Doktori értekezés

Jelenségközpontú fizika feladatok a közoktatásban és a BSc-képzésben

Teiermayer Attila

Témavezető: Dr. Juhász András egyetemi docens

ELTE TTK Fizika Doktori Iskola

Vezető: Dr. Tél Tamás egyetemi tanár

Fizika Tanítása Doktori Program

Vezető: Dr. Tél Tamás egyetemi tanár

Eötvös Loránd Tudományegyetem

Természettudományi Kar

2016

Tartalomjegyzék

Bevezetés

1. A diákok fizika iránti attitűdjének problémaköre az általános és középiskolában

Az általános és középiskolai tanulók természettudományokkal és ezen belül a fizikával szembeni érdektelensége, alulmotiváltsága köztudott. A tanulóknak a tantárgyhoz fűződő viszonyát az ún. „attitűdjét” évek óta szakemberek vizsgálják. A vizsgálatok megfelelően válogatott tanulócsoportokban kérdőívek segítségével történnek. A diákok az iskolában megszokott öt fokozatú osztályzattal minősítik az egyes tantárgyakat, az attitűd mégsem tekinthető egyszerűen csak érzelmi viszonyulásnak. Magában foglalja a tantárgy hasznosságára, aköznapi gyakorlati jelentőségére vonatkozó véleményeket, sőt a későbbi pályaválasztás szempontjából értékelt szerepét is [1]. Magyarországon a fizika tantárgy tanulói megítélése az attitűdvizsgálatok szerint a legutolsók között van. Ez a kedvezőtlen attitűd a tanulók körében már az általános iskola 6-8. évfolyamán kialakul, és a középiskolai tanulmányok során még romlik [2]. Érdemes megjegyezni, hogy a hazai kutatási eredmények szerint a fizika tantárggyal kapcsolatos attitűd független attól, hogy milyen a tanulók objektív fizikatudása, ill. hogy milyen osztályzatokat kapnak a tantárgyból. Még azok a tanulók sem értékelik a fizikát, akiknek jók a jegyei, illetve független tudásszintmérő teszteken is eredményesen teljesítenek [3]. Az attitűdöt nem befolyásolják olyan iskolán kívüli tényezők sem, mint pl. a tanulók családi háttere vagy a fizika társadalmi megítélése.

A fizika tantárgy tanulói megítélése külföldön sem jó. Az ún. ROSE (the Relevance of Science Education) Projekt keretében a világ több mint 40 országában kérdezték a 15 éves fiatalokat a természettudományokhoz és a technikához fűződő viszonyukról [4]. A felmérésből kiderül, hogy noha a fiatalok nagyon szívesen használják a tudomány és a technika vívmányait, mégis úgy látják, hogy a természettudomány és a technika nem játszik fontos szerepet kultúránkban. A pályaválasztás összhangban áll a diákok tantárgyi attitűdjével és értékrendjével. Különösen a fejlett, gazdagabb országokban kevesen tervezik, hogy műszaki vagy természettudományokhoz kapcsolódó életpályát választanak. Érdekes, hogy a szegényebb afrikai és ázsiai országokban a reáliák megítélése a fiatok körében jobb, mint a gazdag országokban. A nemzetközi vizsgálatok szerint a fiúk világszerte jobban vonzódnak a műszaki területekhez, mint a lányok.

A hazai és a nemzetközi kutatások eredményei közül összegzésként érdemes kiemelni azokat a legfontosabb megállapításokat, amikkel a legtöbb szakember egyetért (lásd a fentebbi hivatkozásokat):

- A tanulók fizika tantárgyhoz fűződő attitűdje alacsony, sokszor a tantárgyak közül a legalacsonyabb.
- A tanulók életkorának előrehaladtával az attitűd csökken, egyre kisebb számértékkel jellemezhető.
- Ugyanabban az életkorban a fiúk attitűdje a fizikával szemben jobb, mint lányok esetén.
- A órai kísérletek, a fizika tantárgy és a minket körülvevő természeti és technikai környezet jelenségeinek szorosabb összekapcsolása jelentősen növeli a tanulók attitűdjét.

A szakirodalom a diagnosztikai vizsgálatokon túl foglalkozik a jelenség lehetséges okaival és a megoldás lehetőségeivel is. Ezek között igen sokfajta vélekedés található. Vannak, akik szerint természettudományos tárgyak iránti alacsony attitűd kognitív okokra vezethető vissza. A kevésbé kedvelt természettudományos tantárgyak (kémia és fizika) követelik meg leginkább a logikus, következetes gondolkodást, az ismeretek szigorú egymásra építését. Ez egyrészt nem könnyű a tanulók számára, másrészt, ha valaki a tanulási folyamat egy pontján elmarad, azt a későbbiekben nagyon nehezen pótolja be, így nagy a kudarcélmény lehetősége [5]. Mások a tananyag rossz kiválasztásában, a túlzott elméleti tudás követelésében, a túlhajtott feladatmegoldásban, vagy a nem megfelelő, korszerűtlen pedagógiai módszerekben látják a fizika kedvezőtlen megítélésének okát. [6]

Az eddigieket összegezve elmondható, hogy a diákok fizika iránti alacsony attitűdjét egyfajta közöny, a tanulás iránti motiváció hiánya, ill. a nem kezelt kudarcélmények hozzák létre. Az attitűd növelése csak akkor lehetséges, ha a tanulókat ebből az állapotból kimozdítjuk. Ennek lehetséges eszközei:

- A fizika tanításának érdekessé tétele, ennek pedig leghatékonyabb eszköze a gyakran és rendszeresen végzett tanári és tanulói kísérletezés.
- A diákok figyelmének felkeltése az első pillanattól kezdve. Különösen nagy hangsúlyt kell fektetni a felső tagozatos (7-8. osztályos) diákok kellő motiválására.
- A tananyag tanítása és a kísérletezés során olyan eszközök alkalmazása, amelyek a diákok számára ismertek, és mindennap használják őket.

- A tanult tananyag és a minket körülvevő tudományos-technikai környezet szoros kapcsolatának bemutatása.
- Amilyen mértékben a tanulók ismeretszintje lehetővé teszi, a tudomány legfrissebb eredményeinek, a technika legújabb vívmányainak bevezetése az oktatásba.
- A következetes és logikus gondolkodás elsajátításának segítése, kellő figyelem szentelése a lemaradó diákokra, a hiányosságok leggyorsabb pótolásának elérése, hogy ezek ne vezessenek kudarcélményhez.

Látható, hogy az attitűd javítása igen komplex feladat, sok szaktudós, pedagógiai szakértő és gyakorló tanár közös munkája hozhat csak érzékelhető eredményt. Általános egyetértés van abban, hogy az eredményes fizikatanításhoz elengedhetetlen a tantárgy megítélésének javítása. Ennek hatásos lehetőségeit illetően azonban már eltérőek a vélemények. Hazai viszonylatban az utóbbi években két markánsan különböző nézet alakult ki.

Az egyik vélekedés szerint a tananyagot az alkalmazás-centrikus fizikai ismeretterjesztés felé kell eltolni, miközben a követelmények jelentősen csökkennek. Elhagyható a jelenségek matematikai leírása (ami az átlagos tanulók számára nehéz), mellékesnek kell tekinteni a feladatmegoldást, ugyanakkor nagyobb hangsúlyt kell helyezni az informatív tanulásra és a környezettudatosságra, tanulási-tanítási folyamat számítógépes támogatására.

A fizikatanárok népesebb csoportja úgy gondolja, hogy a fent említettek csak tüneti kezelést jelenthetnek. Az igényes fizikatanítást azonban nem szabad feladni. Lényegi megoldást az adhat, ha megtaláljuk azokat a szakmai tartalmakat és pedagógiai módszereket, amivel aktív tanulásra, tartalmas munkára lehet motiválni a diákokat. Csak akkor várhatjuk, hogy a jövő generációi természet- és technikatudatossá nevelődnek, ha megtapasztalják a természettudományos megismerés útját és megérzik az igazi megértés élményét. Ez lehetetlen anélkül, hogy megmutatnánk, hogy a fizika alapja a megfigyelés, kísérlet és mérés, aminek eredményeként felismerhetők a természet objektív törvényei. A fizikából a számítások sem hagyhatók ki, mert a lényeghez tartoznak. A természeti törvényeket a fizika a matematika nyelvén fogalmazza meg. Az így felírt formulákkal végzett számítások valós, kísérletileg ellenőrizhető eredményekre vezetnek. Fontosságukat hangsúlyozza, hogy ilyen számítások adnak alapot az életminőségünket döntően meghatározó technikai alkalmazások kifejlesztésére is. A fizikával kapcsolatban itt elmondottak tudatosítása XXI. század egyetemes kultúrájának részét kell képezze. Ez a tudás egyformán szükséges a leendő fizikusnak, a jogásznak, bölcsésznek, zenésznek, stb. A középiskola kimondott célja az általános műveltség megadása mellett az is, hogy felkészítse az erre alkalmas diákjait a választásuk szerinti továbbtanulásra. Sok diák számára válna lehetetlenné a továbbtanulás, ha a középiskolai osztályok szaktárgyainak oktatását az attitűd-mérések hatására a színvonal csökkentésével alakítanánk ki. Ez tulajdonképpen azt jelentené, hogy a pályaválasztás kényszerét már 14 éves korra előre hozzuk, ami jelentős számú tehetséges, de később érő fiatalt számára lényegesen megnehezítené a továbbtanulás lehetőségét.

2. Az egyetemre felvett hallgatók beilleszkedési nehézségei és a középiskolai fizikatanítás kapcsolata

Az 1989-es rendszerváltással járó társadalmi átalakulás a magyar felsőoktatásban is fontos változásokat indított el. Ennek egyik ismérve a jelentős hallgatói létszámnövekedés. Míg az 1990-es évekig alig több, mint 100 000 fő folytathatott felsőfokú tanulmányokat Magyarországon (a 18-31 év közötti lakosság kb. 5,5%-a), 2005-re ez a létszám már elérte 375 000 főt. A gyors létszámnövekedés hátterében részben tudatos oktatáspolitikai döntés állt (a korábbi szűk felsőoktatás tömegessé tétele), részben spontán folyamatok eredményeként állt elő. A felsőoktatási intézmények finanszírozása a hallgatói létszámtól függővé vált, így az egyetemek és főiskolák a hallgatók számának növelésében váltak érdekeltté. Ennek hatására a meglévő intézmények lényegesen kibővítették képzési profiljukat, de új egyházi és magánegyetemek is szerveződtek, továbbá szinte minden megyeszékhelyen alapítottak valamilyen felsőoktatási intézményt. A képzési kínálat növekedése mellett fontos tényezője volt a hallgatói létszámnövekedésnek, hogy a korábbi szigorú felvételi rendszer átalakult, és ezáltal könnyebbé vált a bejutni a felsőoktatásba. A hallgatói létszám gyors kezdeti növekedése napjainkra megállt, sőt némiképp csökkent is. A 2015/16-os tanévben 295 316 diák tanult valamelyik felsőfokú intézményben (az előbb említett korosztály kb. 16%-a). Ebben szerepe van a demográfiai csökkenésnek, de annak is, hogy a tehetséges fiatalok közül egyre többen jelentkeznek az érettségi után azonnal külföldi egyetemekre [7], [8]. Az intézmények által meghirdetett szakok, képzési formák és a felvehető létszámok az évek során a munkaerőpiaci igényektől lényegében függetlenül folyamatosan változtak. A diákok főleg a gazdasági, jogi és pénzügyi szakokat részesítik előnyben, míg a műszaki és természettudományos területekre jelentkezők száma erősen lecsökkent.

