció*) korrigáltuk a függvényt. Az így korrigált Napsarlóterület-idő függvény hasonlóságot mutat a pozsonyi Szlovák Hidrometeorológiai Intézet mérési adataiból kapott ábrával (36. ábra).

A hőmérséklet visszaesésének alakulását parkban, fák között illetve az aszfaltos talaj felett is vizsgáltuk, ezen a két helyen volt a legkisebb illetve a legnagyobb a visszaesés mértéke. A szaggatott vonallal jelölt függvény a napsarló területének alakulását, a folytonos vonallal jelölt pedig a hőmérséklet értékeket mutatja. A különböző talajtípusoknál mutatkozó hőmérsékletcsökkenés és a fáziskésés is várakozásunknak megfelelően alakult. Megfigyelhettük, hogy a növényzettel sűrűn borított részeken legkisebb a késés.



17. ábra A hőmérséklet-változás valamint a napsarlóterület ábrázolása az idő függvényében két mérési terület adataira

### 5.3 Következtetések, tapasztalatok

A 2015. március 20-i részleges napfogyatkozás során teljesen hasonló jelenségeket sikerült megfigyelnünk, mint amit a vizsgálatunkhoz használt szakirodalmakban olvashattunk. A legnagyobb hőmérséklet visszaesést az aszfaltos talajon mérő csoport érzékelte (-2,1 °C), a legkisebb hőmérséklet visszaesést pedig a parkos környezetben mérő csoport tapasztalta (-1,1 °C).

A hőmérséklet változása fáziskéséssel követte a napsugárzás mértékének a változását, a korábbi vizsgálatok során leírtaknak megfelelően a jelenség végén vagy az előtt ez a fáziskésés megszűnt. Érdekes eredmény, hogy a totalitás után a hőmérséklet sokkal gyorsabban mértékben emelkedett a gyepes és a sima talajos területen, ott még a jelenség befejeződése előtt megszűnt a fáziskésés. A visszaesés maximális értéke a várakozásnak megfelelően az egyes területeknél különböző fáziskéséssel következett be. A legkisebb késés (és egyben a legkisebb hőmérséklet-visszaesés) a tūleveles növényzetű területen (10 min) és a parkos területen (11 perc) következett be.

Helyszín	Maximális hőmérséklet visszaesés [°C]	Hőmérséklet minimum késése a legnagyobb fedés időpontjától [min]
Füves terület	-1,6	15
Aszfaltos parkoló	-2,1	14
Tūlevelű fás park	-1,4	10
Sima talaj	-1,7	16
Erdős, bokros terület	-1,1	11

11. táblázat A maximális hőmérséklet-visszaesés értéke és időpontjának késése a legnagyobb fedés időpontjától

A környezeti és etológiai megfigyeléseket tekintve a diákok beszámoltak a hőmérséklet és a fényerősség jól érzékelhető csökkenéséről, a szél megerősödéséről, valamint a madarak viselkedésében beálló változásokról.

A március 20-i napfogyatkozás kapcsán a diákok részesei lehettek egy ritka jelenség tudományos vizsgálatának, tapasztalhatták a napsugárzás jól érzékelhető földi hatásait és a jelenség során bekövetkező változásokat. Erős motiváló erővel bírt, hogy az általuk kapott eredmények akár tudományos kutatás céljára is felhasználhatóvá váltak.

A diákok mérései segítségével sikerült egyértelműen kimutatni, hogy a különféle talajborítás és növényzet más-más módon hat a hőmérséklet változására. Ezzel kapcsolatos célirányos, részletes vizsgálat még nem történt a jelenséghez kötődően. Például a 2006-os törökországi méréssel kapcsolatban is csupán az került megállapításra, hogy a hőmérséklet visszaesése az eltérő környezetben (és nagy távolságra) dolgozó mérési csoportok értékei alapján különböző. A nyert információ további kutatásokhoz, vizsgálati célkitűzésekhez, valamint a mikroklíma és városklíma kutatásokhoz is információkkal szolgálhat.

#### 5.4 Az eredmények kiértékelése

A mérésben résztvevő 9. évfolyamos diákok egy kérdőívet töltöttek ki a témakör tanítása előtt, majd utána is. Ezen a módon szerettem volna meggyőződni arról, hogy a kutatás alapú tanítás módszere milyen eredményre vezet a napsugárzás és a napfogyatkozás témakörökben. A kérdések a következők voltak:

1. Hogyan melegíti fel a napból érkező sugárzás a légkört?
2. Sorolj fel négy különböző talajtípust! Állítsd őket sorba albedójuk szerint! A legkisebbel kezd!
3. Milyen módon, eszközzel lehet biztonságosan megfigyelni a napfogyatkozást?

Minden egyes kérdésnél a diákok válaszait – a válasz lényege alapján – tesztkérdésekké alakítottam. Az osztályba sorolt válaszokat igyekeztem egyetlen leírással jellemezni.

A következőkre jutottam:

1. A légkör felmelegedését tekintve keresd meg a **hamis** állítást!
  - A, A légkör felmelegedése „alulról történik”.
  - B, A légkörnek elsőként az a része melegszik fel, ami a legközelebb van a Naphoz.
  - C, A levegő maximális felmelegedése „késik” a maximális besugárzáshoz képest.
  - D, A földfelszín az elnyelt sugárzás egy részét nem látható sugárzás formájában visszasugározza.
2. Állítsd a különböző talajtípusokat sorrendbe az albedójuk szerint! A **legkisebbel** kezd!
  - A, friss hófelszín – füves terület – erdő – vízfelszín
  - B, friss hófelszín – erdő – füves terület – vízfelszín

C, vízfelszín – füves terület – erdő – friss hófelszín

D, vízfelszín – erdő – füves terület – friss hófelszín

3. Melyik eszköz alkalmas a napfogyatkozás biztonságos megfigyelésére?

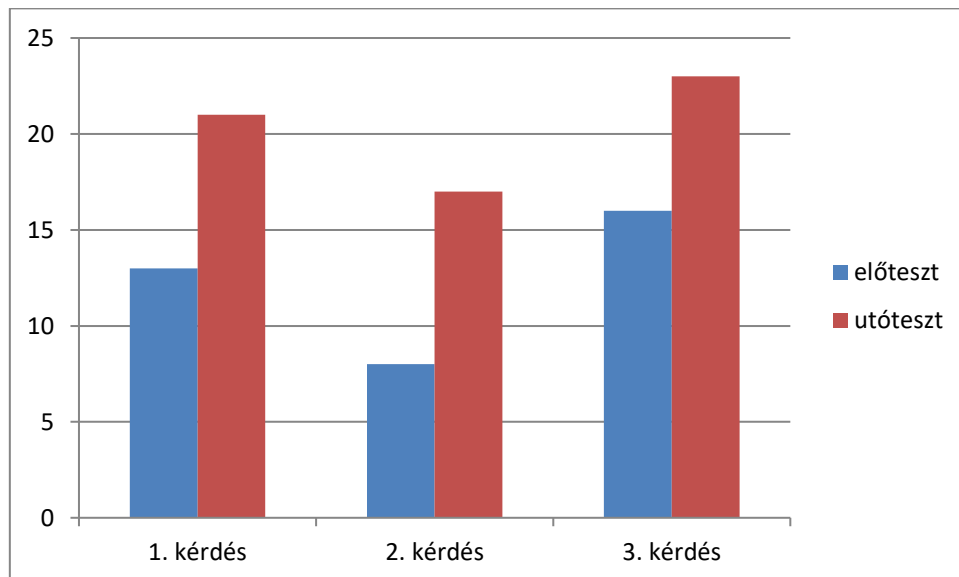
A, Hagyományos távcső.

B, Kormozott üveg.

C, Hegesztőüveg.

D, Napszemüveg.

A mérés elvégzése előtti és utáni teszt ugyanazokat a kérdéseket tartalmazta. A válaszok megoszlása – ugyanazon osztályozást alkalmazva - a következőképpen alakult:



38. ábra A helyes válaszok száma az elő- és az utóteszt során

Összefoglalva, az elő- és utóteszt eredményei azt jelzik, hogy a kutatás alapú tanulás módszerére alapuló, gyakorlat-orientált tanítása a napsugárzás és ehhez kapcsolódva a napfogyatkozás témakörének, egyértelműen segíti a diákokat a témakör mélyebb megértésében, támogatva ezzel a földrajz órán szerzett ismeretek hatékonyabb, hosszú távú beépülését.

# 6.

## **Napfogyatkozás modellezése, eredmények összevetése a 2015-ben nyert tapasztalatokkal ([S11])**

A kutatásalapú tanulás (IBL) jegyében 2015-ben méréseket végeztünk diákjaimmal részleges napfogyatkozás alkalmával, kapcsolódva egy 2006-os kutatás eredményéhez. Három évvel később a teljes napfogyatkozás jelenségét szeretnénk volna modellezni iskolai körülmények között. A mérési eredményeket összehasonlítottuk a három évvel korábban kapottakkal, miközben most már az eljárás matematikai háttérét is tisztázni tudtuk a diákok számára. Bár a 2006-os és a 2015-ös fogyatkozás különböző volt, ez a vizsgálatunkat nem befolyásolja, hiszen mi elsősorban a jelenség környezeti hatását figyeltük meg, amely a sugárzás csökkenése nyomán következik be. Maga a napfogyatkozás jelensége csak egy „eszköz” volt, a természet adta hatalmas kísérleti környezet lehetőségét nyújtotta.

### **6.1 Előzmények**

A gimnáziumi évek során a diákok többségében felébred az igény, hogy összefüggéseiben lássák és értsék a természeti jelenségeket, törvényeket. Ezt kihasználva érdemes megismertetni a tanulókat a modell-szerű gondolkodással, mellyel egyúttal a lényeglátás képességét is fejlesztjük bennük. A fizika mélyebb megértése elképzelhetetlen önálló tanulás, ismeretszerzés, ismeret-feldolgozás nélkül.

Diákjaimmal már a gimnáziumi éveik kezdetén kezdtünk behatóbban foglalkozni a fényvel, a fény természetével. Ehhez jó alkalmat szolgáltatott a 2015-ös napfogyatkozás. Az ekkor elvégzett mérések elméleti háttérét a matematikai ismeretek hiánya miatt nem részleteztük, azonban a megfigyelés ettől eltekintve is tanulságos volt a diákok számára. Miután középiskolai tanulmányaik második évében megismerkedtek a szögfüggvények fogalmával lehetőség nyílt a napfogyatkozáshoz kapcsolódó mérések matematikai leírásának megismerése is. Ezek után, az optika témakörének elsajátítását követően a fény hullámtermészetéhez kapcsolódó jelenségeket vizsgáltuk okostelefon segítségével, összehasonlítva a módszer eredményességét a klasszikus kísérletekével. A gimnáziumi évek végére jutottunk el oda, hogy a tanulók megszerzett ismereteiket kreatívan alkalmazva képesek legyenek komplex méréseket



és azok értelmezését is tartalmazó projektmunka önálló megtervezésére. Ennek elsődleges célja az volt, hogy a tanulók megértsék az empirikus vizsgálatok, a modellalkotás, a logikai következtetések, és a matematikai leírás fontos szerepét, szerves egymásra épülését a környezetfizikai folyamatok leírásában. Az induktív gondolkodásra alapozva, a tanulók tudásának és absztrakciós képességének fejlődésével a felsőbb évfolyamokon lehetőség nyílt a jelenségek kvalitatív leírásából eredményesen áttérni kvantitatív tárgyalásra.

A szaktárgyi ismeretek megszerzése során módunk volt megismertetni a tanulókkal a környezeti folyamatok veszélyes hatásait is, amelyek következményeként bolygónkon környezeti válságjelenségek mutatkoznak, így tudatosítva a diákokban, hogy a fizikai ismereteket természeti környezetünk megóvásában is hasznosítani lehet és kell.

## 6.2 Környezetfizikai háttér a földrajz órán tanultak alapján

A diákok már gimnáziumi tanulmányaik első évében, földrajz órán elsajátítják a Napfogyatkozásra vonatkozó fontosabb ismereteket és megismerik a napsugárzás és a légkör, valamint a Föld egyensúlyi hőmérsékletének kialakulását. Természetesen bevezető szinten sem a fogalmak, sem a fizikai törvények nem szerepelhetnek kellő mélységben és pontossággal. A földrajzi ismeretek sok pontatlanság ellenére már rájuk alapozva is elmondható, hogy a légkör a Nap rövidhullámú sugárzását lényegében átengedi. Ezt a sugárzást a Föld visszaveri és elnyeli. Az elnyelt sugárzást pedig hosszuhullámú sugárzás formájában kibocsátja. A hosszuhullámú sugárzást a légkör elnyeli, és ennek hatására melegszik fel. A Nap tehát a földfelszín közvetítésével, alulról melegíti fel a levegőt (ez magyarázza a felszíntől távolodva a hőmérsékletcsökkenést). A földfelszín, így a légkör felmelegedését a jelenleg használatos földrajzkönyvek szerint az alábbi tényezők befolyásolják:

- A napsugarak beesési szöge.
- A lejtők hajlásszöge és a lejtők égtáji helyzete
- A napsugárzás időtartama;
- A felszín jellege, anyaga, növényzettel való borítottsága

Ezeket az ismereteket pontosíthatjuk a fizikai törvények felhasználásával (*Bartholy és tsai, 2013*). A hőmérsékleti sugárzás és a légköri konvekciós és csapadékképződési folyamatok elemzésével megérthetjük a légkör egyensúlyi hőmérsékletének kialakulását, valamint a sugárzási mérleg egyensúlyának megbomlására vezető hatásokat, amelyekkel a klímaváltozás értelmezhető.