A magyar felsőoktatás 1999-től besorolt az európai országok Egységes Felsőoktatási Rendszerébe. Ennek következtében megszűnt a főiskolák és egyetemek határozott megkülönböztetése és helyét – néhány kivétellel – az egységesen kétlépcsős képzés váltotta fel. A középiskola után a diákok először az alsóbb szintű (BSc) képzésre jelentkeznek. Itt ideális esetben három év alatt alapdiplomát szerezhetnek, és ezzel pályázhatnak a magasabb szintű, két éves mesterképzésbe. A mester-diploma megszerzése után a legtehetségesebbek szervezett doktori kurzusokon válhatnak egy-egy szűkebb szakterület igazi szakértőjévé. A másik jelentős változást a felsőoktatásban a kreditrendszer bevezetése jelentette. Ennek célja kettős: egyrészt a különböző intézmények képzéseinek európai szintű összehangolását és ezzel az átjárhatóságot biztosítja; másrészt az egyes intézményeken folyó képzést teszi rugalmasabbá, illeszkedve az egyes hallgatók egyéni körülményeihez. A felsőoktatás szervezeti átalakításának kétségtelenül vannak előnyei, de nehézségei is. A kétlépcsős oktatási rendszer például a tanárképzésben sikertelennek bizonyult, egyes tanári szakok szinte teljesen elnéptelenedtek. Így 2013-tól visszaállították a folyamatos képzés korábbi rendjét. A kreditrendszer a kevésbé ambiciózus és kitartó, gyengébben teljesítő hallgatók számára jelent csapdát. Egy-egy tárgy teljesítésének elmaradása ugyanis nem jár a hallgatóra nézve azonnal szigorú adminisztratív következményekkel, az elmaradás elvileg pótolható. A gyakorlat azonban azt mutatja, hogy erős kényszer híján az elmaradt tárgyak szaporodnak és torlódnak, az államilag finanszírozott képzési idő pedig gyorsan telik, ezért sokan mégis kénytelen elhagyni az egyetemet.

Speciális problémát jelent az egyetemi képzésben, hogy a felvételi rendszer változásai miatt sok hallgató motiválatlanul és felkészületlenül jut be az egyetemre.

A kétszintű érettségi 2006-os bevezetéséig felsőoktatási intézménybe csak sikeres felvételivel lehetett bejutni. A főiskolák, egyetemek egyértelműen megjelölték azt a két tantárgyat, amelyekből a jelöltnek felvételi vizsgát kellett tenni. A felvételi írásbeli és szóbeli vizsgából állt. Az érettségivel összevont írásbeli vizsgát az állam központilag szervezte meg, de a dolgozatok javítása, értékelése és felvételi vizsga szóbeli része az egyetemeken zajlott. Az egyetemnek így módjában állt megszűrni a jelentkezőket. A felvételire a diákok a középiskolai években, különösen az utolsó kettőben, tudatosan készültek, és az sem volt ritka, hogy valaki csak több évi próbálkozás tudta megszerezni azt a tudást, amivel végül bejutott az általa választott szakra vagy intézménybe.

2006-tól a felvételi vizsga és a felsőfokú oktatási intézmény közvetlen szerepe a jelentkezők szelektálásában megszűnt. Az oktatásirányítás eredeti elképzelései szerint a felvételi szerepét az emelt szintű érettségi vette volna át. A hallgatókért versengő felsőoktatási intézmények azonban nem követelték meg az emelt szintű érettségit, így középszintű érettségivel is meg lehet pályázni egy egyetemi vagy főiskolai helyet. A bejutást tovább könnyítette, hogy a régebben egyértelműen rögzített felvételi tárgy helyett más tárgyak érettségi eredményei is elfogadhatók. Például 2006 előtt fizikus szakra matematika és fizika voltak a kötelező felvételi tantárgyak, azóta a szaknak megfelelő Fizika BSc képzésre már a biológia, kémia, földrajz, fizika, matematika, informatika, természettudomány tantárgyak közül bármelyik kettővel lehet pályázni. Így gyakran előfordul, hogy úgy nyer valaki felvételt fizikus szakra, hogy fizikából még középfokon sem érettségizett. Ez a tapasztalatok szerint duplán jelent problémát az egyetemen. Az így bekerült hallgatók nem rendelkeznek az egyetemi kezdő tananyag megértéséhez szükséges előzetes tudással és szemlélettel. A másik alapvető probléma, hogy ezek a hallgatók rendszerint motiválatlanok is saját maguk által választott szak irányába, ezért gyakorlatilag képtelenek befektetni azt a többletmunkát is, amit a középiskolai hiányok pótlása kívánna meg. Az ilyen hallgatók felzárkóztatása az egyetemen gyakorlatilag reménytelen.

Az egyetemek, érzékelve a felvettek szélsőségesen változó szaktárgyi tudását, a tanév elején az alapvető szaktárgyakból felmérő dolgozatok iratnak. A felmérő dolgozatnak lényegében nincs komoly tétje, de tájékoztatja az oktatókat és szembesíti a diákot is az elvárt előképzettségük meglétéről, illetve hiányosságairól. Az elmúlt évek felmérő dolgozatainak értékelése, a belőlük levonható következtetések a középiskolai fizikatanárok és a felsőoktatásban dolgozó szakemberek számára egyaránt érdekes cikkek formájában is megjelent [9], [10]. Az egyetemek a felmérőt gyengén teljesítő diákok számára általában szervezett segítséget ajánlanak a hiányok pótlására. E segítség konkrét formája intézményenként változik, de céljai hasonlóak. Az ELTE TTK fizika BSc és osztatlan fizikatanár szakjain a bevezető kísérleti fizika (mechanika) előadáshoz kapcsolódó gyakorlati órák számát megduplázzák. A Pannon Egyetem Mérnöki Karán fakultatív óraként felvehető felzárkóztató kurzus egészíti ki az egyetemi előadást, máshol speciális feladatmegoldó gyakorlatokat kínálnak a hiányos tudással érkezőknek. Az egyetemek igyekezete elismerésre méltó, de a feladat nem egyszerű. A problémát az jelenti, hogy a lemaradó hallgató nehézségei a középiskolai hiányosságokra vezethetők vissza. Az egyetemi oktatók többsége azonban nem tanári végzettségű, és a középiskolai anyagot sem ismeri részleteiben, így segítsége a legjobb szándékok estén sem igazán célirányos és eredményes. A tapasztalatok szerint a felmérő dolgozaton gyengén teljesítő hallgatók nagy része a felzárkóztató foglalkozások ellenére sem tudja teljesíteni az első félév egyetemi

követelményeit. Sokan vannak köztük olyanok is, akik a kezdeti kudarcok hatására végleg abbahagyják egyetemi tanulmányaikat.
Nagyon kevesen vannak azok, akik utánajárnak annak, hogy az adott szak elvégzése mivel jár, ill. hogy végzés után a diplomával milyen munkakör tölthető be. A felvett hallgatók sokszor a felsőoktatási intézményben szembesülnek a rájuk váró feladatokkal. Hiányzik a középfokú oktatásból a valódi pályaorientációs képzés, és a felsőoktatási intézmények sem segítik ebben a diákokat. A középiskolákban vagy a felsőoktatási kiállításokon megjelenő egyetemek képviselői leginkább azt mutatják be, hogy mitől jó az ő képzésük, de a felsőfokú tanulmányokkal kapcsolatos munka csak az intézményi nyílt napokon válik láthatóvá pl. egy laborlátogatás vagy az ott lévő hallgatókkal való beszélgetés során.
A Pannon Egyetem Mérnöki Karán számos mérnöki szak esetén fontos alapozó tárgy a fizika, ezért a elsőéves hallgatók fizika tudását az év elején felmérjük A felmérő dolgozat – a belső szabályzat előírása értelmében – egyúttal belépő is az első félévben kötelezően előírt Fizika I. kurzus vizsgajelentkezéséhez. A sikertelen dolgozatot írók számára fakultatív felzárkóztató kurzust szervezünk fizikából. A félév végén a kurzuson résztvevőkkel és azokkal is, akik egyéni úton pótolták lemaradásaikat, újra megíratjuk a felmérő dolgozatot. Ennek eredménye dönti el, ki jelentkezhet a félévi vizsgára. Az elmondottak jól jelzik, hogy a fizikatanítás középiskolai problémái minként válnak fontossá az egyetemi oktatás számára is.

3. Doktori munkám témaválasztása

Az iskolai fizikatanítás, illetve az erre alapozott egyetemi oktatás indulási problémáit végiggondolva arra a következtetésre jutottam, hogy a fizika tantárgy iránti kedvezőtlen attitűd megváltoztatása lenne a legfontosabb feladat. A tantárgy negatív megítélése egyértelmű kapcsolatban van azokkal a nehézségekkel és kudarcélményekkel, amit a diákok többségének a fizikai feladatmegoldás jelent. A fizikai törvények steril gyakorlását jelentő feladatmegoldást és a hozzá kapcsolódó számításokat a tanulók többsége nehéznek és értelmetlennek tartja. Ez a vélemény a diákokban már az általános iskolában kialakul. Ahogy a középiskolai évek során a feladatok összetettebbekké és bonyolultabbakká válnak, ez a negatív attitűd egyre meghatározóbb lesz. A felmérések azonban azt is mutatják, hogy a diákok többsége kedveli a kísérletezést, érdeklődik a természet fizikai jelenségei, és a fizika technikai alkalmazásai iránt is. E két tapasztalatot egybevetve kézenfekvőnek tűnik, hogy a fizika iránti attitűd javítása érdekében a feladatmegoldást össze kellene kapcsolni a jelenségekkel, kísérletekkel, sőt a diákok által közkedvelt számítógépek használatával is. Természetesen ez nem csupán újszerű feladatok kitalálását és megfogalmazását jelenti, hanem a feladatok feldolgozásának módszertani kidolgozását is. Mondhatjuk úgy is, hogy a korábbi idealizált modell-példák elméleti feldolgozása helyett egy új feladatkultúra megteremtése lenne a cél. A feladatok és kísérletek összekapcsolása a fizikai megismerés Galilei óta elfogadott tudományos módszerével is szinkronban áll. A fizikai megismerés mindig a természeti jelenségek megfigyeléséből, kísérleti tapasztalatokból indul, majd a fizikai törvények felhasználásával végzett számítások végeredményét ismét a kísérleti tapasztalatokkal igazolja. Doktori munkám elsődleges feladatának tehát jelenségekhez, kísérletekhez (ezek videó és fotó-dokumentumaihoz) kapcsolt újszerű fizikapéldák készítését és ezek iskolai gyakorlatban történő kipróbálását tekintettem. A feladatoknak természetesen illeszkedniük kell a tanulók életkorához, és az aktuális kerettantervi anyaghoz is. A kidolgozott feladatokat a felhasználási szint szerint célszerű csoportosítani.

A közoktatás általános iskolai bevezető szintjét nagyon fontosnak tartom. Meggyőződésem szerint itt dől el, hogy a diák (később a felnőtt) mennyire érdeklődik a természet jelenségei iránt. Megfelelő bevezetés esetén kialakul benne az igény azok megértésére, ellenkező esetben fennáll a veszély, hogy mint érdektelen és érthetetlen dologtól elzárkózik mindentől, ami fizika. A fentebb idézett attitűd vizsgálatok is jelzik, hogy a fizika iránti kedvezőtlen vélemény ebben az életkorban kezd kialakulni, ekkor lehet tehát leghatékonyabban javítani is rajta. Ennek a felelősségnek a tudatában vállaltam el az egykori Nemzeti Tankönyvkiadó megkeresésére a Panoráma Könyvek sorozatban megjelent 7. osztályos fizika munkatankönyv elkészítését. A tankönyvben a kísérletezésé, megfigyelésé a fő szerep, az életkornak megfelelő egyszerű feladatok is a jelenségekhez, kísérletekhez kapcsolódnak.

A középiskolában a fizikai feladatok megoldását nehezíti, hogy a meglévő matematikai ismeretek nincsenek szinkronban a fizika igényeivel. A probléma fokozottan jelentkezik, ha a fizikapélda tisztán elméleti jellegű és kizárólag a matematikai számításokra épül. Középiskolások számára jelenségalapú feladatokból példatárat állítottam össze, amit kollégák segítségével a tanítási gyakorlatban is kipróbáltunk.

A középiskolai fizika speciális területét jelenti az emelt szintű érettségit választó diákok felkészítése. A szóbeli vizsgán szereplő mérési feladat egyszerre teszi próbára a diák kísérletező készségét, manuális ügyességét és a mérések kiértékelésében döntő szerepet játszó problémamegoldást. A felkészítés támogatására, a felsorolt kompetenciák fejlesztésére számítógépen használható „virtuális laborprogramot” állítottam össze. Ennek természetesen nem feladata az aktuális érettségi mérések helyettesítése, azokat a valóságban kell megcsinálni. A számítógépes kísérleti feladatgyűjtemény célja a kísérletekhez kapcsolódó problémamegoldás, illetve a mérések kiértékelésének gyakoroltatása.

Doktori munkám utolsó éveiben a Pannon Egyetem Mérnöki Karának oktatójaként dolgoztam, ahol az egyik feladatom az egyetemre hiányos fizika tudással felvett fiatalok felzárkózásának segítése. Ennek keretében kidolgoztam a felzárkóztató kurzus tematikáját és módszereit. A feladat itt a középiskolai hiányok pótlása, beleértve a középiskolában nem látott kísérletek bemutatását, a feladatmegoldások gyakorlását, a megértési zavarokat okozó egyéni tévképzetek korrigálását. A feladatmegoldás során itt is kipróbáltam a jelenségalapú feladatok használatát. Ezek döntően a középiskolára kidolgozott példatár feladatai voltak, de a problémákat bővítettem és a matematikai eszközöket is bátrabban alkalmaztam. A felzárkóztató kurzus eddigi három évének eredményességét a vizsgák sikerével és a diákokkal kitöltetett kérdőívek segítségével vizsgáltam.

4. A dolgozat felépítése

A munka figyelemre méltó tartalmi részét három nagy fejezetbe rendeztem. Az első a jelenségalapú feladatmegoldásról írt elméleti összefoglalóval kezdődik, kiemelve az új típusú feladatok jellemzőit. Olyan problémákat választottam ki, amivel bemutatom, hogy módszer az oktatás legkülönbözőbb szintjein alkalmazható. A feladatban kiindulásul szolgáló tapasztalati valóság megjelenítése lehet az órán az „in situ” kísérletez, de ez sokszor helyettesíthető jelenségről készített fotóval. Ilyenkor a feladat általában az, hogy a fotón történő mérésekből kapott adatokkal végezzünk számításokat. A feladatokhoz esetenként különleges fotótechnikát használunk, ilyenek például a stroboképek. A szokatlan technikát a diákoknak természetesen meg kell magyaráznunk, ez a stroboszkópos megvilágítás helyszíni bemutatásával könnyen megtehető. A feladatok kiindulásaként videófelvételek is szolgálhatnak. A mozgásokról készített videoklipek kiértékeléséhez számítógépes elemző programot használhatunk. A diákjaink számára ez nem jelent nehézséget, a „high-tech” módszer alkalmazása pedig érdekesebbé teszi a fizikát. A tanulók számára további érdekes számítógépes feladatok adhatók az ingyenesen használható Audacity akusztikus mérőprogram segítségével. Ebben a fejezetben mutatom be az érettségi felkészülést segítő „Virtuális labor” feladatait is.

A dolgozat második fejezete a jelenségalapú feladatok alkalmazását mutatja be a Pannon Egyetem felzárkóztató kurzusán. A feladatok hasonlóak a korábbiakhoz, de összetettebbek, feldolgozásuk során bátrabban használjuk a matematikát. Itt mutatom be a saját építésű stroboszkóppal készített felvételeken alapuló feladatokat is.

A harmadik fejezetben a fizikusi szempontból legegyszerűbbnek tűnő, módszertani szempontból azonban a legnehezebbnek bizonyult hetedik osztályos kisdiákok számára írt munkatankönyvet mutatom be. Ismertetem a tankönyvnek a tanulók tevékeny aktivitására építő módszerét és kiemelve a kritikusnak ítélt tartalmi részeket.

A dolgozat befejező része a kutató-fejlesztő munka eddigi eredményeinek hasznosítását és a munka folytatására vonatkozó terveket ismerteti.

Felhasznált irodalom:

[1] Barmby, P., Kind P., Jones K.: Examinig Changing Attitudes in Secondary School Science (International Journal of Science Education XXX. évfolyam, 2008. (8)) p1076

[2] Papp Katalin, Józsa Krisztán: Legkevésbé a fizikát szeretik a diákok? (Fizikai Szemle, L. évfolyam, 2000. (2)) pp61-67

[3] Csapó Benő: Az iskolai tudás (Osiris Kiadó, Budapest, 2002) pp30-35

[4] Sjoberg S., Schreiner C.: Young People, Science and Technology. Attitudes, Values, Interests and Possible Recruitment. Selected Results form Recent Research. (ERT Event Brussels, 2008); http://roseproject.no/network/countries/norway/eng/nor-sjoberg-ert2008.pdf

[5] Papp Zoltán, Pappné Patai Anikó: Mit tehetnénk a fizika attitűd javításáért? (Fizikai Szemle, L. évfolyam, 2000. (7)) p234

[6] S.Egri, P.Ádám, Gy.Honyek, P.Simon, G.Horányi, F.Elblinger: Methods for teaching physics according to the curriculum framework „A” (Proceedings of the international conference Teaching physics innovatively, Budapest 17-19. August 2015., Eötvös Loránd University, Budapest 2015, Editors: Á.Király, T.Tél)) pp293-298

[7] Berde Éva: A felsőoktatás lehetséges létszámpályái Magyarországon (Statisztikai Szemle, XCI. évfolyam, 2013 (1)) pp57-76

[8] http://hvg.hu/itthon/20131206_El_lehet_menni_gimanistak_kulfoldi_egyete

[9] Radnóti Katalin: A fizikai fogalmak megértésének hiányosságai egy felmérés tükrében (A természettudományok tanítása korszerűen és vonzóan c. konferencia kiadványa, Budapest, 2011. augusztus 23-25., ELTE TTK 2011., Főszerkesztő: Tasnádi Péter) pp364-368

[10] Radnóti Katalin: Elsőéves hallgatók fizika és kémia tudása (Kutatási összefoglaló jelentés a felsőoktatásba belépő hallgatók fizika és kémia tudásáról 2009) http://members.iif.hu/rad8012/kriterium/felmeres2009.pdf

A kísérlet és jelenség alapú feladatok alkalmazásának lehetőségei a közoktatásban és a BSc-képzésben

1. A feladatok szerepe a fizika oktatásában

Annak demonstrálására, hogy a feladatoknak milyen fontos szerepe van a fizikaoktatásban, Galilei szavait szeretném idézni: *„A filozófia nagykönyve* - az Univerzum - *szüntelenül nyitva áll tekintetünk előtt, de nem érthetjük meg, hacsak előbb meg nem tanuljuk a nyelvet, melyben íródott. Ez a matematika nyelve….”* [1] A feladatmegoldást gyakran a „fizikai gondolkodás iskolájának” is nevezik, hiszen egy probléma megoldása során jelenséget figyelünk meg, modellt alkotunk, kiválasztjuk a megfelelő törvényt, és a végén meggyőződünk az eredmény valóságtartalmáról. A fenti kognitív lépések következetes véghezvitele nem könnyű, de a fizika tanításának szerves része kell, hogy legyen.

A diákok fizikával szembeni attitűdjének javítási lehetőségét sokan abban látják, hogy lényegesen lecsökkenthető lenne a feladatmegoldás mennyisége. Ma Magyarországon két hivatalos fizika kerettanterv is létezik. Az ún. A-változat megalkotói az előbbi gondolatot konkrétan bele is írták a tanterv általános bevezetőjébe:

„Az elvárható alapszint az, hogy a tanulók a tantervben lévő témaköröket megismerjék, értelmezzék a jelenségeket, ismerjék a technikai alkalmazásokat, és így legyenek képesek a körülöttünk lévő természeti-technikai környezetben eligazodni. (...) A fizika tanterv szakít a hagyományos, sokszor öncélú, „begyakoroltató” számítási feladatokkal. A tanterv számításokat csak olyan esetekben követel meg, amikor a számítás elvégzése a tananyag mélyebb megértését szolgálja vagy a számértékek önmagukban érdekesek.” [2]

Ugyanakkor a B-változat alkotói egyértelműen elköteleződnek amellett, ami a tudománytörténetből is jól ismert, hogy a fizika a természetet méréseken keresztül képes megismerni, a jelenségek leírásához szükség van a matematikára, és ez megköveteli a fizika tanításában is a számítási feladatok megőrzését. A feladatmegoldás tehát eleve a fizika mélyebb megértését szolgálja.

„A tantárgy tanulása során a tanulók megismerkedhetnek a természet tervszerű megfigyelésével, a kísérletezéssel, a megfigyelési és a kísérleti eredmények számszerű

megjelenítésével, grafikus ábrázolásával, a kvalitatív összefüggések matematikai alakú megfogalmazásával. Ez utóbbi nélkülözhetetlen vonása a fizika tanításának, hiszen e tudomány fél évezred óta tartó „diadalmenetének" ez a titka." [2]

Meggyőződésem szerint képezheti vita tárgyát az alkalmazott feladatok nehézsége, összetettsége, mennyisége, beszélhetünk új típusú, a diákok számára figyelemfelkeltőbb feladatokról, de az A-változat javaslata nemcsak egy könnyű módszere lenne a tantárgy elfogadtatásának, de az ebben a szellemben nevelkedő tanulók épp a fizikai gondolkodás lényegét nem tudnák elsajátítani. Ez első ránézésre csak filozófiai problémát jelent, de ennek a felfogásnak hosszú távon gyakorlati következményei is lehetnek. Az alacsonyabb tudásszintű (nem kevesebb ismerettel rendelkező!) magyar diákok elveszíthetik versenyképességüket a műszaki-természettudományos területen, amelyből már tényleges gazdasági kár is keletkezhet.

Meglátásom szerint az attitűd javításának más útját kell keresni. Meg kell őrizni a fizika tanításában a problémamegoldást, hiszen a tudás nemcsak az ismeretek meglétét, hanem annak konstruktív alkalmazási képességet is jelent.

2. A fizikai modellalkotás

Tapasztalataim szerint a diákok kisebb motiváltságának oka az, hogy nem találják a kapcsolatot a fizika tantárgy és a hétköznapi élet között. A fizika tanulása során a megfigyelés, mérés, a kapott adatok feldolgozása, problémák megoldása, matematikai eszközök használata elkerülhetetlen, és a legtöbb nehézség épp ebből származik. Tanult, nem műszaki vagy természettudományos szakterületen sikeresen dolgozó emberek bevallása szerint is a fizika tanulás esetükben nem jelentett többet, mint matematikai formulák alkalmazását és problémák formális megoldását egy olyan területen, amely számukra mindvégig idegen maradt. A fizika tanításának legfontosabb feladata azonban az kell legyen, hogy a diákok meglássák, hogy ez a tudomány a körülöttük lévő jelenségek leírásáról szól, és azok a technikai eszközök, amelyeket nap mint nap használnak, ezen ismeretekből születtek meg.