Pontosíthatjuk a föld lokális felmelegedését befolyásoló tényezőket is:

- a napsugarak beesési szöge
- a napsugárzás intenzitása
- a sugárzás időtartama
- a domborzat
- a felszín színe
- a felhőzet mennyisége
- a légáramlás sebessége

### 6.3 A Napsarló-terület kiszámítási módszere teljes fogyatkozás esetén

Napfogyatkozáskor a Hold részben vagy egészen eltakarja a Napot. Napfogyatkozás akkor jön létre, amikor a Hold pontosan a Föld és a Nap közé kerül, azaz újholdkor, ha a Hold éppen Föld körüli pályájának leszálló, vagy felszálló csomópontjában van. A Hold átmérője 400-szor kisebb a Napénál, ám 400-szor közelebb is van, ez okozza, hogy a Nap és a Hold látszólagos átmérője közel azonos, így amikor megfelelő helyzetbe kerülnek az égitestek, akkor a Hold képes teljesen eltakarni a Napot. A Napfogyatkozás során a Hold fokozatosan takarja el a Napot, amelynek sarló alakú fénylő része egyre kisebbé válik. Természetesen a teljes takarás, „a totalitás” bekövetkezése után a Hold tovább vonul és a fénylő napsarló egyre nagyobbá válik, míg végül a Nap ismét teljesen láthatóvá válik. Nyilvánvaló, hogy a Napsugárzás energiája a napsarló területével arányos.

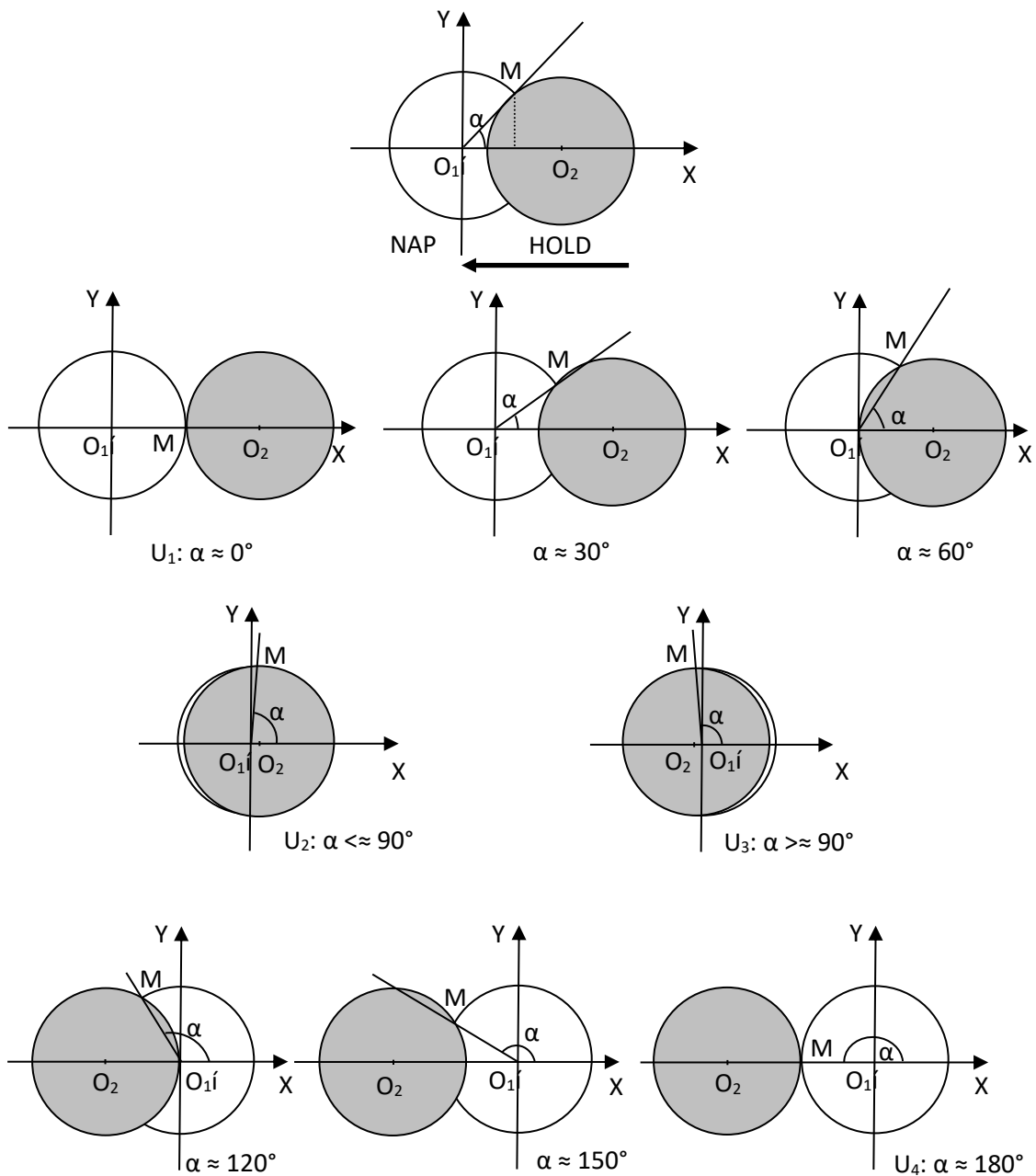
A Napsarlóterület-idő függvény meghatározása során – amely a Nap sugárzásának mértékét is hivatott modellezni – több egyszerűsítést is alkalmaztunk, kihasználva, hogy a jelenség közepesen magas napállásnál következett be. A Napsarlóterület-idő függvény meghatározása segítségével a teljes napfogyatkozás során tapasztalható előbb csökkenő, majd növekvő megvilágítást, mint az idő függvényét vizsgáljuk meg. A fogyatkozás során előbb csökken, majd a totalitás után ismét növekszik a Nap korongja Hold által el nem takart részének, az ún. Napsarló területének nagysága. A Hold által a fogyatkozás során a Napból eltakart rész területe ennek megfelelően először növekszik, a totalitás idején nem jut direkt napfény hozzánk, majd ezután fokozatosan csökken az eltakart rész területének nagysága.

A számítási módszer (*Pintér és tsai, 2008*) megismerése során éltünk a szakirodalomból megismert egyszerűsítésekkel. A Holdat az x-tengellyel párhuzamosan mozgó körlemeznek

tekintjük, amely az  $y$ -tengely irányában, a fogyatkozásra jellemző értékkel eltolva halad el a koordinátarendszer origójában elhelyezkedő, szintén körlemezzel modellezett Nap előtt. A két égitest látszó szögátmérője kis mértékben tér csak el egymástól, ezért a függvény meghatározása során egyforma méretűnek, geometriailag egybevágó körlemezeknek tekinthetjük őket. A Hold és a Nap egybevágó körlemezének sugarát egységnyinek vettük, mivel a Napsarló-terület-idő függvénnyel csak a jelenség során bekövetkező fényváltozás arányait és ütemét kívánjuk modellezni.

A folyamat geometriai leírásához Descartes-féle derékszögű koordinátarendszert használtunk. A koordinátarendszer origója a Nap korongjának  $O_1$  középpontja,  $x$ -tengelye pedig a Nap és Hold- korong középpontját összekötő egyenes volt. A tengely irányát úgy választottuk, hogy a Hold korongjának  $O_2$  középpontja negatív irányba mozogjon.

A fogyatkozás valamennyi fázisát egyértelműen jellemezi az a ( $0^\circ < \alpha < 180^\circ$ ,  $\alpha \neq 90^\circ$ ) szög, amelyet az  $x$ -tengely pozitív félegyenesére, valamint az origóból kiinduló, a Nap és a Hold körlemezének a koordinátarendszer felső féksíkjába eső  $M$  metszéspontján áthaladó félegyenesére zár közre.



39. ábra A teljes napfogyatkozás részleges fázisait jellemző  $\alpha$  szög értelmezése (Pintér és tsai, 2008)

A fogyatkozás kezdetének  $U_1$  időpontját az  $\alpha \rightarrow 0^\circ$ , a totalitás kezdetének  $U_2$  időpontját a növekedő hegyes szögeken keresztül az  $\alpha \rightarrow 90^\circ$ , a totalitás végének  $U_3$  időpontját a csökkenő tompaszögeken át az  $\alpha \rightarrow 90^\circ$ , végül a fogyatkozás végének  $U_4$  időpontját az  $\alpha \rightarrow 180^\circ$  szög írja le. Ekkora két égitest középpontjának  $d(O_1O_2)$  távolsága előállítható a

$$d(O_1O_2) = |2\cos\alpha| \quad (1)$$

alakban, amelynek értéke az  $U_2-U_1$  idő alatt egyenletesen csökken le 2-ről 0-ra, hiszen mindkét égitestet egységnyi sugarúnak tekintettük. Ezért  $\cos\alpha$  értékének változása az idő függvényében az  $U_2-U_1$  időszakban felírható a

$$\cos\alpha = 1 - \frac{\omega}{D_H} \cdot \Delta t = 1 - \frac{\omega}{D_H} \cdot (t - t_0) \quad (2)$$

formában, ahol a  $t$  időt másodpercben mérjük. Ezután a napsarló  $A_C$  területe úgy határozható meg, ha a Nap körlemezének területéről kivonjuk a  $2\alpha$  középponti szöghöz tartozó körszelet  $A_S(2\alpha)$  területének kétszeresét, vagyis érvényes az

$$A_C = A_\odot - 2 \cdot A_S(2\alpha) = r^2\pi - 2 \cdot \left(\frac{1}{2}r^2(2\alpha - \sin 2\alpha)\right) \quad (3)$$

összefüggés, ahol az  $r$  sugarat 1-nek vesszük.

A fentiekhez teljesen hasonlóan határozhatjuk meg e területeket az  $U_3$ -tól  $U_4$ -ig terjedő időszakban is. Az (3) formula segítségével előállíthatjuk a teljes napfogyatkozás során a hőmérséklet mérésének időpontjaiban az egységnyi sugarúnak tekintett előbb fogyó, majd növekvő napsarló területét.

#### 6.4 A mérési összeállítás

A kísérleti eszköz megtervezése illetve kivitelezése azokkal a diákokkal közösen történt, akik három éve a tényleges mérésnél is jelen voltak, továbbá a fizikát választották fakultációs tárgyukként. Az ott tapasztaltakat felhasználva épült meg a 2 méter magas, fából készült állvány. Az állvány oldalára – mint a korábbi mérésnél a létrafokokra –10 cm-es közönként tübeszúrós, digitális hőmérőket helyeztünk el. Tettük ezt azért, mivel ilyen lekicsinyített körülmények között az eltérések, változások kimutatásához érzékenyebb műszerre volt szükségünk, mint a korábban használt alkoholos hőmérők, melyek nem elég gyorsan reagálnak a hőmérsékletváltozásra. A Nap szerepét rubin infralámpa töltötte be. A hőmérőket úgy rögzítettük, hogy direkt fény ne eshessen rájuk. Ehhez fehér kartonlapból készült válaszfalat készítettünk, amelyet az állvány tetejéhez rögzítettünk. Az eszközt oldalról fából készült lemezekkel vettük körbe, hogy az esetleges levegő áramlás ne befolyásolja az eredményeket.



40. ábra *A kísérleti eszköz*

Az eszköz alja egy 1 méter x 1 méteres lap volt, melyen tetszőlegesen tudtuk váltogatni a 2015-ös mérésnél vizsgált felületeket (füves, túleveles, földes, kavicsos, homokos, lombos erdős). Az eszközt jól elsötétített teremben, az iskola pincéjében helyeztük el, mely elég nagyméretű helyiség volt ahhoz, hogy a környezet esetleges felmelegedése, a falakról történő visszaverődés ne befolyásolja a mérést.



41. ábra *A vizsgált felszín minták*

A Napsarló-terület változását az infralámpa fényerejének változtatásával modelleztük. Ehhez szükségünk volt arra, hogy a Napsarló-terület-szög függvényt átalakítsuk olyanná, ami az idő és a feszültség között teremt kapcsolatot. A továbbiakban ezt a függvényt használtuk a csökkenő fényerősség előállítására. A lámpa fényerő függvényrel történő szabályozásához potenciométert és digitális multimétert is tartalmazó áramkört állítottunk össze.



42. ábra A diákok által összeállított áramkör

Az  $\alpha$  szögnek megfeleltettük az időt ( $t$ ), a Napsarló területnek ( $A_C$ ) pedig a feszültséget ( $U$ ). A leadott feszültség nagyságát 210V-tól 0V-ig változtattunk megfelelő időközönként, majd ismét 210 V-ig növeltünk megtartva az időbeli szimmetriát.

Az eredeti  $A_C = \pi - 2\alpha + \sin(2\alpha)$  összefüggést átalakítottuk oly módon, hogy 210 legyen az értéke 0-ban, és a minimum értéke 0 legyen, ami a teljes napfogyatkozásnak felel meg. Mivel a csökkenés illetve a növelés is 20 percre tartott, a kapott függvény zérushelye az  $t = 20$  pontba esett.

$$U(t) = \frac{210}{\pi} \left( \pi - \frac{\pi t}{20} + \frac{\sin \frac{\pi t}{10}}{2} \right)$$

Így az alábbi értékeket kaptuk:

t (perc)	U (V)		
0	210	10	105
1	209,83	11	84,17
2	208,65	12	64,35
3	205,64	13	46,46
4	199,79	14	31,21
5	190,92	15	19,08
6	178,79	16	10,21
7	163,54	17	4,46
8	145,65	18	1,35
9	125,83	19	0,17
		20	0

12. táblázat A feszültség-idő értékpárok

## 6.5 A mérési eredmények

A mérések során két jelenséget vizsgáltunk, elsőként igazoltuk a légkör alulról történő felmelegedését, amely egy dinamikus mérési sorozat volt. Az infralámpa kezdetben nem világított, majd a bekapcsolás után azt vizsgálták, hogy a különböző magasságokban elhelyezett érzékelők milyen ütemben mutatnak hőmérsékletnövekedést. A hőmérők által mért kezdeti értékeket rögzítettük (0. perc), majd bekapcsoltuk a fényforrást, és figyeltük a hőmérsékletváltozást az egyes eszközökön (1-12.). A mérés a 12 hőmérővel 10 percig tartott, utána lényegi változás már nem történt. A már korábban említett fehér válaszfal segítségével megakadályoztuk, hogy a hőmérőket direkt fény érje. A mérést különböző talajtípusok esetén elvégezve hasonló eredményeket kaptunk, a táblázat a sima földdel borított talajnál kapott értékeket tartalmazza.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	12,6	12,7	12,7	12,8	12,9	12,9	13,0	13,0	13,1	13,2	13,2
2.	12,5	12,5	12,6	12,6	12,6	12,6	12,7	12,7	12,7	12,7	12,8
3.	12,6	12,6	12,6	12,7	12,7	12,7	12,8	12,8	12,8	12,9	12,9
4.	12,3	12,3	12,3	12,4	12,4	12,4	12,4	12,5	12,5	12,6	12,6
5.	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,9	12,9	13,1
6.	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,3	12,3	12,5
7.	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,3	12,3	12,4	12,4
8.	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,8
9.	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	13,0
10.	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,9
11.	12,9	12,9	12,8	12,9	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,9	12,9
12.	13,2	13,2	13,2	13,2	13,1	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,3

13. táblázat Az egyes hőmérők által mért értékek °C-ban az idő függvényében földdel borított talaj esetén

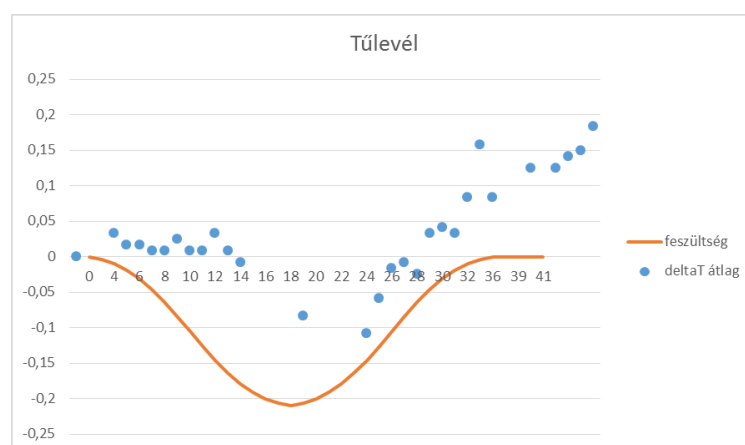
A mért hőmérséklet értékek alapján megállapíthatjuk, hogy a legalsó, 1-sel jelölt hőmérő esetén indult meg legkorábban a hőmérséklet emelkedése, és minél távolabb haladtunk a talajtól, annál többet kellett várnunk a hőmérséklet változására, illetve ez jelentősen kisebb mértékű volt a felsőbb hőmérők esetén a kezdeti értékekhez képest.





43. ábra Mérés erdős talaj esetén

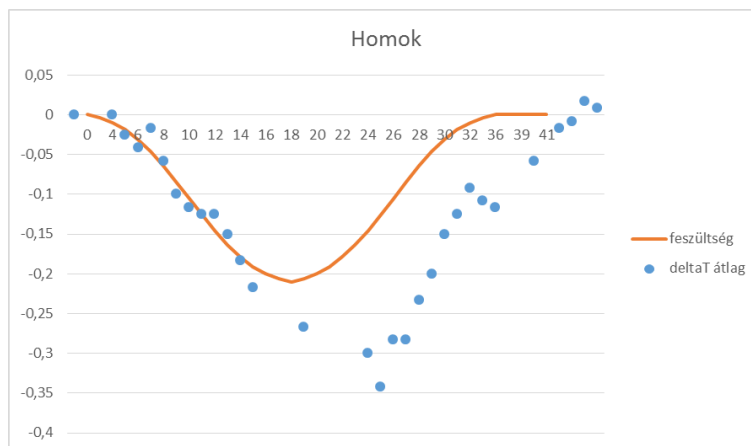
Ezután a hőmérséklet visszaesésének alakulását vizsgáltuk csökkenő feszültség esetén. Ehhez a méréshez, már órákkal korábban bekapcsoltuk a fényforrást, hogy a pincében a hőmérsékleti egyensúly beálljon, és a hőmérők egy konkrét, állandó értéket mutassanak. Az ábrákon a tőleveles, a homokos és az erdős talajfelszínek esetén történő eredményeket láthatjuk. A folytonos vonallal jelölt függvény a feszültség változását mutatja, a hőmérséklet alakulását pedig pontokkal szemléltettük. A különböző talajtípusoknál mutatkozó hőmérsékletcsökkenés és a fáziskésés a 2015-ös mérési eredményeknek megfelelően alakult.



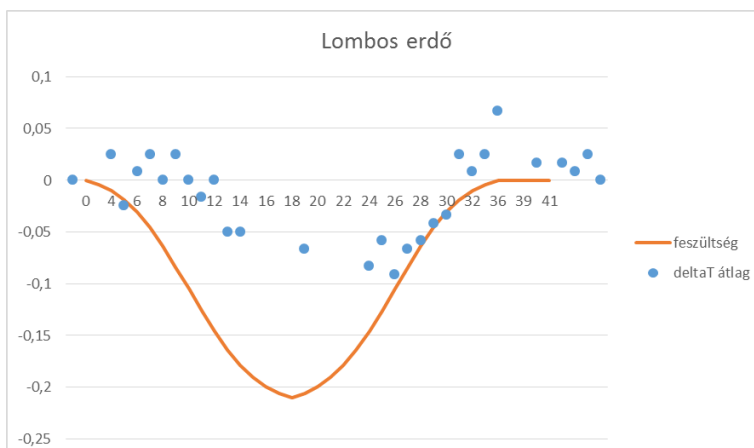
1. grafikon Tőleveles talaj



44. ábra Mérés homokkal borított talaj esetén



2. grafikon Homokkal borított talaj



2. grafikon Lombos talajfelszín

## 6.6 Következtetések

A napfogyatkozás iskolai körülmények között történő modellezése során teljesen hasonló eredményeket kaptunk, mint a 2015. március 20-i részleges napfogyatkozás alkalmával. A hőmérséklet legnagyobb visszaesését ( $-0,34167\text{ °C}$ ) az homokkal borított talaj esetén, a legkisebb hőmérséklet visszaesést pedig a lombos erdei növényzettel borított talaj környezetben tapasztaltuk ( $-0,09167\text{ °C}$ ).

A hőmérséklet változása fáziskéséssel követte a napsugárzás mértékének – azaz az infralámpa fényerejének - a változását. A visszaesés maximális értéke a várakozásnak megfelelően az egyes területeknél különböző fáziskéséssel következett be. Az eredményeket az alábbi táblázat foglalja össze.

Talajtípus	Maximális hőmérséklet visszaesés [°C]
Füves terület	- 0,21361
Homok	-0,34167
Tülevelű	-0,10833
Sima talaj	-0,27653
Lombos erdő	-0,09167

14. táblázat *A maximális hőmérséklet-visszaesés értéke a különböző talajtípusok esetén a modellezés alkalmával*

Talajtípus	Maximális hőmérséklet visszaesés [°C]
Füves terület	-1,6
Aszfaltos parkoló	-2,1
Tülevelű fás park	-1,4
Sima talaj	-1,7
Erdős, lombos terület	-1,1

15. táblázat *A maximális hőmérséklet-visszaesés értéke a különböző talajtípusok esetén a 2015-ös mérés során*

Mivel digitális hőmérőt használtunk, a leolvasási hibával nem kell számolnunk, a mérés pontatlanságát kizárólag a hőmérők mérési hibája okozhatja. Ezen eszközök alappontossága 1%.

Tanulságos megemlíteni a mérésben legaktívabban résztvevő két diák, Juhász Gergő és Tóth Dávid Csaba gondolatait, akiket tanulói interjú keretében kértem meg, hogy meséljék el tapasztalataikat a méréssel kapcsolatban.

*„A fizikának már több területén végeztünk már méréseket, de most először olyan jelenséget szerettünk volna modellezni, amit már három éve „nagyban” is elvégeztünk, melyhez nem volt szükségük sok eszközre sem. Egy nagy, fa állványt készítenünk, majd megterveztük a szükséges áramkört, a fényforrás helyét, és már készen is állt a modell. A méréshez egyszerű digitális hőmérőket használtuk. Véleményem szerint, ezek az önálló ötletkre épülő vizsgálatok, kutatások a fizikát sokkal közelebb hozzák hozzánk, diákokhoz, hiszen saját kezűleg, a saját eszközeinkkel dolgozhatunk.” (Juhász Gergő)*

*„Nagyon jó volt a mérésben részt venni. Izgalmas volt elvégezni egy ilyen komoly kísérletet, különösen, mivel nem is gondolnánk a jelenségről, hogy ilyen egyszerű, iskolai eszközökkel is kivitelezhető. Érdekes volt számomra végig kísérni az első lépésektől a vizsgálatot, meghatározni a szükséges mérendő értékeket, hogy legjobban modellezzük a napfogyatkozást; az utolsóig, mikor a mérési eredményeket ábráztuk és vártuk, mit fog mutatni a függvény és mennyire egyezik meg a valódi napfogyatkozással. Végül örömmel fogadtuk, hogy a modell jó volt, és pontosan mértünk. (Tóth Dávid Csaba)*

# 7.

## **Interaktív, tematikus kísérlet bemutató tehetséggondozó szakkörön résztvevő diákok vezetésével ([S10])**

### **7.1 Előzmények**

Korábbi munkahelyem, a Szombathelyi Nagy Lajos Gimnázium négy éve indította el az emelt szintű komplex természettudományos képzést a már meglévő matematika, angol nyelv orientációjú, a köznevelés típusú sport illetve az általános tantervű osztályai mellett, félévsztálynyi irányszámmal. A képzés fő célja – a természettudományok népszerűsítésén túl – a természettudományos pályára induló diákok számának növelése volt. A képzés népszerűsítése érdekében az iskolai nyílt napok során diákjaim tematikus kísérlet bemutatót tartottak az érdeklődők számára. Tapasztalataim azt mutatták, hogy érdekes kísérletek bemutatásával, különösen, ha diákok által végzett kísérletekről van szó, könnyen felkelthetjük a tanulók érdeklődését a fizika tantárgy iránt.

A társak általi tanítás („*peer learning activity*”) hatékony mind a fiatalabb diákok, mind a tanárként szereplők motiválásában (*Johnson és tsai 1991*), hiszen erre a korosztályra különösen nagy hatással vannak kortársaik. A program fejleszti a kísérletet végző diákok önbizalmát, előadásmódját, fiatalabb diáktársaiknak bemutatva tudásukat lehetőségük nyílik kipróbálni magukat tanári szerepben (*Bruffee, 1993, 1995; Rubin és Herbert, 1998*). Lelkesedésüket látva jelentősen nőtt a tehetséggondozó szakköre, a fizika fakultációra illetve a természettudományos képzésre jelentkező fiatalok száma iskolánkban.

Tapasztalati tény, hogy a fizika tanítása során kiemelkedően fontos és sokrétű szerepet tölt be az önálló tanulói kísérletezés, ez az egyik legjobb eszköz a diákok fizika iránti érdeklődésének felkeltésére és természettudományos gondolkodásuk fejlesztésére (*Sinatra és Pintrich, 2003*). Amit a tanulók a saját szemükkel látnak, közvetlen közelről tapasztalnak, jobban megmarad az emlékezetükben, később könnyebben tudják felidézni, és más

jelenségekkel összefüggésbe hozni (*Juhász és tsai, 2015*). A tanulói kísérletezés során a tanulók maguk végzik el egyedül vagy kisebb csoportokban a kísérleteket. Ez a forma biztosítja legjobban a tanulók aktivitását, hiszen ilyenkor nemcsak észlelői, hanem résztvevői is a kísérletezés folyamatának. Ezáltal a diákok órai és órán kívüli aktivitása nő, önbizalmuk erősödik, szívesen próbálnak új, akár saját kísérleteket, ami az egész osztály munkájára pozitív hatással van.



35. ábra Mobilis pályorientációs roadshow

Magyarországon több ötletes és sikeres kezdeményezés történt az elmúlt évek során a fizika tantárgy és a fizikai kísérletek népszerűsítésére, többek között a *Jaloveczki József* által szervezett „Fizikashow” Baján, vagy a budapesti Berzsenyi Dániel Gimnázium tanárai (*Izsa Éva, Baranyai Klára*) vezetésével működő „Fizikatábor”.

Az alapötletet a diákok számára az önálló bemutató megvalósításához az adta, hogy lehetőségünk volt a győri Mobilis csapatát vendégül látni iskolánkban egy pályorientációs roadshow erejéig. Ennek során nemcsak részesei és gyakran szereplői lehettek egy látványos bemutatónak, hanem saját maguk is elvégezheték a kísérleteket. Ekkor fogalmazódott meg a szakkörös diákjaimban a gondolat, hogy szívesen valósítanának meg hasonló fiatalabb diáktársaik számára.

## 7.2 A társak általi tanítás (Peer Learning Activity - PLA)

A társak általi tanítás az ún. *atipikus tanulási módszerek* közé tartozik, melyek népszerűségét és elterjedését az utóbbi évtizedek hozták magukkal (*Kadocsa, 2006*). A módszer alapjai azonban ennél sokkal messzebbre nyúlnak vissza, egyes elemei ugyanis megfigyelhetők már több reformpedagógiai törekvésekben is. Elsősorban *Dewey, Freinet* és *Montessori* munkáiban találhatóak meg azok a gondolatok, amik nyomán később kibontakozhattak a nem-szokványos tanulás különféle formái, módszerei.