A valóságban előforduló jelenségek minden részletüket tekintve általában igen bonyolultak. A fizikában a legfontosabb jellemzők megragadására törekszünk és a kevésbé fontosakat elhanyagoljuk. A valóságnak ezt az egyszerűsítését nevezzük modellalkotásnak. A tanulmányozott jelenség szempontjából lényeges és lényegtelen körülmények elkülönítése, a jó modell megalkotása komoly kognitív feladat. Ismét Galileire szeretnék hivatkozni. A Matematikai érvelések és bizonyítások (Discorsi e dimostrazioni matematiche) című könyvében szereplő filozófusok az egyenletesen gyorsuló mozgásról beszélgetnek, és arról, hogy a szabadon eső súlyos testek is ugyanígy mozognak-e. [3] Eközben szó esik a mozgás gyakorlati megfigyeléséről is, egy hosszú és megfelelően előkészített lejtő segítségével. (Galilei ötlete az volt, hogy a lejtőn leguruló test ugyanazt a mozgást végzi, mint a szabadon eső, csak lassabban, így könnyebb pl. az idő mérése.) Annak ellenére, hogy a vizsgálat kinematikai jellegű, a kísérletet a szerző mai szemmel nézve is igen alaposan végezte el. Könyvében nem beszél róla, de biztosan pontosan tudta, hogy a mozgást a lejtőn és a szabadesést okozó hatáson kívül egyéb tényezők is befolyásolhatják. (pl. a golyó oldalirányú mozgása a lejtőn, a csúszási súrlódás, a légellenállás). Berendezését ezért úgy alakította ki, hogy az említett tényezők a lehető legkevésbé befolyásolják a golyó mozgását. A lejtőbe kis vályút készített, hogy a golyó egyenes vonalú mozgást végezhessen; a vályút pergamennel fedte be, hogy a test tisztán gördülhessen és a csúszási súrlódás hatása ne legyen érezhető; azt pedig a tapasztalat is megmutatta, hogy olyan kis sebességek esetén, amekkorát a test a mozgása során elérhet, a légellenállás nem játszik jelentős szerepet. A hétköznapokban tapasztalható jelenséget gyakorlatilag „lecsupaszította”, így (mai megfogalmazással élve) a megfigyelés egyértelműen a gravitációs erő és a lejtő együttes hatásának tudható be. Ma ezt úgy mondjuk, hogy megalkotta a jelenség fizikai modelljét, mely segítségével képes volt megfigyelni a szabadeséshez hasonló egyenletesen változó mozgást.

Galilei előzetes megfontolások alapján feltételezte, hogy a megtett utak arányosak az eltelt idő négyzeteivel. Mérései először azt bizonyították, hogy ugyanazt az utat a test mindig ugyanannyi idő alatt futja be a lejtőn. Ezután azt igazolta, hogy negyedakkora út megtételéhez az előbbi idő felére van szüksége a testnek. Sok többszörössel és törtrésszel végezve el a mérést jutott el végül a négyzetes úttörvény kísérleti igazolásához. Nagyon fontos azonban látnunk és a diákokkal is láttatnunk, hogy a törvény csak az előbb említett esetben igaz.

Kereshetünk az előbbihez hasonló jelenségeket, és sok vizsgálat után megállapíthatjuk, hogy azokban az esetekben, amikor az egyenes vonalú mozgást végző test pillanatnyi sebessége az idővel lineárisan változik, a test által megtett út arányos az eltelt idő négyzetével. Minden olyan esetben azonban, ahol ez nem igaz, pl. az egyik erő sebességfüggő, az állítás nem igaz.

Ez gyakori helyzet nagy sebességű mozgások esetén, ahol a közegellenállás szerepe meghatározó.

A fizikai modell megalkotása során tehát egyszerűsítő feltételezésekkel élünk, hogy a jelenséget könnyebben leírhassuk. Közelítéseket több szempontból is végezhetünk. Vannak olyan helyzetek, amikor magától értetődő, hogy élhetünk vele. Például ha egy vastag asztallapra egy tárgyat helyezünk, akkor a lap behajlik. Ez a deformáció nagyon kicsi, a hétköznapi jelenségek szempontjából elhanyagolható. Természetes tehát, hogy a tárgy és a lap kölcsönhatásakor bekövetkező deformációt nem vesszük figyelembe.

Ha pl. egy autó mozgását olyan léptékben vizsgáljuk, amely jóval nagyobb az autó kiterjedésénél, akkor természetesnek vehető, hogy a mozgás leírásakor nincs jelentősége annak, hogy az autó eleje előbb ért a kívánt helyre, mint a vége. Tehát azt mondhatjuk, hogy tekintsük az autót egy mozgó tömegpontnak, és a kiterjedésétől tekintsünk el. Ha azonban ugyanezt a (hátsó kerék meghajtású) autót abból a szempontból vizsgáljuk, hogy álló helyzetből hirtelen felgyorsul, és emiatt a hátulja kicsit lesüllyed, az eleje pedig felemelkedik, akkor már nem tekinthetünk el az autó kiterjedésétől, tehát a tömegpont közelítés helytelen lenne.

Vannak olyan jelenségek, amelyeket pl. a róluk készült videó segítségével vizsgálunk, és bizonyos körülményekről nincs információnk (pl. egy test és a talaj közti súrlódási együtthatóról, vagy a testet tartalmazó közeg sűrűségéről). Ilyenkor információ hiányában azt feltételezhetjük, hogy ezek a hatások a test mozgása szempontjából elhanyagolhatók. Nagyon fontos azonban, hogy ennek jogosságáról a feladat megoldása végén meg is kell győződnünk. Ha azt tapasztaljuk, hogy a közelítés alkalmazásával a mozgás leírása pontatlan, akkor figyelembe kell vennünk a hatást, és ez egyben lehetőséget is adhat a hiányzó paraméterek mérésére is (ld. 6. pont ping-pong labdás feladata).

Bizonyos jelenségek esetén a mozgást leíró egyenletek megoldása meghaladhatja a tanulók matematikai tudásszintjét, vagy lehetséges, hogy az egyenleteknek nincs egzakt megoldása. A tanárnak nagyon fontos feladata az, hogy csak olyan problémát adjon fel diákjainak, amelyben jogosan élhet a matematikai okokból történő egyszerűsítéssel. Ha erre nincs lehetőség, akkor számítógéppel érdemes a feladatot megoldani.

A példatárakban sok olyan feladattal találkozunk, amelyekben a már megalkotott fizikai modell túlságosan egyszerű, a megoldásban csak a számszerű végeredmény a fontos, és ez a valósággal nem vethető össze. Ezekkel a feladatokkal a problémamegoldás lépéseiből csak néhányat gyakoroltatunk, és a valóság és a fizika feladat közötti kapcsolat nem mutatható meg. Ezekkel a tanulók problémamegoldással szemben tanúsított hozzáállása nem javítható. Természetesen ezeknek a feladatoknak is meg van a létjogosultsága a fizika tanításában, de nagyon fontos, hogy ezek mellett kellő mértékben alkalmazzuk a jelenség alapú feladatokat is.

3. A feladatmegoldás menete, az alkalmazott feladatok fajtái

A feladatok megoldását, különösen az átlagos képességű és érdeklődésű diákok számára megkönnyíthetjük, a gondolati algoritmusok és az ezekkel összhangban álló formák gyakoroltatásával. Az így szerezett „rutin" hozzásegíti a tanulókat az eredményes fizikai gondolkodás elsajátításához.

A megoldás általában a következő algoritmus szerint történhet:

- A feladat elolvasása, a szöveg értelmezése.
- A szöveg újbóli elolvasása, a benne szereplő adatok rögzítése, szükség esetén vázlatrajz készítése, az ábrán az egyes paraméterek betűkkel történő jelölése.
- Modellalkotás. A hétköznapi /gyakorlati probléma egyszerűsítése, a lényeges és lényegtelen elemek elkülönítése.
- A lényeget illetően alapvető fizikai törvények felismerése, az egyes részfeladatok közti logikai kapcsolat megtalálása.
- A törvények matematikai formában történő felírása – illesztve a konkrét problémához. Annak tisztázása, hogy a megoldáshoz szükséges összes adattal rendelkezünk-e.
- A matematikai probléma megoldása.
- Az eredmény, részeredmény ellenőrzése, összevetése a valósággal (mindennapi tapasztalattal, kísérleti megfigyeléssel, mérési eredménnyel).

A tanítás során alkalmazott feladatok közül a legegyszerűbbek az ún. behelyettesítési feladatok. Ekkor a feladat szövegében megadott mennyiségek értékeit egy képletbe behelyettesítve kapjuk meg a feltett kérdésre a választ. Ez elsőre nem is fizikai, mint inkább matematikai problémának tűnik, mégis fontos szerepet tölt be a fizika tanulása során, hiszen a diákok ezen keresztül ismerkednek meg egy újonnan tanult törvényt leíró képlet, összefüggés lényegi tartalmával, azaz használatával.

Nehezebbé válnak a feladatok, ha nem áll a megoldáshoz szükséges összes adat a rendelkezésünkre, hanem azokat meg kell szereznünk pl. más részletszámításból, egy jelenség elemzésekor végzett mérésből, vagy valamilyen adatbázisból.

Nehezebbnek ítélik a tanulók azokat a feladatokat is, amelyekben nem egy adott törvény gyakorlása a cél, hanem a probléma megoldásához több, akár a fizika különböző területeiről, kell a megfelelő összefüggéseket kiválasztani és alkalmazni. Az ilyen feladatokban támaszt jelenthet a tanulóknak az, ha a probléma megfogalmazója részekre bontja a problémát, és megfelelő sorrendben teszi fel az egyes kérdéseket. Így a diákok segítséget kapnak a megoldást segítő gondolatmenethez.

Sok közepes diáknak jelentenek problémát azok a feladatok, amelyekhez nincsenek konkrét számszerű adatok, ezért a mennyiségeket jelölő betűkkel számolva, csak paraméteresen oldhatók meg. Így a végeredmény nem egy konkrét számérték, hanem egy formula. Ilyenkor érdemes a tanulók figyelmét felhívni arra, hogy ha ismernénk a feladatban szereplő mennyiségek számértékeit, akkor ezeket a kapott formulába behelyettesítve konkrét eredményt kapnánk.

A gyakorlatban a legnehezebbnek az tűnik, amikor a feladat ad ugyan konkrét számadatokat, de azok látszólag nem elegendők a probléma megoldásához. Ilyenkor általában arra van szükség, hogy a hiányzó adatot paraméterrel pótoljuk és így írjuk fel az összefüggéseket, amelyekből az ismeretlen paraméter a számítások során kiejthető.

Doktori munkámban az általános iskolától a BSc-képzésig vizsgáltam a kísérlet és jelenség alapú feladatok alkalmazási lehetőségeit és eredményességét. A következőkben különböző típusú jelenség alapú feladaton keresztül szeretném bemutatni, hogyan lehet a diákok számára nyilvánvalóvá tenni, hogy azok mindennapi szituációkból származnak, és a megoldásban kapott eredmények konkrét valóságtartalommal bírnak.

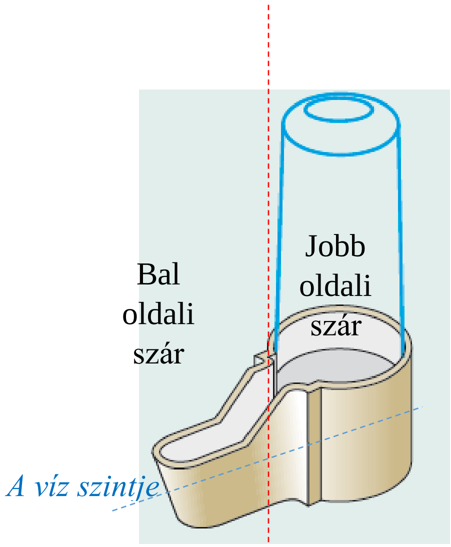
A fejezetben tárgyalt elméleti összefoglaló alapjául a [4]. pontban megjelölt szakirodalmat használtam.