A peer-learning activity kifejezésnek eddig még nem alakult ki a precíz magyar nyelvű megfelelője; szó szerint társak általi tanulást jelent. Elterjedésében kimutathatók jelentős iskolateremtő pszichológusok, *Piaget* és *Vigotszkij* munkáinak a hatásai. Igazolták, hogy a diákok körében hatékonyan alkalmazható a kölcsönös illetve a kollektív motiválás számtalan

alternatívája. A peer-learning gyakorlata tulajdonképpen nem ismeretlen, hiszen évtizedekkel ezelőtt ismert volt az oktatás minden szintjén az ún. „tanuló-pár” rendszer, bár ekkor még kidolgozott módszertana nem létezett. Azóta számtalan jól definiált módszer bizonyítja a társak által motivált tanulási formák használhatóságát. A módszer lényege az, hogy ha sikerül a tanulócsoportok tagjait a tananyag egy-egy résztemájának mintegy szakértőjévé kiképezni, akkor ezt a tudást ki-ki továbbadhatja társainak; így a tanulócsoportban mindenki egyszerre tölti be a tanár és a tanuló szerepét is. A peer-learning technikái között megtalálható a vita, a dialógus, továbbá az írott és a digitalizált tananyag egyéni feldolgozásának számtalan lehetősége; lényege mindegyiknek a tanulási folyamat szereplői közötti folyamatos interakció biztosítása a megfelelő tanári irányítással.

### 7.3 A megvalósítás menete

A diákokat hatékonyan motiválta, ha munkájuknak egyéb konkrét célja is volt, mint például versenyre való felkészülés, hazai és nemzetközi konferenciákon való részvétel, aminek



46. ábra A bemutatót végző diákok 2016-ban

anyagából egy kis ízelítőt csempészhettek a nyílt napi bemutató programjába. Mivel a felkészülés kis csoportban, öt-hat fővel zajlott, a munka kötetlen hangulata még inkább elősegítette a csoporttársak közvetlen együttműködését. A diákok 9-10. évfolyamos korukban kezdték a közös munkát, majd aktív résztvevők maradtak egészen az utolsó gimnáziumi évükig. Több tanulóról nemegyszer itt derül ki, hogy bár elméleti feladatokkal nem boldogul könnyen, de nagyon ügyesen és szívesen old meg gyakorlati jellegű problémákat, ügyes eszközépítő, kísérletező, jó előadó.

A tanulók által tartott bemutató nem a hagyományos értelemben vett játékos kísérletezés, sokkal inkább interaktív tanórához hasonlítható, melyet diákok tartanak diákoknak. A gyerekeknek kortársaik előtt kell bemutatniuk a munkájukat, elmagyarázni nekik az új ismereteket, ismertetni a kísérleteket, méréseket. Célunk nem egyszerűen érdekes kísérletekből álló fizika show szervezése, hanem a gimnáziumi tananyag tematikus, interaktív bemutatása diákok által, diákoknak, előre vetítve a fiatalabb tanulóknak a középiskolai fizika órák által érintett területeket, időrendben illeszkedve a tényleges 9-11. tanmenetekhez. Másrészt fontos szempont, hogy a bemutató során ne passzív befogadóként vegyenek részt az

általános iskolás diákok, ne egy hagyományos fizikaóra-szerű foglalkozás részesei legyenek, hanem a program aktív résztvevői. Az, hogy milyen volt az óra, azon is múlt, hogy ők milyen szinten kapcsolódtak be a közös munkában.

A tanulók egymás előtti szereplésének rendkívül sok hasznos következménye van. Láthatóan tétje volt számukra a bemutatónak, hiszen számukra nagyon fontos az érdeklődő kortársak visszajelzése. Ezért igyekeznek a tőlük telhető legérthetőbben és legérdekesebben előadni mondandójukat, és ez csak akkor sikerülhet, ha az anyagot ők maguk is teljesen megértették. Érdekes volt tapasztalni, hogy a jól sikerült előadásokból meglepően sokat tanul a hallgatóság. Sokkal figyelmesebben hallgatják meg egymást, mint ahogyan a tanórákon szoktak figyelni. A fiatalabbak biztosan nem értenek meg még minden részletet, de a kísérleteket megjegyzik, és évek múltán, amikor egy-egy téma előkerül a tananyagban, kiderül, hogy pontos emlékeik vannak a bemutatón látottakról.

Mivel a bemutatóban segédkező diákok a 9-12. évfolyamról kerültek ki, igyekeztem a kísérleteket az adott diák által már tanult témakörök szerint felosztani. Gyakran előfordult, hogy egy-egy kísérletet két tanuló mutatott be és értelmezett, így egyikük kapkodás nélkül végezhetette a gyakorlati feladatokat, míg másikuk a jelenség fizikai tartalmát ismertette, ezzel is időt nyerve minél több kísérlet bemutatásához, illetve biztosítva társának a kísérlet nyugodt előkészítését. Az évek során hatékonyan együtt dolgozó, jól összeszokott párosok alakultak ki a gyerekek között, ami még inkább biztosította a jó hangulatú közös munkát. Mivel legtöbbször általános iskolások tanulókból állt a közönség, diákjaim egy-egy hétköznapi jelenséghez kapcsolódva vezették be az adott törvényt, próbálták a törvény megfogalmazására (természetesen kvalitatív szinten) rávezetni fiatalabb társaikat. Ezek után következtek a törvényhez kapcsolódó kísérletek, melyek értelmezésében a már felidézett illetve újonnan jött ismeretek alapján szintén számítottak az idősebbek a közönség segítségére. Ahol a kísérlet lehetővé tette, a közönség soraiból is hívtak vállalkozó kedvű kisdiakokat. Komoly felkészültséget mutatott a bemutatót végző diákok részéről, hogy nem féltek a spontán szituációktól.

A bemutató a legegyszerűbb „konyhakísérletektől” kezdve egészen a legmodernebb eszközökkel elvégezhető mérésekig sokféle kísérletet tartalmazott. Igyekeztünk olyan eszközöket használni, amelyek a gyerekek által otthon is elkészíthetőek, viszonylag alacsony költségvetésből. (A „*hands on*” kísérletek világszerte nagyon népszerűek (*Lellouch és Jasmin, 2010*). A tananyaghoz illeszkedve témakörönként csoportosítottuk a kísérleteket (mechanika, hőtan, elektromágnességtan), miközben jelentősen támaszkodtunk a fiatalabbak előzetes tudására. A tananyagon túlmenően bemutattuk a tehetséggondozó szakkör aktuális projektjét



is. Érdemes megjegyezni, hogy a nyílt napokra ellátogató szülők sokszor a diákokhoz hasonló lelkesedéssel és aktivitással vettek részt az interaktív órákon.

#### 7.4 A bemutatott kísérletek témakörönként

A bemutatott kísérleteket témakörönként csoportosítottuk. A kapcsolódó törvényeket igyekeztük hétköznapi nyelven, minél érthetőbben – még ha ez kicsit a precizitás rovására is ment– megfogalmazni. Hiszen elsődleges célunk az érdeklődés felkeltése volt a majdani középiskolai fizika tananyag iránt. Gyakran kértek diákjaim a kísérletek elvégzése előtt tanácsot, ötleteket a kisebbektől, amely javaslatokat mindig le is ellenőriztünk, az esetleges rossz megoldásokat kielemeztük, néhol javítottuk. A kísérletek válogatásakor a szakirodalomból ismert kísérletgyűjtemények mellett (*Juhász, 1995*) hatékonyan támaszkodtunk a diákok saját ötleteire.

##### 1. Mechanika

###### • A tehetetlenség törvénye

Tapasztalataink azt mutatják, hogy egy test mindig csak más test hatására változtatja meg mozgásállapotát, önmaga azt befolyásolni nem tudja. A testeknek ezt a tulajdonságát tehetetlenségnek nevezzük. Minden test egészen addig megtartja nyugalmi állapotát vagy egyenes vonalú egyenletes mozgását, amíg egy másik test mozgásállapotának megváltoztatására nem kényszeríti.

*Kísérlet: Melyik a nyers és melyik a főtt tojás?*

Pörgessünk meg egymás után két tojást az asztalon, majd érintsük meg egy pillanatra az ujjunkkal őket! Ha a tojás nyers, akkor tovább fog forogni. A nyers tojáshéjhoz képest nagy tömegű, folyékony halmazállapotú belseje a megállított héjtól függetlenül, tehetetlenségétől fogva tovább forog a héjon belül, forgásra kényszerítve ezzel az egész tojást. A főtt tojás szilárd halmazállapotú héja és belseje „egy testként viselkedve” a megérintés pillanatában abbahagyja a forgást.

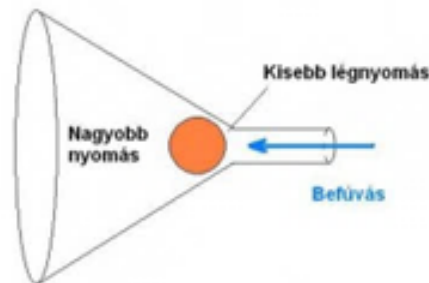
- gázok stacionárius áramlása – Bernoulli törvénye: A törvény kimondja, hogy egy közeg áramlásakor (a közeg lehet például víz, de levegő is) ha valahol nő az áramlási sebesség, ott csökken a nyomás.

*a, tölcsér + pingpong labda/gyertya*

Vízszintes tengelyű, hagyományos műanyag tölcsér szűkületébe pingponglabdát tartunk, majd a tölcsér szárába lehetőleg minél hosszabban, erőteljesen belefűjünk. Meglepő módon a labda,

ahelyett, hogy kirepülne, erőteljesen a szűkülethez ragaszkodva helyben marad, miközben hevesen rezeg.

A befújás hatására a tölcsér szűkületében a légáram sebessége igen nagy, míg a tölcsér külső, öblös részében kicsi.



47. ábra Pingpong labda tölcsérben  
(URL: <http://www.fizkiserlet.eoldal.hu>)

A szűkületnél gyorsan áramló levegőben a nyomás lecsökken, a tölcsér öblös részében viszont közel változatlan nagyságú marad, ami a tölcsér szájához „szorítja” a labdát.

#### *b, pingpong labda hajszárító felett*

Függőlegesen felfelé irányított hajszárító fölé helyezzünk pingpong labdát. A labda – a hajszárító légáramának erősségétől függően – adott magasságban lebeg. Mivel a lebegés feltétele az, hogy a labdára ható erők eredője nulla legyen, érdemes kitérni a jelenség dinamikájára. A labda hajszárítóhoz képesti oldalirányú elmozdulását a kialakult nyomáskülönbség akadályozza meg, a függőleges irányban történő mozgást pedig az áramló közegben a labdára ható, függőlegesen felfelé mutató közegellenállási és a lefelé mutató nehézségi erő kiegyenlítődése gátolja.

Érdeemes megmutatni, hogy a hajszárító függőlegestől mért hajlásszögének növelésekor hogyan változik a jelenség lefolyása, illetve hány fokos dőlésszögnél esik le a pingpong labda a légáramról, és ennek okáról érdeklődni a diákoktól.

#### *c, pénzugratás*

Tipikusan olyan kísérlet, ahol bátran kérhetünk ötleteket, akár próbálkozást a közönségtől. Egy viszonylag könnyű pénzérmét kell a tőle néhány centiméterre lévő tányérba juttatnunk, anélkül hogy hozzáérnénk. (Erősen elfújunk az érme felett.)

#### *d, „életveszély”*

Sima cipős dobozra és pingpong labdára van szükségünk. Helyezzük a labdát kb. 10 centiméter távol a doboz falától. Nincs más dolgunk, mint hogy erősen a labda és a doboz közé fújjunk. Azt tapasztaljuk, hogy a labda a doboz falának csapódik, ahelyett, hogy eltávolodna tőle. Ez a kísérlet tökéletes lehetőség arra, hogy felhívjuk a diákok figyelmét a jelenségben rejlő

veszélyekre: miért nem szabad túl közel sétálni a sínekhez, ha vonat halad el mellettünk, vagy biciklivel illetve motorkerékpárral miért nem érdemes egy gyors, nagy tömegű jármű mellett haladnunk.

Itt érdemes kielemeznünk a diákok számára az olyan hétköznapi jelenségek okát is, mint például, hogy viharos szélben miért repülnek le a tetőről a cserepek, vagy a szél miatt „kapja fel” a faleveleket a földről.

- *légnnyomás*

Félliteres műanyag palack aljára körülbelül 3 mm átmérőjű lyukat fúrunk, majd megtöltjük vízzel. Ha a kupakot rácsavarjuk az üveg tetejére, a víz nem folyik ki az üveg alján. A külső



légnnyomás és a víz felületi feszültsége elég erős ahhoz, hogy az palackban lévő vizet bent tartsa az üvegben. A kupak lecsavarásával azonban megindul a vízszugár a lyukon keresztül. Ennek oka, hogy a palackban lévő víz fölé külső légnnyomású levegő kerül, ami kipréseli az üvegből a vizet. A kupak zárásával ismét elzárhatjuk a vízcsapot.

A külső légnnyomást az ábrán látható befőttes üveggel is szemléltethetjük, melynek a fedelét több helyen átlyukasztottuk, majd színezett vizet töltöttünk bele. Azt tapasztaljuk, hogy

függőlegesen lefelé fordítva az üveget, a víz a sok lyuk ellenére sem folyik ki.

- *rakéta-elv*

Az impulzusmegmaradás tételével a rakéták hajtóművének működését magyarázhatjuk. Ennek lényege, hogy a rakéta illetve a benne lévő hajtóanyag egy rendszert alkot, és begyűjtve a hajtógázt a rakétából lefelé kiáramló, nagy sebességű égésgáz felfelé mozdítja el a rakétát. Mivel a gáz tolóereje belső erő, a rendszer összimpulzusát nem változtatja meg. Hogy a rendszer összimpulzusa ne változzon meg, a rakétának a gáz kiáramlásával ellentétes irányba kell mozognia.

A rakétahajtást kísérlettel is szemléltethetjük, amelyhez házilag gyártott, ún. alkoholos rakétát használunk. Az eszköz nem más, mint alján átfűrt PET palack, amibe néhány ml, gyorsan párolgó denaturált szeszt fecskendezünk. A nyílás alá lángot tartva a szesz begyullad, égésekor a palackban lévő gáz kitágul. A kiáramló, nagy sebességű égésgáz felfelé tolja a palackot. Ennél a kísérletnél érdemes kitérnünk a földi körülmények közti (felhajtó erő) illetve az űrben történő repülés (rakéta elv) eltérésére.

48. ábra A lyukas fedelű üveg

## 2. Hőtan – gázokra vonatkozó ismeretek, gáztörvények

Ennél a résznél zömmel a gázok speciális állapotváltozásairól esik szó, amikhez látványos kísérleteket kapcsolhatunk. A fejezet végén a fajhő fogalmáról és a víz fajhőjének jelentőségéről ejtünk néhány szót.

- *tojásszippantás*

Egy gömblombikban borszeszegő segítségével felmelegítjük a levegőt, majd szájára főtt tojást helyezünk, amit a minél jobb zárás miatt előbb kissé benedvesítünk. A lombikot ezután óvatosan hideg vízbe tesszük. A lombikéval együtt a benne lévő levegő hőmérséklete is lecsökken, ezáltal csökken a bezárt levegő nyomása is az izochor – állandó térfogaton végbemenő – állapotváltozásnak megfelelően. Így a tojást kívülről körbe vevő, a lombik belsejében lévő levegőhöz képest nagy, külső légnyomás befelé tolja a lombik belsejébe.

- *lombik gyertyával – vízszippantás*

Szájával lefelé fordított (száraz) lombikkal borítsunk le kisméretű, égő gyertyát, amely előzőleg egy vízzel félig telt tálba rögzítettünk. Ahogy a gyertya lángja halványodni kezd, majd végül teljesen kialszik, a víz egyre magasabbra kúszik a lombikban. A jelenség oka, hogy miután a gyertya elalszik, a lombikba bezárt levegőnek csökkenni kezd a hőmérséklete. Emiatt folyamatosan csökken a nyomás a lombikban, és a változatlan nagyságú külső légnyomás mintegy benyomja a lombikba a vizet.

- *sörösdoboz roppantás – a légnyomás ereje*

Egy üres, fél literes alumínium dobozba 2-3 köbcentiméter vizet fecskendezünk, majd borszeszegővel melegíteni kezdjük. Hamarosan vízgőz távozik a doboz nyílásán, ami jelzi, hogy a gőz már teljes egészében kitöltötte a doboz légterét. Ekkor hirtelen mozdulattal fejre állítjuk a doboz, miközben nyílását egy tál vízbe mártjuk. A gőz a folyadékkal találkozáskor azonnal kicsapódik, és a hirtelen keletkező légritka tér (lecsökkent nyomás) miatt a külső légnyomás a dobozt robbanásszerűen összeroppantja.

## 3. Elektromágnességtan

A bemutatott kísérleteket két, szorosan összekapcsolódó jelenség, törvény köré csoportosítottuk: a *nyugalmi elektromágneses indukció* és *Lenz törvénye*. Az előbbi szerint, változó mágneses tér hatására egy vezetőben feszültség indukálódik, mely – ha a vezető zárt hurkot képez – áramot indít. Utóbbi szerint pedig ennek az indukált áramnak az iránya mindig olyan, hogy mágneses hatásával gátolni igyekszik az őt létrehozó hatást. A törvényt számos tapasztalat igazolja. Ezzel a törvénnyel magyarázható például, hogy a változó mágneses erőterbe helyezett, kiterjedt vezetőkben az ún. *örvényáramok* kialakulása miatt fellépő számos

jelenség. Az örvényáramok a vezetőben zárt hurkok mentén kialakuló áramok, amelyek azért lépnek fel, mert az indukált elektromos erőter erővonalai zártak, és a vezetőben lévő mozgásképes töltések ezek mentén mozognak.

- *Lenz-karikák*

A *Lenz-törvény* bemutatására szolgál a következő rendkívül egyszerűen elkészíthető eszköz. Sörös dobozból két, kb. 6 cm-es gyűrűt vágunk ki, majd egy állványra függesztettük fel őket. Ezek után a gyűrűkbe mágnes rudat kezdtünk ki-be mozgatni. (Az alumínium nem permanens mágnes.)



49. ábra A házi készítésű Lenz-karikák

Tapasztalhatjuk, hogy a mágnes közeledésével az egyik gyűrű ellenkező irányba kilendül. A mágnes távolodáskor pedig a mágnes felé lendül. A másik gyűrű azonban mozdulatlan marad. A jelenséget Lenz törvényével értelmezhetjük. Mozgatáskor a gyűrűben indukált áram az alumíniumkarikát elektromágnessé változtatja, amelyben az indukált áram úgy fejt ki gátló hatását, hogy közelítéskor igyekszik taszítani a mágneset, távolodáskor pedig megpróbálja vonzani azt. Azonban ha a karikát egy helyen elvágjuk, az mozdulatlan marad, mivel a szakadás miatt az indukált áram nem folyhat végig a körön.



- *Thomson-ágyú*

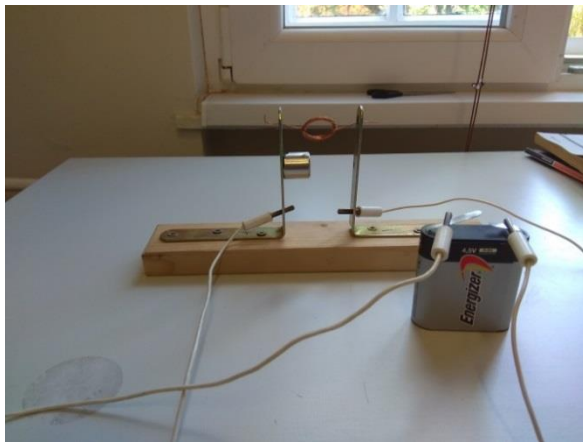
Egy tekercs meghosszabbított, függőleges helyzetű vasmagjára a vasmagon csúszni képes alumínium karikát helyezünk, és a tekercset egy kapcsolón keresztül váltakozó feszültségű áramforráshoz kapcsoljuk. Ha az áramot bekapcsoljuk, akkor a karika lerepül a vasmagról.

50. ábra Egyik diák által készített Thomson-ágyú

A Thomson-ágyú működésének magyarázata, hogy a váltakozó áram által létrehozott váltakozó mágneses erőterben az alumínium gyűrűben örvényáram indul, és a Lenz-törvénynek megfelelően a gyűrű „le akar menni” az indukált áramot okozó vasmagról.

- *egyenáramú villanymotor házilag*

Az elektromágnesek gyakorlati alkalmazásának egyik legfontosabb területét a villanymotorok jelentik, amelyek az elektromos áram energiáját mechanikus energiává, általában forgási energiává alakítják. Az ábrán házilag előállított villanymotor látható. Először a motor forgórészét készítettük el úgy, hogy ceruzaelemre tekerünk 6-7 menetnyi



51. ábra A házilag készített villanymotor

rézdrótot. Késsel lekapartuk a lakkszigetelést a kivezető drótokról, de csak a tekercs síkjának egyik oldalán, egy félkörív mentén mozogva. A tekercs alá mágneset helyeztünk, a tekercsen (egyen)áramot indítunk meg egy közönséges zsebttelep segítségével.

Amikor a tekercs kivezetéseinek csupasz oldala hozzáér a tartókhöz, áram indul benne. A mágneshez közeli részén folyó áramra a mágnes terében erő hat és ez mindig merőleges az áram irányára, és a külső mágneses tér irányára. Mivel a mágneses tér ebben az esetben a mágnesre merőleges, a Lorentz-erő forgatónyomatékokat gyakorol a tekercsre. Amikor a tekercs átfordul a másik oldalára, az erő iránya éppen ellentétes lenne, de ekkor a lakkozott rész megszakítja az áramot, és így nem lép fel erő, nincs forgatónyomaték, a tekercs "lendületből" forog tovább. Amikor újra az előző helyzetbe kerül, ismét áram indul, és kezdődik a folyamat előlről.

## 7.5 A bemutató hatásai, az elért eredmények összefoglalása

A sikeres önálló kísérletezés hatására több tanulóm is fizikusi, fizika tanári illetve demonstrátori pálya mellett döntött. Diákjaim az iskolai nyílt napokon kívül kísérlet bemutatóval részt vettek többek között a győri *Mobilis Kísérletbazar rendezvényén* (2014, 2015, 2016) illetve a *II. Természettudományos Oktatási Szakkiállításon*, Kecskeméten (2015), továbbá népszerűsítették a fizika tantárgyat a celldömölki Városi Általános Iskola diákjai számára. 2015-ben Győrben elnyertük a Csodák Palotája által felajánlott díjat, illetve a legjobb felkészítő tanárnak járó elismerést.



52. ábra A győri Kísérletbazar rendezvény



53. ábra Előadás a Kutatók Éjszakáján

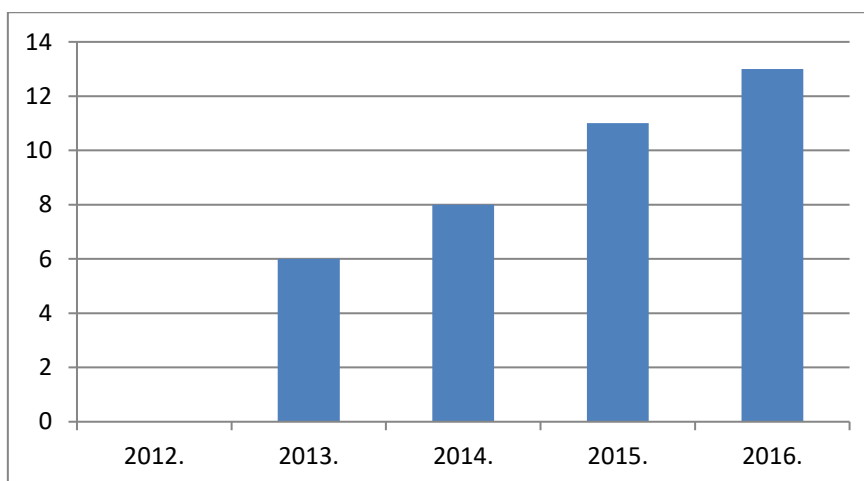
A Szombathelyen is megrendezésre kerülő *Kutatók Éjszakája* rendezvényen és a hozzá kapcsolódó *Science Fair vetélkedőn* (2015, 2016, 2019) diákjaim több alkalommal sikeres előadóként szerepeltek. 2015-ben a vetélkedőn I., 2016-ban II. helyezést értek el, valamint a különdíjat is sikerült elhoznunk.

A tanulókkal megvalósított egyik projektünk sikeresen szerepelt a nemzetközi *Science on Stage fesztiválon* Debrecenben (2017), melynek magyarországi válogatóján elnyertük a jogot a nemzetközi szereplésre, továbbá megkaptuk a fesztivál fődíját. Három diákom pedig közreműködött a nemzetközi *Teaching Physics Innovatively* konferencián tartott angol nyelvű előadásomban, 2015-ben.



54. ábra A TPI 2015 konferencián tartott angol nyelvű előadás

A bemutató hatására évről-évre növekedett a tehetséggondozó szakkörre 9. évfolyamon beiratkozott – ezáltal a tantárgyi versenyeken, projektfeladatokban résztvevő – diákok száma iskolánkban.



55. ábra A tehetséggondozó szakkörre beiratkozó 9. évfolyamos diákok száma



# 8.

## **A hullámtan témakörének új szemléletű felépítése a Design Based Research (DBR) jegyében ([S12])**

Az MTA-ELTE Tantárgy-pedagógiai Kutatócsoportjának Kísérleti tankönyv munkacsoportjában munkatársaimmal 2016 óta dolgozunk új típusú fizika tankönyv kifejlesztésén. Hosszabb ideje tapasztaljuk ugyanis, hogy a hagyományos fizika tankönyvek, nem igazán tudnak megfelelni az utóbbi évtized egyre nagyobb elvárásainak. A „*milyen a jó tankönyv?*” kérdésre tehát nem egyszerű megtalálni a választ. Természetesen egyik fő szempont, hogy mind a tanárok, mind a diákok egyaránt örömmel használják. Így ösztönözve a tanulók közreműködő részvételét a tanórán. Legyen könnyen áttekinthető, továbbá minden eszközeivel szolgálja a megértést. Ne tartalmazzon túl sok tény, adatot. Legyen alkalmas a tanulói önálló tevékenység serkentésére, segítse a differenciált osztálymunka megvalósítását, megfeleljen az életkori sajátosságoknak.

A tankönyv hagyományos feladata az iskolai munkához kapcsolódó otthoni tanulás segítése. Emellé az elmúlt évek során új, jobbára formai elvárások társultak. Kérdéses azonban, hogy a gyönyörű fotók, a humoros karikatúrák milyen mértékben segítik – segítik-e egyáltalán - a témakör elsajátítását? A naprakész újdonságok könnyen elavulnak, a több éven át ismételt viccek megkopnak, és az idő múlásával akár a visszajára is fordulhat az érdeklődés felkeltésére szánt elemek hatása.