4. Kísérleten, jelenség közvetlen megfigyelésén alapuló problémák

Kísérlet vagy jelenség közvetlen megfigyelésén alapuló, kvalitatív vagy félkvalitatív problémák felvetése és megoldása a kisiskolától az egyetemig igen hasznosnak bizonyul. A kvalitatív problémák megoldása fontos része a fizika tanításának, hiszen a jelenségeket leíró törvényeket már általuk is tudjuk gyakorolni, és mivel komolyabb matematika tudást nem kívánnak meg, már a tanítás elejétől fogva alkalmazhatjuk őket. Hetedikeseknek szól az alábbi feladat:

„Díszmadaraknak készítenek olyan „önitatókat", amely egy kis csőrös tálkából és egy szájával lefele fordított tartályból áll. Ezt a tartályt először megtöltik vízzel, majd rárakják a tálkát és a talpára fordítják. Szerinted miért nem folyik ki a tartályból a víz?" [5]

Magát a jelenséget könnyen be is mutathatjuk. Könnyen modellezhetjük egy konzervdobozzal és PET-palackkal. A megfigyelés során fel kell ismerni, hogy mely tanult eszköz, kísérlet vagy törvény segíthet a magyarázat megtalálásában. A feladat mellett a könyvben egy hiányos ábra is található, ebbe rajzolva még könnyebb lehet a megoldás. (1. ábra)



1. ábra: A feladat megoldását segítő hiányos rajz

A probléma megoldása hetedik osztályban nem egyszerű. Az eszközben egy közlekedőedényt kell felismerni, melynek szárait az ábrán bejelölhetik, és megrajzolják, hogy a víz milyen magasan áll a tálkában. Nyilvánvaló, hogy a bal oldali szárban a külső levegő nyomása tart egyensúlyt a jobb oldali szárban lévő folyadék, az itató működése során a fölé került levegő és az edény felső falából származó nyomással, tehát

$$p_0 = p_{víz} + p_{lev} + p_{edény}.$$

A kérdésre a válasz már könnyen megadható, hiszen kiszámolhatjuk, hogy a külső levegő nyomása több, mint 10 m magas vízoszlop nyomásával tarthat egyensúlyt, tehát ezért működhet ez az önitató.

***

Természetesen kvantitatív feladatokat is készíthetünk jelenségekre, megfigyelésekre alapozva. A következő, ugyancsak hetedik osztályosoknak szóló, feladat nem egy tantermi vagy a környezetünkben megfigyelhető jelenségen alapul, hanem egy TÜZÉP-telep árukínálatán. A hozzá kapcsolódó feladat célja egy fizikai mennyiség bevezetésének előkészítése, és a hozzá kapcsolódó mennyiségi összefüggés megsejtése, később a törvény felállítása. A 2. ábrán látható feladat két tankönyvi feladat egyesítéséből származik. [6]

4. Egy TÜZÉP-telepen az alábbi fűtőanyagokat lehet megvásárolni:

	szalmabrikett	oroszlányi daraszén	lengyel diószén	koksz
Ára (Ft/mázsa)	2200	2400	4800	6900

Mivel magyarázható, hogy a tüzelőanyagoknak eltérő az áruk?

6. Egy család tüzelőanyagot vásárol télire. A tél során 100 GJ hőt kell termelniük ahhoz, hogy ne fázzanak. (1 GJ = 1 000 000 J) A tüzelőanyag-kereskedésben az alábbi információt kapták:

	barnaszén	brikett	száraz tűzifa
Fűtőérték (MJ/kg)	11	20	16
Ár (Ft/mázsa)	2400	2900	2500

Hány mázsa tüzelőanyagot kell venniük az egyes fajtákból, hogy legyen elég tüzelőjük télire? Mennyibe kerül ez a családnak? Dolgozz a füzetedbe!

2. ábra: A tankönyvben található két feladat

Az első feladatban arra keressük a választ, hogy miért különböző az ára az egyes szénfajtáknak. A tanulók a feltett kérdésre megadhatják a választ, hogy a drágábból kevesebbet kell venni, mert jobb a fűtőértéke. A beszélgetés során pontosíthatjuk is a fogalmat, (itt következik az elvonatkoztatás a valóságtól, az absztrakt fogalom megalkotása), hogy a fűtőérték azt jelenti, hogy az adott szénfajtából egységnyi tömegűt elégetve mennyi hő keletkezik. Ezt nevezzük égéshőnek, és a mértékegysége J/kg, vagy ennek többszöröse.

A két feladatot a könyvben egy egyszerű mérőkísérlettel illusztráljuk két különböző anyag égéshőjét, ezután jön a második feladat: Adott hőmennyiség eléréséhez mennyit kell a különböző tüzelőanyagokból elégetni, és mennyibe fog kerülni ez a családnak? A konkrét értékekkel történő számolás során kirajzolódik a mennyiségi összefüggés is:

$$100\,000\; MJ = 11\,\frac{MJ}{kg}\cdot m \;\rightarrow Q = L_{ég}\cdot m.$$

Mivel több számítást is kell végezni, ezért az összefüggés jobban rögzül. Az árak meghatározása pedig segíthet annak hangsúlyozásában, hogy a probléma a hétköznapi életből származik.

***

Az absztrakció következő lépcsőfoka az, amikor a valóságban tapasztalt jelenségről, a benne szereplő mennyiségekről grafikont készítünk, vagy egy kész grafikonról következtetünk egy valós folyamatra. Hetedik osztályban már elvileg rendelkeznek a tanulók függvényfogalommal, valójában azonban azt tapasztaltam, hogy a függvényszerű gondolkodás nehéz számukra. Ezért az ő esetükben még a valóság grafikus rögzítésének gyakorlására koncentráltam, különösen arra, hogy melyik mennyiség függ melyiktől, és ezt hogyan ábrázoljuk derékszögű koordináta-rendszerben. Nyolcadik osztálytól, különösen pedig a középiskolás korban, mindkét irányú tevékenység gyakoroltatható.

Mozgásokkal kapcsolatban sok lehetőségünk nyílik a grafikonok, függvények alkalmazására. Erre mutatok példát a következő feladattal: [7]

> **3.** Végezzetek méréseket a futópályán! A pályára 10 méterenként tegyetek jelzéseket, és minden jelzéshez álljon valaki stopperórával. A futó valamilyen hangos jelre induljon, ekkor az összes megfigyelő indítsa el a stoppert! Amikor a futó elszalad az adott jelzés mellett, a megfigyelő állítsa meg az óráját, és jegyezzétek fel az adott távhoz az időtartamot. Ezek alapján készítsétek el az út-idő táblázatot és grafikont! Végezzetek mérést több társatokkal!

3. ábra: Mérőkísérlet az egyenes vonalú mozgás grafikus ábrázolásához

Ebben a feladatban különösen figyelni kell a függő és független mennyiségek tisztázására. Alapvetően a test elmozdulásához vesszük fel az időadatokat, holott a grafikonon az idő (mint független változó mennyiség) függvényében fogjuk ábrázolni a test elmozdulását, vagy az általa megtett utat. Nagyon fontos, hogy ebben a feladatban a tanulók szinte kézzel foghatóan megtapasztalják az elmozdulás és az idő mérését, és a feladat megoldása során tudatosulnak bennük a grafikus leképezés lépései.

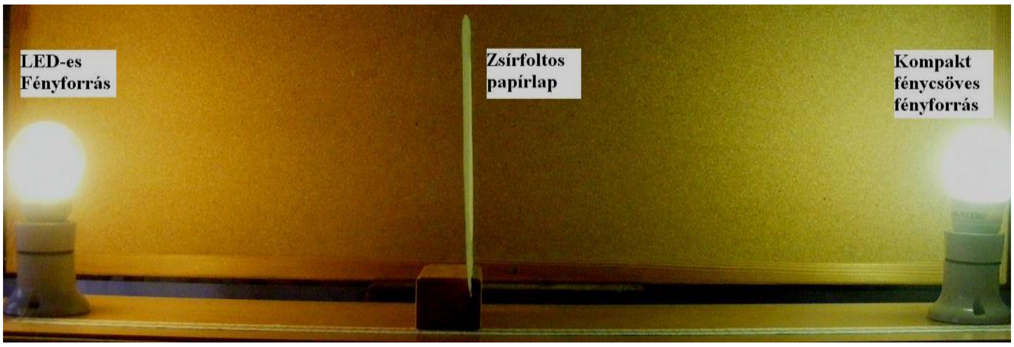
Érdemes a kísérletben résztvevő tanulókat megkérni arra, hogy lehetőség szerint egyenletesen fussanak, hogy az ábrázoláskor minél pontosabban lehessen a pontokra egyenest fektetni. Megbeszélhetjük azt is, hogy melyikük milyen gyorsan fusson, hogy következtethessünk a kapott egyenesek meredekségének és a test sebességének kapcsolatára.

***

Hétköznapi valósághoz köthető feladatok születhetnek már bonyolultabbnak tűnő, alapvetően tudományos igényű feladatokhoz kapcsolódva is. [8] A 2010. májusi emelt szintű érettségi vizsga szóbeli tételsorának egyik mérési feladata az volt, hogy a vizsgázó hasonlítsa össze egy hagyományos izzó és egy geometriailag teljesen hasonló felépítésű kompakt fénycsöves fényforrás relatív fényteljesítményét zsírfoltos fotométer segítségével. Ez a feladat továbbfejleszthető úgy, hogy a másik széles körben elterjedt modern fényforrással, a LED-es fényforrással történjen az összehasonlítás, vagy a két új típusú fényforrás relatív fényteljesítménye kerüljön összevetésre.

Ehhez a mérési feladathoz rövid, de tanulságos számítási feladatokat kapcsolhatunk. Ennek a témakörnek a feldolgozása történhet szakköri keretek között, tanórán csoportmunkában, vagy frontális foglalkozásban is.

A Bunsen által kifejlesztett zsírfoltos fotométer egyszerűen használható a mérés elvégzéséhez. Ha a zsírfoltot csak egy irányból világítjuk meg, a fényforrás felőli oldalon a folt sötétebb, a szemközti oldalon pedig világosabb, mert a zsírfolt fényáteresztő képessége nagyobb, mint az őt tartalmazó papíré. Ha a 4. ábrán látható módon mindkét oldalról megvilágítjuk a fényfoltot, és megtaláljuk a papírlap azon helyzetét, ahol a folt mindkét oldalon azonos fényességű, akkor a folt megvilágítottsága megegyezik.



4. ábra: A mérési elrendezés

Szakirodalmakból (pl. [9]) megtudhatjuk, hogy a folton a fényforrás fényteljesítménye egyenesen arányos a folt és a fényforrás távolságának négyzetével, és hogy a relatív fényteljesítmények aránya az $\frac{\eta_1}{\eta_2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \cdot \frac{P_2}{P_1}$ összefüggéssel számolható ki, ahol η a relatív fényteljesítményt, r a folt és fényforrás távolságát, P a fényforrás elektromos teljesítményét jelenti.

Méréseimhez egy 60 W-os hagyományos izzót, egy MEGAMAN Party Color típusú kompakt fénycsöves (gömb alakú búra, átmérő:6 cm, teljesítmény:6W, élettartam 10000 óra), és egy FORlight típusú, 60 LED-et tartalmazó fényforrást (gömb alakú búra, átmérő: 5,7 cm, teljesítmény:3W, élettartam 50000 óra) használtam.

Első feladatként adhatjuk diákjainknak, hogy méréssel hasonlítsák össze a hagyományos fényforrás és a két modern fényforrás fényteljesítményét, relatív fényteljesítményét, és ezen adatokból jósolják meg a két modern fényforrás relatív fényteljesítményének arányát, majd méréssel ellenőrizzék a számítás eredményét.