Jó szándékú törekvés, hogy a tankönyvi leckék végén kitekintő olvasmányokat szerepeljenek. Kérdéses azonban, hogy 5-6 oldalas leckék megtanulása után, a diákok hányad része olvassa el ezeket az olvasmányokat? Magyarországon a számtalan tartalmi és formai elvárás következtében az egymásra épülő tankönyvből álló sorozatok kötetenként általában 200 oldal terjedelműek. Megjegyezzük, hogy jelenleg még az internetes kiegészítéseket hangsúlyosan használó külföldi tankönyvek is rendkívül hosszúak.

## 8.1 A tankönyvi koncepció

Meggyőződésünk, hogy hosszú távon a gyökeres változást a számítógépre telepíthető komplex oktatási segédanyagok fogják meghozni. Ennek tükrében elkészítettünk (*Hömöstre Mihály, Jenei Péter, Lutz Ildikó, Schramek Anikó*) egy kísérleti honlapot (<https://www.kiserletitankonyv.hu/>), mely a középiskolások számára hívogató formában tartalmazza a tananyagot. Feldolgozandó fejezetnek a “*Rezgések, hullámok*” átfogó témakörét választottuk. A hullámtannal kapcsolatos jelenségek a közép- és általános iskolai fizika tanításának meghatározó és a diákok számára egyben nehezen érthető, feldolgozható anyagrészei közé tartoznak. E terület feldolgozása azért tekinthető különösen érdekesnek, mert kapcsolatot létesít a fizika klasszikus – a hétköznapi életben is gyakran megjelenő – és a fizika kevésbé szemléletes modern fejezetei között. A fejezet biztosítani igyekszik a stabil alapokat, az elemi matematikai technikák készség szintű használatát, a fogalmak jó megértését, a lényegi összefüggések felismerését, a problémamegoldásban szerzett gyakorlatot és ezek eredményeként az analitikus gondolkodás jelenleginél lényegesen magasabb szintjét.

Koncepciónk szerint a nyomtatott anyag a fizika törzsanyagát tartalmazza, melyben csupán funkcionálisan csatlakozó ábrák találhatóak, amik kifejezetten a tanulást segítik. A többi fontos feladat, az internetre van kiszervezve, amit a nyomtatott tankönyv megfelelő helyére elhelyezett QR-kóddal a diák okostelefonján keresztül pillanatok alatt elérhet.

A tankönyvi koncepció fejlesztését fokozatosan, a gyakorlatban először szűkebb, majd tágabb körben kipróbálva, és a tapasztalatokat beépítve képzeljük el. Ezáltal kutatva azt is, hogyan lehet e-tankönyvből tanítani.

## 8.2 Az e-tankönyv alkalmazhatósága, előnyei

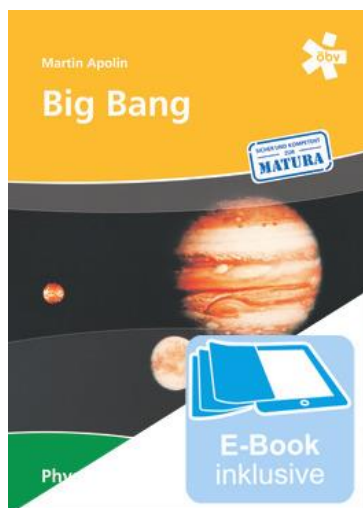
*„A digitális tananyagok akkor töltik be az innovatív funkciójukat, ha nem pusztán a közvetítő eszköz változik meg általuk, hanem olyan digitális megoldásokkal élnek, amelyekkel könyvalapú társaik nem képesek a tanulás hatékonyságának és élvezetességének elősegítése érdekében” (Kárpáti és tsai, 2008).*

A digitális tankönyvek használata lehetőséget biztosít multimédiás tartalmak, interaktív elemek, automatizált mérés-értékelési mechanizmusok, egyénre szabható tananyagok kialakításának együttes alkalmazására. A diákok információfeldolgozási szokásai napjainkban jelentős változáson estek át. Figyelmüket a minél színesebb, gyorsan változó információkkal

lehet felkelteni, amik egyszerre több érzékszervet vonnak be a feldolgozási folyamatba (Hulbér, 2014).

A megfelelő digitális tananyagok használata többirányú kommunikációt tesz lehetővé. Segítségükkel az új ismeretek elsajátításakor a tanulók a passzív befogadás helyett aktivitásra vannak készítve. Tanulási kedvük növelhető olyan tartalmak segítségével, amelyek lehetővé teszik a jelenségek, események menetébe való beavatkozást. A modern technológia révén a digitális tankönyvek a tananyagok mellett olyan feladatokat is tartalmazhatnak, amelyek megoldását követően a tanulók ellenőrizhetik annak sikerességét a beépített önellenőrző tesztek révén. A tananyag elsajátítását követően a tanulóknak lehetőségük van olyan tesztek kitöltésére, amely segítségével lehetőséget kap a saját tanulási folyamatának eredményességét ellenőrizni. Ezáltal fejlődhet az önszabályozó tanulás képessége, amely fontos részét képezi a *lifelong learning paradigm* megvalósításának.

Az ilyen módon személyre szabott tanulási környezet biztosításában fontos szerepe van, hogy a pedagógusoknak legyen lehetősége a már kész modulokat bővíteni, kiegészíteni. Ugyanúgy fontos szerepet játszhat, ha a digitális megoldások részét képezik a tanár-diák, diák-diák, tanár-tanár interakciót megvalósító kommunikációs felületek biztosítása.



56. ábra Egy, az elemzésre kiválasztott tankönyvek közül

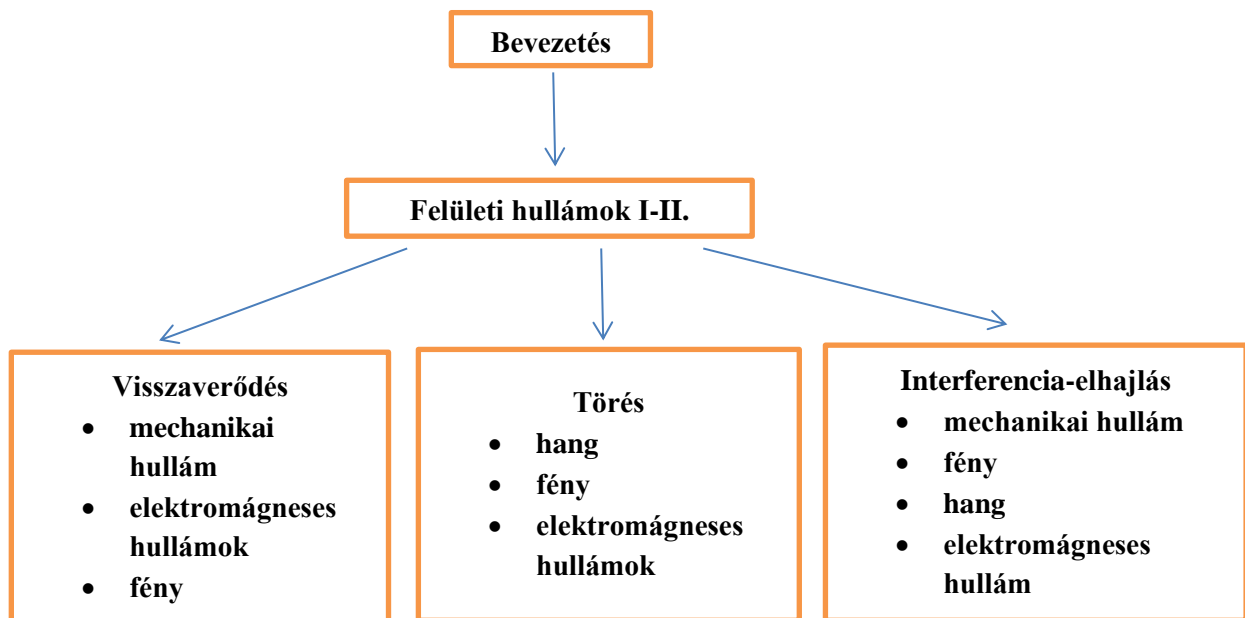
A fejezet megírása előtt a munkacsoport tagjai részletesen áttekintettek külföldön használt (angol, német, osztrák, orosz, francia, olasz nyelvű) fizika tankönyveket a következő, előre meghatározott szempontok szerint, összehasonlítva azokat a Magyarországos használatban lévő könyvekkel.

A feltett kérdésekre keresett válaszok segítettek a jó gyakorlatok kiválasztásában vagy éppen a felesleges elemek kiszűrésében, illetve a készülő fejezet felépítésének megtervezésében. Ezen válaszok mentén igyekeztünk megtalálni a tanulás, megértés folyamatában segítő elemeket, illetve kiválasztani azokat az alapvető információkat, amelyeket a törzsanyagban kell megjelenítenünk. Az ezeken túlmutató, de a továbbtanulást célzó diákok számára szükséges tartalmakat a kiegészítésekben mutatjuk be.

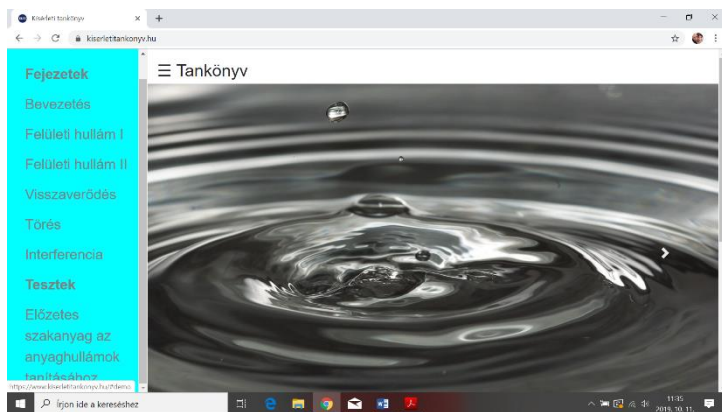
### 8.3 A tankönyvi fejezet

A kidolgozott fejezet elsősorban azoknak a diákoknak szól, akik már a középiskolai évek során döntöttek úgy, hogy reál irányban akarnak továbbtanulni, és ehhez fizikából érettségi vizsgát szeretnének tenni.

A hagyományos feldolgozáson a téma felépítését tekintve is módosítottunk. Egy fejezetben a felületi síkhullámokon – mint mechanikai hullámon - mutatjuk be a hullámtulajdonságokat, majd a lineáris felépítés helyett egy párhuzamos struktúrát választunk. Ahelyett, hogy a különböző típusú hullámokon újra és újra bemutatnánk a hullámtulajdonságokat, a tulajdonságokat vesszük sorra. Egy-egy leckében egy hullámtulajdonságot mutatunk be minden hullámtípus esetén. Ezek a hang, a fény, végül általában az elektromágneses hullámok.



Törekedtünk rá, hogy a fejezet rövid legyen, a téma megértését segítő segédanyagok, kiegészítések a QR kódokkal továbblépve válnak elérhetővé. A kiegészítő tartalmak sokfélék és nagy mennyiségben megtalálhatók, így minden diák azt a tartalmat keresheti meg, ami érdekli, illetve a könyvet többször kézbe véve mindig más kiegészítéseket tekinthet meg.

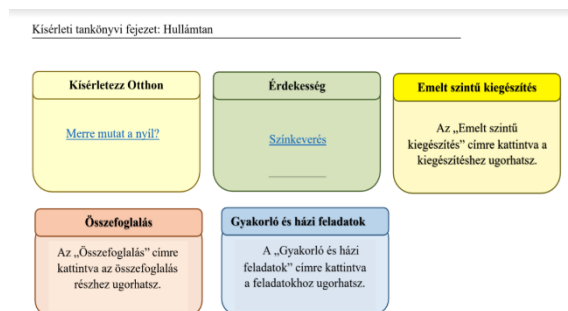


57. ábra A hullámtan fejezet honlapja

A kidolgozott fejezet egy diákokkal közösen fejlesztett honlapon található meg. A fejezethez tartozó leckékhez írott törzsanyagot két oldalban maximalizáltuk. Ezen kívül a következő kiegészítések kerültek beépítésre az egyes leckékbe:

- a témához illő hétköznapi jelenségekhez kapcsolódó fotók, ábrák, jelenség bemutató videók,
- háttér-levezetések az érdeklődő diákok számára,
- fizikatörténeti kiegészítés, kapcsolódó tudományos és műszaki érdekességek, kiemelve
- a tantárgyi koncentrációra alkalmas témák
- minta-feladatok, gyakorló feladatok,
- ötletek egyéni kísérletezésre, háztartásban megtalálható eszközökkel
- szimulációs programot
- on-line ellenőrző kérdések azonnali eredmény-jelzéssel (tudásellenőrzés), stb.
- tanórai bemutatásra a diákok számára készült oldalakon nem megtalálható videók,
- szimulációk

Az ilyen módon elérhető, a tananyaghoz illesztett kiegészítők a korszerű IKT módszerek széles körével egészíthetik ki a nyomtatott tankönyvet. Ezzel lehetőséget biztosítanak tanárnak és diáknak egyaránt, hogy személyiségének, tanulási szokásainak megfelelő itemeket választva, személyre szabottá és ezzel hatékonyá és élvezhetővé tegye a tanulás folyamatát.