A méréseket elvégezve következtethetünk a két modern fényforrás relatív fényteljesítményének arányára. ($\frac{\eta_{komp}}{\eta_{LED}} = \frac{0,32}{0,49} = 0,65$). Ha ezután a mérést elvégezzük, ez a hányados a fenti értékhez közelinek, 0,71-nek adódik. Ha a mért és a számolt eredmény viszonylag közel esik egymáshoz, az eredménnyel elégedettek lehetünk. Figyelembe kell vennünk, hogy a foltok világosságának vagy sötétségének megítélése szubjektív dolog, ezért a kísérlet a relatív fényteljesítmények arányának becslésére alkalmas.

A következő feladatok elméleti jellegűek, de az energiatakarékosságra nevelés szempontjából fontosak lehetnek.

1. *A fényteljesítményeket összehasonlítva hány kompakt fénycsöves, ill. LED-es fényforrás helyettesít egy 60 W-os izzót?*

A fényteljesítmények arányait megfigyelve elmondhatjuk, hogy egy 60 W-os izzót kb. 5 kompakt fénycsöves és kb. 6 LED-es fényforrás helyettesít.

2. *Miért választják az emberek a hagyományos izzót a modern fényforrásokkal szemben?*

Egyrészt azért választják a hagyományos izzókat, mert ugyanakkora fényerősség eléréséhez kevesebbre van belőlük szükség. Másrészt egy izzó ára lényegesen kisebb, és általában a vásárló nem nézi azt, hogy hosszú távon ez a drágább megoldás. (ld. 3. feladat)

3. *Egy hagyományos izzó átlagos élettartama 1000 óra, az általunk használt kompakt fénycsöves fényforrásé 10000 óra, a LED-es fényforrásé 50000 óra. Az izzó ára 90 Ft, a kompakt fénycsöves fényforrásé 1900 Ft, a LED-es fényforrásé 3800 Ft volt. Ha egy szobát a 60 W-os izzó fényerejével szeretnénk megvilágítani napi 8 órán keresztül, hosszú távon*

gondolkodva melyik fényforrás alkalmazását javasoljátok? (1 kWh villamos energia árát számoljuk átlagosan 50 Ft-nak!)

A korábbi mérési eredményeink alapján a számítást elvégezve a LED-es fényforrással 50000 óra alatt kb. 49000 Ft-ot fizetünk az áramért, a kompakt fénycsöves fényforrással kb.85000 Ft-ot, a hagyományos izzóval pedig 154000 Ft-ot.

A számok alapján egyértelműen a LED-es fényforrás mellett érdemes döntenünk

Tapasztalatom szerint élményt jelent diákjainknak az, hogy egy általunk elvégzett órai mérés szolgáltatja a számítási feladat alapját, továbbá hogy ők magyarázhatják el gyakran a környezetükben lévő felnőtteknek a LED-lámpák előnyeit.

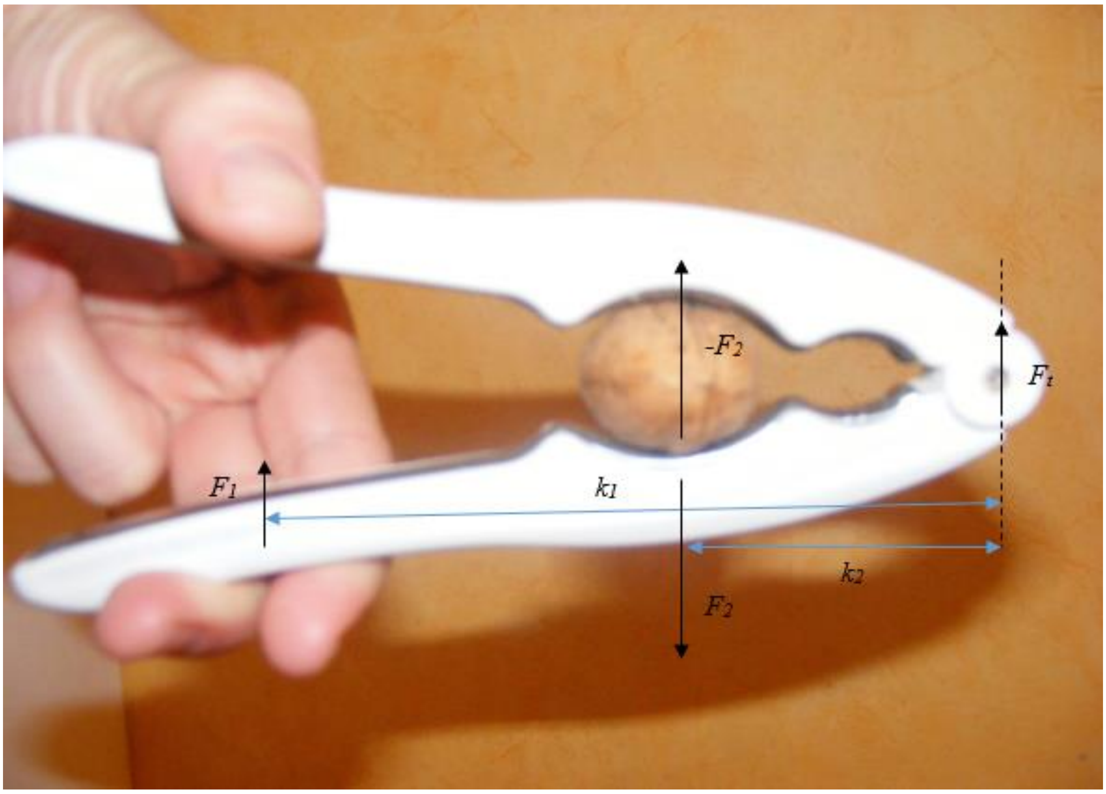
5. Fotók segítségével megadható jelenség alapú feladatok

Bővíthetjük az eddig tárgyalt feladatok körét azáltal, ha a problémát egy kísérletről vagy jelenségről készült fotó adja. A fénykép egyértelmű dokumentuma a jelenségnek, amely sugallja, hogy a hozzá kapcsolódó fizika feladat is valós problémával foglalkozik. Így lehetőségünk nyílik olyan folyamatokat is vizsgálni, amelyeket tantermi körülmények között nem hozhatunk létre, de ezek a feladatok arra is alkalmasak, hogy a problémát a jelenség valós idejétől függetlenül, akár sokkal később is megvizsgálhassuk (pl. egy hét végi fesztiválon látott jelenséget a következő fizikaórán). Ilyen fotós feladatokat megfelelő előkészítés után házi feladatként vagy dolgozatban megoldandó problémaként is feladhatunk.

A feladat alapja tehát a jelenségről készített fénykép, ehhez fogalmazunk meg kérdéseket. Oktatási szempontból különösen értékes, ha a megoldáshoz szükséges adatok a képről leolvashatók, vagy egyszerűen lemérhetők. Ez hangsúlyosan kiemeli a fizikai problémamegoldás és a valóság szoros kapcsolatát. Tapasztalatom szerint a diákokat eleinte meglepi az ilyen típusú feladat, de hamar megbarátkoznak vele. Erről részletesebben a 10. pontban írok.

A statika témakörében tárgyalható a következő kvantitatív feladat.

A következő képen egy diótörő látható „működés közben”. Határozzuk meg, hogy hányszor nagyobb a dióra ható erő az általunk kifejtetthez képest! (5. ábra)



5. ábra: A diótörő alsó szárára ható erők

Az első fontos lépés, hogy a diótörőben felismerje a diák az elvont fogalmat, az egykarú emelőt, és kiválasztva annak egyik szárát berajzolja a rá ható erőket. Az ábrán ezek a diótörő alsó szárán láthatók. Egyensúlyi helyzetben felírhatjuk, hogy

$$F_1 + F_t = F_2$$

és

$$F_1 \cdot k_1 = F_2 \cdot k_2,$$

hiszen az *O* forgásponton áthaladó F_t erőnek nincs forgatónyomatéka.

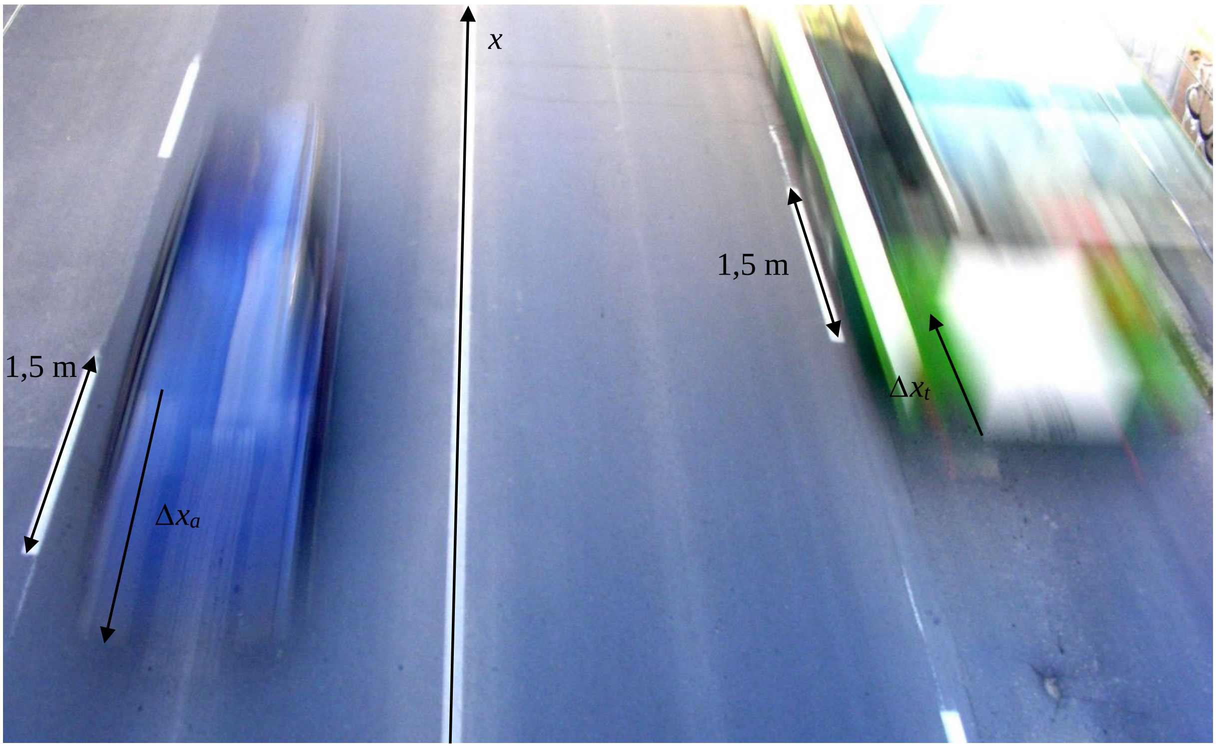
A feladat az $\frac{F_2}{F_1}$ hányadosra kérdez, amely a forgatónyomatékokra vonatkozó összefüggésből megegyezik a $\frac{k_1}{k_2}$ hányadossal. Ezeket a távolságokat a képen vonalzóval lemérhetjük, ezáltal a kérdéses hányados egyszerűen kiszámolható.

A kép alapján a dióra ható $–F_2$ erő kb. 2,3-szer akkora, mint az általunk kifejtett F_1.

***

Megfelelően elkészített fényképpel nemcsak nyugvó, hanem mozgó testek is vizsgálhatók. A következő hosszú expozíciós idővel készült felvételre alapozott feladat erre mutat példát.

A következő képen egy személyautó és egy trolibusz elmosódott fotóját láthatjátok. A felvétel 1/8 másodpercig tartott. A képen látható terelővonalak a valóságban 1,5 m hosszúságúak. (6. ábra) Határozzuk meg a trolibusz autóhoz viszonyított sebességét! (A kép Szegeden készült, ahol a trolibuszok hátulja zöldre van festve, középen egy fehér téglalappal. A jobb oldali jármű hátulján ennek a téglalapnak az elmosódott képe figyelhető meg, melynek ábrán is bejelölt éléből következtethetünk a trolibusz elmosódására.)