58. ábra A „Törés” fejezethez tartozó boxok

## 8.5 Eddigi tapasztalatok

A honlap – ezáltal az e-tananyag – tesztelése első körben kis létszámú csoporttal történt meg. Ennek célja elsősorban a honlap használhatóságának felmérése volt. A diákok

visszajelzései alapján apróbb finomításokat, változtatásokat végeztünk. A tanulók részéről egyértelműen pozitív volt az új tanulási forma fogadtatása. Különösen az online tartalmakat (videók, szimulációk) üdvözölték örömmel. A honlap tartalmának végleges formába öntése után célunk az e-tananyag szélesebb körben történő kipróbálása volt. Erre lehetőségünk adódott a koronavírus-járvány miatt bevezetett online oktatás során. *Moróné Tapody Éva* körlevele, valamint Facebook csoportok segítségével elértünk országszerte több fizikatanárt, felkértük őket a honlap és a tananyag használatára. Készítettünk egy online tesztsort diákok részére. Több iskolában is voltak teszt- illetve kontrollcsoportjaink. A tesztek kiértékelése megtörtént. Továbbá küldtünk egy kérdőívet a tesztcsoport diákjai illetve a megkeresett kollégák részére, melyben a honlap, az online tananyag használhatóságáról alkotott véleményüket kértük megírni.

## 9. Az eredmények hasznosítása

Kutató tevékenységem döntő részben az optika témakörébe esik, erősen szakmódszertani szempontból megközelítve. A modern tanulási/tanítási stratégiák, valamint az infokommunikációs eszközök a fizika tanítás központi kérdéskörébe kerültek. Hiszem, hogy ezeket a módszereket be lehet, be kell építeni a középiskolai fizika órákba, ha vissza szeretnénk szerezni a diákok lelkesedését és motiváltságát a tantárgy irányába.

A leírt kísérleteket, méréseket és módszereket először mindig saját tanítványaimmal teszteltem, valósítottam meg. A legtöbb kísérletet tehetséggondozó szakkör illetve projektmunka során, néhányat pedig tanórai keretek között. Általános tapasztalatom volt, hogy a diákok kifejezetten élvezték az okostelefonnal történő kísérletezést, és így sikeresen lehetett őket bevonni a tanulási folyamatban való aktív részvételbe. Adott mérések elvégzésekor saját maguk is rájöttek, hogy bizonyos háttértudás nélkül nem értik az általuk használt eszköz működési elvét.

A bemutatott kísérletek, kvalitatív vizsgálati módszerek ötleteket adhatnak leendő és jelenlegi fizika tanároknak egyaránt. Az elvégzett mérések a megfelelő előkészületek után akár szakköri feldolgozásra, akár projektfeladatnak is alkalmasak lehetnek. A rövidebb, gyorsabb kísérletek pedig könnyedén beépíthetők a tanórák anyagába, ezzel is színesítve azt.

A diákok szempontjából pedig lehetőségünk van a látókörük bővítésére, segíthetünk megszilárdítani az elméleti alapokat és kialakítani az önálló kutatás jellegű tevékenységek végzésének igényét. A kutatásaimon alapuló munka sikerét igazolja számomra, hogy volt tanítványaim nagy számban választottak természettudományos vagy műszaki pályát.

Célom a jövőben a megkezdett munka folytatása, az általam bemutatott módszerek, technikák egyre növekvő számban való beépítése a tanórák menetébe, és a modern tanulási technikák illetve a DBR módszer egyre szélesebb körű alkalmazása a tanítás során.

## Összefoglalás

Doktori értekezésemben a fénytán középiskolai tanítását mutatom be, kiegészítve nem hagyományos tanulási és tehetséggondozási módszerekkel a diákok, továbbá fizikatanárok számára. Elsősorban jó képességű és a matematikában jártas diákok számára dolgoztam ki a tanórákba is beépíthető, modern tanulási technikákon alapuló eljárásokat.

A témakör megalapozása a periodikus mozgások tárgyalásával történik meg. Megmutattam, hogy a diákok számára az olyan absztrakt fogalmak elfogadását és megértését, mint például a periodikusan változó gyorsulás, jelentősen megkönnyíti az okostelefonnal illetve szimulációkkal történő szemléletes megjelenítés.

Igazoltam, hogy a fénytán tanítása során a projektmódszer BYOD technikával ötvözve sikeresen és eredményesen alkalmazható. Pozitív hatással van a diákok fizika iránti attitűdjére, motiválja őket az optika fogalmainak mélyebb megértésére.

Az optika témakörét érintő diagnosztikus illetve szummatív értékelő tesztsorok segítségével megmutattam, hogy a modern eszközökkel végzett kísérletek jótékony hatással vannak a fénytán témakörének kvantitatív szinten történő elsajátításra.

A 2015-ös napfogyatkozás vizsgálata során igazoltam, hogy a kutatás alapú tanulás jelentősen motiválja a diákokat az új ismeretanyag megszerzésében és elmélyítésében. Bebizonyítottam, hogy már középiskolás korú diákokat is be lehet vonni komoly kutatásokba, amely közben szinte észrevétlenül tanulják a fizika törvényeit.

A napfogyatkozást diákcsoport által tervezett eszközzel szakköri foglalkozáson modellezve megmutattam, hogy a diákok meglévő tudásukat hasznosítva képesek a megismert jelenségek osztályteremben történő modellezésére.

Tapasztalataimon keresztül igazoltam, hogy érdekes kísérletek bemutatásával, különösen, ha diákok által végzett kísérletekről van szó, könnyen felkelthetjük a tanulók érdeklődését a fizika tantárgy iránt. Megmutattam, hogy a társak általi tanítás („peer instruction”) hatékony mind a fiatalabb diákok, mind a tanárként szereplők motiválásában.

Az eddigi eredmények egyértelműen azt bizonyítják, hogy létjogosultsága van az általam bevezetett módszereknek.



## Summary

In my thesis, I present non-traditional learning and talent support methods, as well as complementary materials used within the framework of teaching Optics in high-schools. Based on modern learning techniques, the methods that I have developed reach out mainly to skilful students, who are also familiar with Mathematics, meanwhile the methods themselves can be easily integrated into any regular Physics class activity. During elaboration of the teaching materials, I have used the inductive teaching methods, my teaching suggestions being, therefore, based on experiments requiring student activity which also includes observation of the ongoing phenomena.

Grounding of the subject-matter occurs while teaching the notions of periodic motion. I have demonstrated that acquiring and understanding abstract notions such as periodic motion changes may substantially be facilitated by visual representations performed via smartphones or simulations.

I have proven that the project method can be successfully and efficiently implemented during Optics classes if combined with the BYOD-technique, as it has a positive effect on the students' approach to Physics, and it also motivates them to undertake a more profound understanding of the notions related to Optics. In the course of the project, we have given priority to photometry - otherwise quite unreasonably underrated in the curriculum.

On using diagnostic and summative evaluation tests on Optics, I have shown that experiments performed with modern devices have a beneficial impact on the process of acquiring quantitative optical knowledge.

Furthermore, on analysing the solar eclipse in 2015, I have proven that research-based learning is a significant add-on that motivates the students by enhancing their eagerness to acquire and consolidate new items of knowledge. Also, I have proven that high-school students can be easily drawn into serious research activities, during which they manage to learn the laws of Physics in an almost effortless manner.

On modelling the solar eclipse during extra-curricular activities by using a device designed by a group of students, I have proven that if relying on their previous items of knowledge, the students are capable of modelling even new phenomena during class.

Also, my acquired experiences have lead me to the certainty that the students' interests in Physics can be easily enhanced if we have them involved into interesting hands-on

experiments. I have shown that “peer instruction” is more efficient in motivating both, younger students and teachers altogether.

The results so far have, nevertheless, unequivocally proven that the methods that I have duly introduced are worthwhile implementing in traditional classes, inasmuch as in extra-curricular talent support programs.

## Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt köszönöm témavezetőmnek, *Dr. Tasnádi Péternek* a hat év során nyújtott segítséget és támogatást. Köszönöm, hogy a kezdetekkor ismeretlenül is elvállalt tanítványának. A közös munka során számos dolgot tanulhattam tőle. Köszönöm a sok hasznos tanácsot és útmutatást, a türelmét és jókedvét. Köszönöm a kutatómunkám során született publikációk megvitatását, a megírásukat kísérő megjegyzéseket, hasznos tanácsokat és a jogos kritikákat.

Egyúttal köszönöm *Dr. Tél Tamásnak* és *Dr. Juhász Andrásnak* a Fizika Doktori Iskolába való meghívásomat, buzdításukat és a munkám figyelemmel követését. Köszönöm a doktori program munkájába bekapcsolódó valamennyi előadó munkáját. Köszönöm a doktori program során megismert minden kedves munkatársamnak a kutatómunkám részét képező tanulói tesztek megíratásában nyújtott segítségét.

Köszönöm *Dr. Bérces Györgynek*, hogy az egyetemi éveim alatt végzett közös munkával elindított a fizika útján.

Köszönöm *Mitre Zoltánnak* a közös munkát és publikációkat.

Köszönöm az ELTE Bolyai János Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium vezetőségének, hogy a doktori programban való részvételemet minden tekintetben támogatták.

Köszönöm Kollégáimnak, hogy ötleteikkel, javaslataikkal, konzultációikkal hozzájárultak doktori szakmódszertani kutatásaim sikeréhez.

Végezetül köszönöm családomnak, hogy támogattak a hosszú évek során a tanulásban, a kutatásban. Köszönöm türelmüket és szeretetüket, amellyel elfogadták, hogy néha kevesebb idő jutott rájuk, mint amennyit szerettem volna.

## **Az áttekintett természettudományos tankönyvek listája**

1. Nagy Balázs - Nemerkenyi Antal - Sárfalvi Béla - Ütőné Visi Judit: Földrajz 9, Eszterházi Károly Egyetem – OFI, NT/17133
2. Arday István: Földrajz 9, Újgenerációs tankönyv, Eszterházi Károly Egyetem – OFI, FI-506010901/1
3. Sáriné dr. Gál Erzsébet: Földrajz 9, Maxim Kiadó, MX-299
4. Jónás Ilona, Kovács Lászlóné Dr. - Szöllősy László - Vízvári Albertné: Földrajz 9, Mozaik Kiadó, MS-2621U
5. Arday István, Rózsa Endre, Ütőné Visi Judit: Földrajz I., Műszaki Könyvkiadó, MK-2754-3-K
6. dr. Lénárd Gábor: Biológia 12, EKE OFI, NT-17408
7. Dr. Halász Tibor: Fizika 9. - Mozgások. Energiaváltozások tk. Mozaik Kiadó, 2019
8. Ifj. Zátanyi Sándor: Fizika 11. Nemzeti Tankönyvkiadó
9. Dr. Zátanyi Sándor: Fizika 6/6. Optika, modern fizika, csillagászat Nemzeti Tankönyvkiadó
10. Dégen Csaba, Elblinger Ferenc, Simon Péter: Fizika 11. a középiskolák számára Nemzedékek Tudása Tankönyvkiadó
11. Csajági Sándor Fülöp Ferenc Fizika 9. Emelt szintű képzéshez, Nemzedékek Tudása Tankönyvkiadó, 2013
12. Gulyás János, Honyek Gyula: FIZIKA 11. A gimnáziumok 11. évfolyama számára MK-2761-6, Műszaki Könyvkiadó, 2005
13. Gulyás János, Honyek Gyula: Fizika - Optika, hőtan Műszaki Könyvkiadó
14. Vermes Miklós: Fizika III., Tankönyvkiadó, 1990
15. Halász, Szűcs, Jurisits: Fizika 11. - Rezgések és hullámok. Modern fiz. tk. Mozaik Kiadó
16. Dr. Mező Tamás, Dr. Nagy Anett: Fizika 9. - Mozgástan, Erőtan, Energetika, Maxim Könyvkiadó
17. Holics László: Fizika III., Nemzeti Tankönyvkiadó
18. Simon Péter, Elblinger Ferenc, Dégen Csaba: Fizika 11. a középiskolák számára Nemzeti Tankönyvkiadó, 2014
19. Molnár Miklós, Nagy Anett, Mező Tamás: Fizika 11. - Út a tudáshoz, Maxim Könyvkiadó, 2009

## **A kísérleti tankönyv megírásához áttekintett külföldi fizika tankönyvek listája**

1. New Grade 9-1 GCSE Physics for AQA: Student Book with Online Edition  
Editors: Robin Ffello, Emily Garrett, Sharon Keely-Holden, Duncan Lindsay, Frances Rooney, Charlotte Whiteley, Jonathan Wray  
ISBN: 978 1 78294 597 0

2. New A-Level Physics for AQA: Year 1 & AS Student Book with Online Edition  
Editors: Emily Garrett, David Maliphant, Frances Rooney, Charlotte Whiteley  
ISBN: 978 1 78294 323 5
3. New A-Level Physics for AQA: Year 2 Student Book with Online Edition  
Editors: Emily Garrett, David Maliphant, Rachael Marshall, Sam Pilgrim  
ISBN: 978 1 78294 328 0
4. Martin Apolin: Big Bang – Physik 7. Österreichischer Bundesverlag Schulbuch Gmbh
5. Physique-Chimie, 1re S, Hachette Éducation, Collection Dulaurans-Durupthy, 2011  
Editors: Thierry Dulaurans,-André Durupthy
6. Hans Kammer, Irma Mgeladze: Physik für Mittelschulen, hep verlag
7. di N. Lovecchio, G. Fiorini, E. Chiesa, S. Coretti, S. Bocchi: Educare al movimento.  
Allenamento, salute e benessere

## Saját publikációk

[S1] Finta, Zs. (2015): From Galilei's clepsydra to webcamera – Methods of tracing of motion in teaching physics, *Editors: Ewa Dębowska, Tomasz Greczyło, Proceedings of the international conference GIREP EPEC 2015 July 6-10, Wrocław, Poland, pp. 270-274.*

[S2] Finta Zs., Mitre Z. (2015): A Kutatás alapú tanulás alkalmazása a 2015. március 20-i napfogyatkozás során végzett hőmérsékletmérésre, *Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Conference on Applications of Natural, Technological and Economic Sciences, Editors: Szőcs H., Mesterházy B., Szombathely, Nyugat-magyarországi Egyetem, pp. 57-64.*

ISBN: 978-963-359-053-9

[S3] Finta Zs. (2015): Galilei vizórától a WEB kameráig, *Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Conference on Applications of Natural, Technological and Economic Sciences, Editors: Szőcs H., Mesterházy B., Szombathely, Nyugat-magyarországi Egyetem, pp. 205-210.*

ISBN: 978-963-359-053-9

[S4] Finta Zs. (2016): A fény vizsgálata okostelefon segítségével, *Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Conference on Applications of Natural, Technological and Economic Sciences, Editor: Mesterházy B., Szombathely, Nyugat-magyarországi Egyetem, pp. 240-244.*

ISBN: 978-963-9871-61-8

[S5] Finta Zs. (2015): Mozgások nyomkövetésének módszerei – Okostelefonok alkalmazása a fizika órákon, *A tudományért és a tehetségekért – Tudományos diákköri munkák a Természettudományi és Műszaki Karon, Szerkesztette: Dr. Scheidné Dr. Nagy Tóth E., Dr. Baráth Kornél, Szombathely, Nyugat-magyarországi Egyetem, 6-7. old.*

ISBN: 978-963-334-277-0

[S6] Finta Zs. (2015): Hőmérsékletváltozás vizsgálata 2015. március 20-i napfogyatkozás során – Szakmódszertani oldalról, *Gothard Jenő Csillagászati Egyesület - Egyesületi Híradó*, 26. évf. 3. (103.), 33-41. old.