6. ábra: A trolibusz és a vele szemben mozgó autó egy hosszú expozíciós felvételen

Először számítsuk ki a két jármű talajhoz viszonyított sebességét! Mivel a terelővonal hosszáról tudjuk, hogy a valóságban 1,5 m, ezért ha a képen vonalzóval lemérjük a járművek elmozdulását, és a mellettük lévő terelővonal hosszát, arányos következtetéssel megkapjuk a járművek valódi elmozdulását. A számítást elvégezve

$$\Delta x_t = 1{,}34 m \text{ és } \Delta x_a = -1{,}90\ m.$$

A felvétel 1/8 másodpercig készült, tehát az elmozdulás és az expozíciós idő hányadosából megkapjuk a járművek talajhoz viszonyított sebességét. Ezek

$$v_t = 10{,}72\ \frac{m}{s} = 38{,}59\ \frac{km}{h} \text{ és } v_a = -15{,}2\ \frac{m}{s} = -54{,}72\ \frac{km}{h}.$$

A trolibusz autóhoz viszonyított sebessége pedig:

$$v_{t,a} = v_t - v_a = 25{,}92\ \frac{m}{s} = 93{,}31\ \frac{km}{h}.$$

***

Megfelelően elkészített állóképeken tanulmányozható a testek mozgása is. Mind a fotóművészetben, mind a fizikában a stroboképek alkalmazása bizonyult erre megfelelőnek. Hagyományosan a stroboképek úgy készülnek, hogy sötét környezetben villogó lámpával világítják meg a mozgó testet, és a hosszú expozíciós képen csak a villanáskor meglévő mozgásfázisok rögzülnek. Ma már LED-es lámpa és jelgenerátor segítségével könnyen gyárthatunk házilag stroboszkópot. Egy ilyen fényforrással készült kép segítségével született meg a következő feladat.

A következő fotón két azonos tömegű és méretű acélgolyó ütközése figyelhető meg. (7. ábra) A folyamatot megvilágító villogó fény periódusideje 43 ms. A matematikai inga 42,5 cm hosszú. (Ez a felfüggesztési pont és a golyó középpontjának távolságát jelenti.)

a.) *Hogyan változik az inga szögsebessége a szögkitéréssel? Adjunk rá elméleti választ és a fotó alapján készítsük el a szögsebesség-szögkitérés grafikont!*
b.) *Mekkora a jobb oldali golyó sebessége az ütközés előtt és a bal oldalié az ütközés után?*
c.) *A kezdeti mechanikai energia hány százaléka veszik el az ütközés során?*

7. ábra: A jelenséget bemutató strobofelvétel

a.) Ha felírjuk a mechanikai energia megmaradásának törvényét az inga mozgására, akkor azt kapjuk, hogy

$$mgl(1 - cos\varphi) = \frac{1}{2}ml^2\omega^2,$$

amiből

$$\omega = \sqrt{\frac{2g}{l}(1 - cos\varphi)}.$$

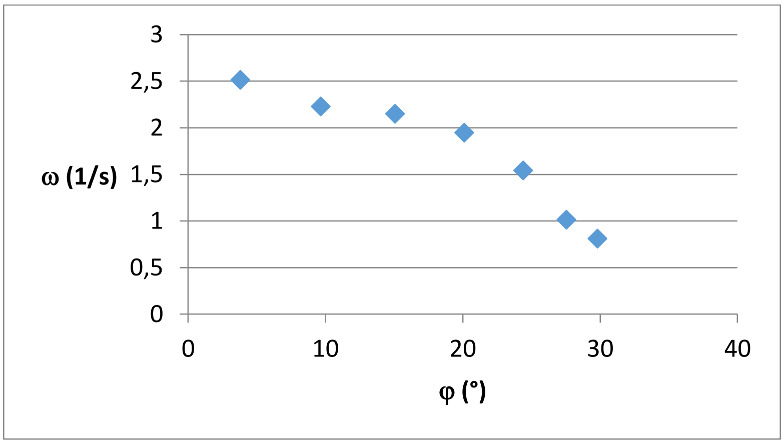
A képen a kezdeti szöget 30,8°-nak mérjük, ezt a fenti összefüggésbe behelyettesítve a szögsebességre 2,55 1/s-ot kapunk.

Ha a fotón lemérjük az egyes szögelfordulásokat is, és ezeket elosztjuk a két felvillanás közti időt jelentő 43 ms-mal, akkor megbecsülhetjük a szögsebesség alakulását is a szögelfordulás függvényében. Az adatokat a táblázat tartalmazza.

φ(°)	φ(rad)	dφ/dt (1/s)
30,8	0,537	
28,8	0,502	0,81
26,3	0,459	1,01
22,5	0,393	1,54
17,7	0,309	1,95
12,4	0,216	2,15
6,9	0,120	2,23
0,7	0,012	2,52

Itt látható, hogy az ütközés előtt a test szögsebességét 2,52 1/s-nak mértük, ami közel található az elméleti értékhez. A csökkenés oka az lehet, hogy a légellenállás nem hanyagolható el, ill. az, hogy ez az érték csupán becslés a szögsebességre, hiszen ez az utolsó időintervallumra számított átlagsebesség. Érdemes az adatokat úgy ábrázolni, hogy a szögsebességeket a szögelfordulás közepéhez tartozó szöghöz rendeljük, pl. a 0,81 1/s-ot a 30,8°-28,8°intervallum feléhez, tehát 29,8°-hoz.

A grafikon a 8. ábrán található.



7. ábra: A szögsebesség alakulása a szögkitérés függvényében

b.) A jobb oldali golyó ütközés előtti sebessége így könnyen kiszámolható, hiszen

$$v_{jobb} = \omega l = 1{,}068\frac{m}{s}.$$

A bal oldali golyó ütközés utáni sebességét a hajítás vízszintes sebességének mérésével kaphatjuk meg. A vízszintes elmozdulásokat megmérjük, ezeket 43 ms-mal osztva jutunk a sebességekhez.

Az adatok:

Δx (cm)	v (m/s)
4,16	0,967
4,19	0,974
4,04	0,940
4	0,930
3,86	0,898

Láthatjuk, hogy a légellenállás hatása nem hagyható figyelmen kívül, így tekintsük az első két adat átlagát az ütközés utáni sebességnek. Ezért

$$v_{bal} = 0{,}971\,\frac{m}{s}.$$

c.) Az energiaveszteség megállapításához elegendő a jobb oldali golyó ütközés előtti, ill. a bal oldali golyó ütközés utáni pillanatnyi sebességének ismerete. Az energiaveszteség ebből már kiszámolható, hiszen

$$\delta = \frac{\frac{1}{2}mv_{bal}^2}{\frac{1}{2}mv_{jobb}^2} = \left(\frac{v_{bal}}{v_{jobb}}\right)^2,$$

és a veszteség pedig 1-δ.

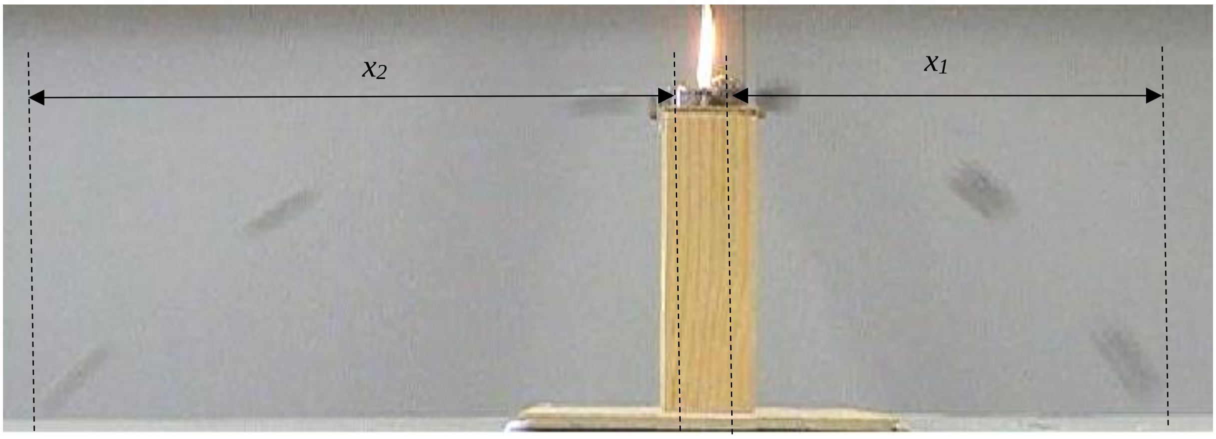
Így az energiaveszteség:

$$1 - \left(\frac{0{,}971}{1{,}068}\right)^2 = 0{,}1734 = 17{,}34\%.$$

***

A digitális kamerák korában nem jelent problémát az sem, ha nem rendelkezünk LED-es stroboszkóppal. Ekkor eljárhatunk úgy is, hogy a gyors folyamatot filmre vesszük, majd azt egy filmszerkesztő program segítségével képkockákra vágjuk, és a megfelelő mozgásfázisokból egy képszerkesztő programmal kollázst készítünk. A következő feladat ezzel a technikával készült.

Az alábbi felvételen (9. ábra) két golyó mozgását figyelhetjük meg, melyeket egy eredetileg összekötött laprugó hozott mozgásba. A golyók különböző tömegűek, a kisebb golyó tömege 37 g. Melyik ez a golyó? Mekkora a nagyobb test tömege?



9. ábra: A két golyó mozgása a rugót összekötő cérna elégetése után

Az ehhez hasonló feladatok az impulzussal, ill. annak megmaradásával kapcsolatos témakörben jól használhatók, a tapasztaltabb diákok tehát a megmaradási törvényt keresik ebben a jelenségben. Mivel a cérnaszál elégetése előtt a rendszer összes impulzusa 0 volt, a szétlökődés után is ugyanennyi marad. A golyók vízszintes hajításnak megfelelő parabolapályáján haladnak, és mivel azonos magasságból indulnak, és így a mozgásuk időtartama megegyezik, a vízszintes irányú elmozdulásaik arányosak a vízszintes kezdősebességeikkel. Mivel a jobb oldali golyó nem repült olyan messze, mint a bal oldali, ezért az ő kezdősebessége kisebb volt, az impulzusmegmaradás törvénye miatt a jobb oldali golyó tömege nagyobb, a bal oldalié kisebb.