[S7] Finta Zs., Mitre Z. (2017): Hőmérsékletváltozás napfogyatkozásakor – a kutatás alapú tanulás alkalmazása, *Fizikai Szemle 2017/3*, 747. szám, 100-103. old.

[S8] Finta, Zs (2015): Complex smartphone-based experiments carried out by students, Proceedings of the international conference *Teaching Physics Innovatively, New Learning Environments and Methods in Physics Teaching*, Editors.: Andrea Király, Tamás Tél, Graduate School for Physics, ELTE, Budapest, pp. 237-242.

[S9] Finta, Zs. (2017): Project-based Ideas in Optics for Experimental Activities Using Smartphones, *Obzory matematiky, fiziky a informatiky*, (*Horizons of Mathematics, Physics and Computer Sciences*), volume 46, number 4, pp. 39-48.

ISSN 1335-4981

[S10] Finta Zs. (2019): Interaktív tematikus kísérletbemutató tehetséggondozó szakkörön résztvevő diákok vezetésével  
*Polonyi T., Abari K., Szabó F.: Innováció az oktatásban, A pszichológia gyakorlata, Oriold és Társai Kiadó, Budapest, 365-374. old.*

ISSN: 2630-8209

[S11] Finta, Zs. (2018): Napfogyatkozás modellezése iskolai körülmények között, *Fizikai Szemle* (beküldve)

[S12] Finta Zs., Jenei P., Schramek A. (2019): The subject of waves in a new approach introductory steps of a Design Based Research (DBR), *GIREP-ICPE-EPEC-MPTL 2019 International Conference, Budapest (bírálat alatt)*

## Irodalom

Almási I., Bérces Gy., Főzy I., Görbe L., Hajdú J., Juhász A., Tasnádi P.: Fizikai kísérletek gyűjteménye II., Arkhimédész Bt. – Typotex, 1995.

Barrows, H. S., Kelson, A. (1993): Problem-based learning in secondary education and the problem- Iskolakultúra 2013/11 42 based learning institute. Southern Illinois University, School of Medicine, Springfield

Barrows, H., S., Tamblyn, R., M.: Problem-based learning: An approach to medical education. Springer, New York, 1980

- Bartholy J., Mészáros R., Geresdi I., Matyasovszky I., Pongrácz R., Weidinger T.: Meteorológiai alapismeretek, Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013.
- Bell, S.: Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. Clearing House, 83 (2), 39- 43.[doi.org/10.1080/00098650903505415](https://doi.org/10.1080/00098650903505415), 2010.
- Bérces Gy., Főzy I., Holics L., Isza S., Juhász A., Poór I., Rajkovits Zs., Skrapits L., Tasnádi P.: Fizikai kísérletek gyűjteménye I., Arkhimédész Bt. – Typotex, 1995.
- Bérces Gy., Főzy I.: Fizikai kísérletek számítógéppel, ELTE, TTK, Továbbképzési Csoport, Budapest 1991.(1-240.o)
- Bérces Gy.: Számítógéppel segített fizikatanítás, Módszertani Lapok, Fizika, 9. évf. 4. sz. 8-13.o. 2002
- Bersin, J. (2009. 05 24). Modernize Corporate Training: The Enterprise Learning Framework. Forrás: <http://www.bersin.com/blog/post/ModernizeCorporate-Training--The-Enterprise-Learning-Framework.aspx> (letöltés ideje: 2019. szeptember 3.)
- Bound, D., Feletti G.: The challenge of problem-based learning. St. Martin's Press, New York, 1991
- Bruffee, Kenneth A.: 'Sharing our toys: cooperative learning versus collaborative learning'. Change , Jan-Feb 1995 27(1) 12-19, 1995
- Bruffee, Kenneth A.: Collaborative Learning: Higher Education, Interdependence, and the Authority of Knowledge. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1993
- Budó Á.: Kísérleti fizika III. - Fizikai optika, elektromágneses sugárzás, atomfizika, Tankönyvkiadó Budapest, 1999
- Chevrier, J.: Teaching classical mechanics using smartphones, The Physics Teacher, 51, 376, 2013
- Chrappán M.: A természettudományi tárgyak helyzete és elfogadottsága a közoktatásban, Magyar Tudomány, 2017/11, Tematikus összeállítás, Az oktatás ügye
- Colburn, A.: An Inquiry Primer. Science Scope, 23. 6. sz. 42–44., 2000
- D. M. Coca, J. Sliško: Software Socrative and Smartphones as Tools For Implementation of Basic Processes of Active Physics Learning in Classroom: An Initial Feasibility Study With Prospective Teachers, European Journal of Physics Education, Vol 4 No 2, 2013
- Delisle, R.: How to use problem-based learning in the classroom. ASCD, Alexandria, 1997
- Devaney, L.: 'Bring your own device' catching on in schools, E-School News. Technology News for Today's K-20 Educator, 2012.
- Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P. és Gijbels, D.: Effects of problem-based learning: Ametaanalysis. Learning and Instruction, 13. 533–568, 2003
- Duit, R., Gropengießer, H., & Kattmann, U.: Towards science education research that is relevant for improving practice: The model of educational reconstruction. In H.E. Fischer,

- Ed., Developing standards in research on science education (pp. 1–9). London: Taylor & Francis, 2005
- Evenson, D., H. és Hmelo, C., E. (szerk.): Problem-based learning: A research perspective on learning interactions. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, 2000
- Fogarty, R.: Problem-based learning and other curriculum models for the multiple intelligences classroom, 1997
- Gordon, D., Jeanette Vos.: A tanulás forradalma - A tanulás és a gondolkodás forradalmi módszerei. Budapest: Bagolyvár Könyvkiadó, 2005.
- Gróf A.: Tantárgyak határán: fizikai magyarázatok, földrajzi és környezettudományi ismeretek a középiskolában, 2018 (doktori értekezés)
- Halász G.: Hazai és nemzetközi törekvések az iskolai értékelés rendszerében, Új Pedagógiai Szemle, 2. sz. 180-188. o., 2002.
- Havas, P.: Az iskolai tanulás motivációja. Új Pedagógiai Szemle, old.: 39-45, 2003
- Hawker Brownlow Education, Australia. Gallagher, S. A.: Problem-based learning: where did it come from, what does it do, and where is it going? . Journal for the Education of the Gifted, 20. 4. sz. 332–36., 1997
- Hudoba Gy.: Optikai alapismeretek, Budapesti Műszaki Főiskola Kandó Kálmán Villamosmérnöki Főiskolai Kar Számítógéptехnikai Intézete Székesfehérvár 2002.
- Hulbér L., Lévai D, Ollé J.: A digitális tankönyvek összehasonlítás és értékelése, 2014, <http://ofi.hu/sites/default/files/attachments/A%20digit%C3%A1lis%20tank%C3%B6nyvek%20ELTE.pdf> (letöltés ideje: 2019. október 11.)
- Izsa É., Baranyai K.: Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan, Konferenciakötet, ELTE Budapest, 2011, pp. 404.-408
- Jaloveczki J.: Fizikashow, mint a fizika népszerűsítésének eszköze, Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan, Konferenciakötet, ELTE Budapest, 2011, pp. 409.-413.
- Jarosievitz Dr, B.: BYOD and Turn to your Neighbours, In: Studies from Education and Society Edited by Tibor János Karlovitz; International Research Institute, pp.67-72. ISBN: 978-80-89691-38-8
- Johnson, Davis W., Johnson, Roger T., Smith, Karl A.: ‘Cooperative Learning: Increasing College Faculty Instructional Productivity’, ASHE - ERIC Higher Education Report No 4. The George Washington University, Washington DC, 1991
- Juhász A., Tasnádi P., Jenei P., Főzy I., Wiener Cs., Illy J.: A fizika tanítása a középiskolában 1., Egyetemi jegyzet, ELTE, 2015
- Kadocsá Dr. L.: Az atipikus oktatási módszerek, Kutatási zárótanulmány, Budapest, 2006.
- Kálmán P., Tóth A.: Hullámoptika, Budapesti műszaki Egyetem, egyetemi jegyzet, 2005.
- Kárpáti A., Molnár Gy., Tóth P., Főző A.: A 21. század iskolája. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2008.



Király A., Tél T.: Proceedings of the international conference Teaching Physics Innovatively (TPI-2015), ELTE TTK, Budapest, 2016.

Kiss Á., Tasnádi P.: Környezetfizika, Typotex Kiadó, Budapest, 2012

Knausz I.: A tanítás mestersége, Iskolafejlesztési Alapítvány, Budapest, 2001.

Kuhn, J, Vogt, P. “Analyzing spring pendulum phenomena with a smartphone acceleration sensor,” Phys. Teach. 50, 504–505 (Nov. 2012)

Lappints Á.: Tanuláspedagógia. A tanulás tanításának alapjai. Comenius Bt., Pécs, 2002, 277 o.

Lellouch, S., Jasmin, D. (2010. október 28.). Nyerjük meg őket már fiatal korban: Az egyetem és az általános iskola (Fordította: A. F. Magdolna.). URL:

<https://www.scienceinschool.org/hu/2009/issue11/pollen> (Letöltés ideje: 2019. május 8.)

Linn, M. C., Davis, E. A., Bell, P.: Internet environments for science education. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2004.

Lois, R., Herbert, C.: ‘Model for active learning: collaborative peer teaching’. College Teaching, Winter 1998 46 (1) 26-31, 1998

Makra L., Horváth Sz., Puskás J., Sódar I.: „Az 1999. évi teljes napfogyatkozás meteorológiai vonatkozásai Vas megyében.” Vasi Szemle. LIV. 5. pp. 704-714, 2000.

Measuring Student Knowledge and Skills: A New Framework for Assessment. OECD, Paris, 1999.

Medvegy T.: Okostelefonok a fizikaoktatásban, Fizikai Szemle, 64. évf, 3. sz., 97-102. oldal, 2014.

Medvegy T.: Okostelefonok a fizikatanításban, Fizikai Szemle 2014/3, pp. 97.-102.

Molnár B.: Grafikus kalkulátor fizikai kísérletekben, ELTE, TTK Szakdolgozat, 1-70.o. 2002.

Nagy Lászlóné: A kutatásalapú tanulás/tanítás (‘inquirybased learning/teaching’, IBL) és a természettudományok tanítása. Iskolakultúra, 12. sz. 31–51, 2010.

Oha, E., Reeves, T.: The implications of the differences between design research and instructional systems design for educational technology researchers and practitioners. Educational Media International, 4(47), 263, 2010

Oprea, M., Miron, C.: Mobile phones in the modern teaching of physics, Romanian Reports in Physics, Volume 66, Number 4, 2014,

P. Vogt, J. Kuhn, “Analyzing simple pendulum phenomena with a smartphone acceleration sensor,” Phys. Teach. 50, 439–440 (Oct. 2012)

Piláth K., Vitkóczy F.: Kísérletek modulált ultrahanggal, Fizikai Szemle, 2016/12, 423-427. oldal

Pintér P., Péntek K., Mitre Z.: „Mathematical analysis of temperature results of the total solar eclipse on 29.03.2006.” Zborník Referátov Z. 19. Celostátneho Slnečného Seminara, Papradno, 2008.

Porubszky T.: A fotometria alapjai, Medicor Training Centre for Maintenance of Medical Equipment, Budapest, 1982

Reeves, T.: Design research from a technology perspective. In: J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, & N. Nieveen (Eds.). Educational design Research, 2006.

Sinatra, G. M., Pintrich, P. R.: International conceptual change, Mahwah NJ: Erlbaum, 2003

Soós K., Bérces Gy., Tasnádi P., Főzy I., Juhász A.: Kísérleti versenyfeladatok, Oktatókutatási Intézet, Budapest, 1988

Spronken-Smith, R.: Experiencing the process of knowledge creation: The nature and use of inquirybased learning in higher education

Sudár S.: Számítógépes szimulációk és vizuális módszerek a fizikaoktatásban, Fizikai Szemle 2005/10. 362.

Szakmány T., Papp K.: Digitális fényképezőgép alkalmazása a fizika tanításában, Fizikai Szemle, 2007/6. 205.o

Thomas, John, W., PhD, A review of research on project-based learning, 2000