Tekintsük a jobbra mutató irányt pozitívnak. Az impulzusmegmaradás törvényét felírva:

$$0 = m_1 \cdot v_1 - m_2 \cdot v_2 \, ,$$

ahol m_1 jelenti a jobbra, m_2 pedig a balra haladó golyó tömegét. Ha az egyenletet beszorozzuk a függőleges irányú mozgás Δt időtartamával, akkor a fenti egyenlet a

$$0 = m_1 \cdot x_1 - m_2 \cdot x_2$$

alakot ölti, és ezeket az x értékeket leolvashatjuk a képről. Szükségtelen a vízszintes irányú elmozdulások valós értékeinek ismerete, hiszen az ismeretlen tömeget kifejezve a két távolság hányadosát kell meghatároznunk. Így

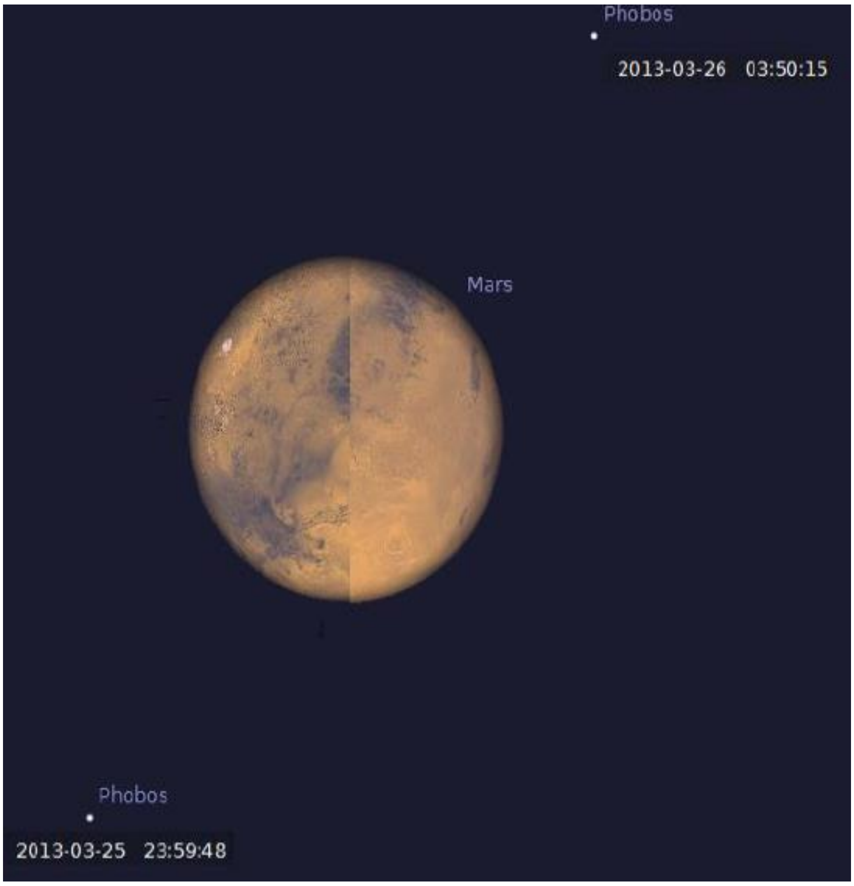
$$m_1 = \frac{m_2 \cdot x_2}{x_1}.$$

A távolságokat leolvasva és a kisebb golyó m_2 tömegét behelyettesítve m_1 értékére kb. 52 grammot kapunk.

***

A Stellarium nevű digitális planetárium program [10] kiválóan alkalmas arra, hogy a tanulóknak figyelemfelkeltő és motiváló képes számítási feladatot készítsünk a csillagászat témakörében. A szabadon letölthető és nyílt forráskódú program megjeleníti az égbolt napi és éves változásait, beállíthatjuk a megfigyelő földrajzi elhelyezkedését és a megfigyelés idejét is, akár több ezer éves időtávlatban. Ha egy csillagászati jelenségről képernyőfelvételt készítünk, az előbb bemutatott módon előállítható az időben változó folyamatot bemutató kollázs. Ilyen feladatok segítségével megmutathatjuk, hogyan állapítják meg a csillagászok egy távoli égitest méretét, tömegét, átlagos sűrűségét, Földünktől való távolságát, stb. A csillagászati szakirodalomból (pl. [11]) megismert módszerek közvetlen bemutatására, alkalmazására is lehetőséget nyújtanak ezek a feladatok. (Dömény Anita és Gyenizse Péter 2016-ban a Fizikai Szemlében arról számol be, hogy a digitális planetáriumokat hogyan használhatják a fizikát és földrajzot tanító kollégák a kerettanterv A-változatához kapcsolódóan. [12] Az általam készített feladatok a B-változatban tanulók számára hasznosak.) A következő probléma egy egyszerű példa erre.

A 10. ábrán látható képen a Mars Phobos nevű holdja látható pályájának két „szélső helyzetében", a periapszisban és az apoapszisban. Tekintsük a pályát körnek, a fél nagytengelyt nevezzük a kör sugarának! (Mivel a pálya excentricitása kicsi, a feltételezés elfogadható.) A képen látható időadatok, valamint a Mars átmérőjének (6805 km) ismeretében határozzuk meg a Mars tömegét és átlagos sűrűségét!



10. ábra: A Mars és a körülötte keringő Phobos

A Mars tömegének meghatározásához a Newton-féle gravitációs törvényből indulhatunk ki.

$$\gamma \frac{m_{Ph} m_M}{r^2} = m_{Ph} \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$$

Itt γ a gravitációs állandó, r a pálya sugara, T a Phobos keringési ideje. Ebből a Mars tömege:

$$m_M = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot \frac{r^3}{\gamma}.$$

A periódusidő megadható a két képen szereplő időadat különbségének kétszereseként, ez jelen esetben

$$T = 27650\ s,$$

az irodalmi adattól való relatív eltérés 0,4%.

A pálya sugarára a Mars átmérőjéből következtethetünk, hiszen lemérhetjük azt a képen, és tudjuk, hogy a valóságban 6805 km. A pálya sugarát is megmérve és a korábban ismertetett arányosságot használva arra 9181,4 km-t kapunk, mely az irodalmi értékhez képest 2%-os relatív eltérést mutat. Ezeket az adatokat a tömegre vonatkozó összefüggésbe írjuk, és a bolygó tömegére

$$m_M = 5{,}99 \cdot 10^{23} kg$$

értéket kapunk, melynek a valódi értéktől való relatív eltérése 6,5%.

A bolygó átlagos sűrűségét a tömegének és a gömbnek tekintett égitest térfogatának hányadosaként kapjuk a következő formula segítségével:

$$\rho_{átl} = \frac{m_M}{\frac{4}{3}R^3\pi} = 3631{,}91\ \frac{kg}{m^3}.$$

A szakirodalmi adattól való relatív eltérés itt már 8,9%.

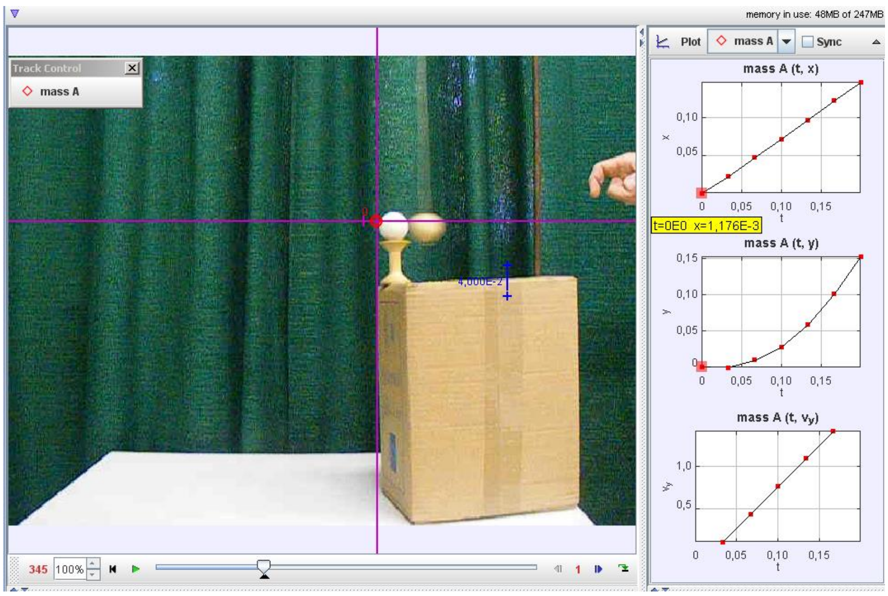
Megfigyelhetjük, hogy a feladat előrehaladtával a relatív hibák egyre növekszenek. Fontos, hogy a tanulókkal erről is beszéljünk. Ennek két oka is van: egyrészt az első részeredményben meglévő hiba terjedése miatt, különösen a magasabb kitevőjű hatványok alkalmazásával; másrészt hibaforrás a kép torzítása is, hiszen a pályát nem teljesen „alulnézetből" tudjuk vizsgálni, ill. a Marsot is tökéletes gömbként kezeljük, pedig nem az. Nagyon fontos, hogy tisztázzuk, hogy a feladat megoldása során az egyes részfeladatokban mekkora hiba esetén fogadjuk el a megoldást, ill. hogy mi az a hibahatár, amit nem léphetünk át a számolás során.

6. Videó felvételek segítségével készített jelenség alapú feladatok

Az előző pontban a stroboszkopikus felvételek kapcsán előkerült már a digitális kamera szerepe a jelenség alapú feladatok körében. Lehetőség van azonban arra is, hogy ne bontsuk fel a jelenségről készített filmet képkockákra, hanem a teljes film segítségével vizsgálhassuk a folyamat időbeli változását. Ehhez rendszerint egy videóelemző szoftverre van szükségünk. Munkám során a Tracker nevű videóanalizáló és modellező programot használtam, mert szabadon hozzáférhető, nyílt forráskódú, és nemcsak a filmen lejátszódó folyamat elemzésére ad lehetőséget, hanem megfelelő matematikai modell felállításával a mozgásegyenlet által várható és a valóságban lezajló mozgás összehasonlítására is. [13]

Videó alapú feladatok eredményesen alkalmazhatók középiskolában, ill. az egyetemi alapozó kurzusokon is. Magam ilyen típusú feladatokkal főként egyetemi oktatóként foglalkoztam. A Tracker program igazi értéke ugyanis a felsőoktatásban használható ki igazán. A program a video analizálásán túl lehetővé teszi, hogy a mozgást a számítógépen modellezzük is, és a modell eredményeit összevessük a videó kísérleti valóságával. A számítógép képernyőjén egyszerre jeleníthetjük meg a valós mozgást és a modell számításból adódó idealizált mozgást Minél jobban fedésbe hozható a két jelölőrendszer, annál jobban mutatja a modell a valóságot. A modell alakításával, vagy a benne szereplő paraméterek változtatásával lehetőségünk nyílik mérési feladatok kitűzésére is. (ld. a 37. oldalon szereplő ping-pong labdás feladatot)

A Tracker program legegyszerűbb alkalmazását, a mozgások kvantitatív vizsgálatát a következő példa szemlélteti. A vízszintes hajítás mint összetett mozgás a program segítségével könnyen leírható. A 11. ábrán látható elrendezésben egy álló fagolyónak ütközik egy ugyanakkora nagyságú és tömegű fagolyó. Az eredetileg álló golyóhoz rögzítjük a koordináta-rendszer kezdőpontját, és megmérjük a mozgásba jövő golyó helyzetének *x* és *y* koordinátáit, melyet a program azonnal grafikusan is ábrázol. Az ábra jobb oldalán található grafikonok közül a felső kettő e két koordináta időbeli változását mutatja. Láthatjuk, hogy az *x(t)* grafikon lineáris, tehát a golyó vízszintes irányban egyenletes mozgást végez. Az *y(t)* grafikon látszólag parabola, tehát az a sejtésünk támadhat, hogy függőleges irányban a golyó mozgása egyenletesen gyorsuló. Hogy erről meggyőződhessünk, a harmadik grafikonon a függőleges irányú sebességet ábrázoltatjuk a programmal. Ez az *y(t)* grafikon alapján numerikus deriválás segítségével áll elő. Mivel a $v_y(t)$ grafikon lineáris, így elmondhatjuk, hogy a mozgás tényleg egyenletesen gyorsuló.



11. ábra: A vízszintes hajítás vizsgálata

A grafikonok részletesebb analízise is elvégezhető. Ennek részeként trendvonalat illeszthetünk a pontokra, és azok egyenleteiből következtethetünk a mozgást jellemző mennyiségekre. Az *x(t)* grafikon meredeksége a vízszintes mozgás sebességét mutatja meg. Az egyenes egyenlete x=0,73t+0,0006, tehát az x-irányú mozgás sebessége 0,73 m/s. A következő két grafikon egyenlete:

$$y = 4{,}83t^2 - 0{,}2t + 0{,}0003,$$

$$v_y = 9{,}66t - 0{,}2.$$

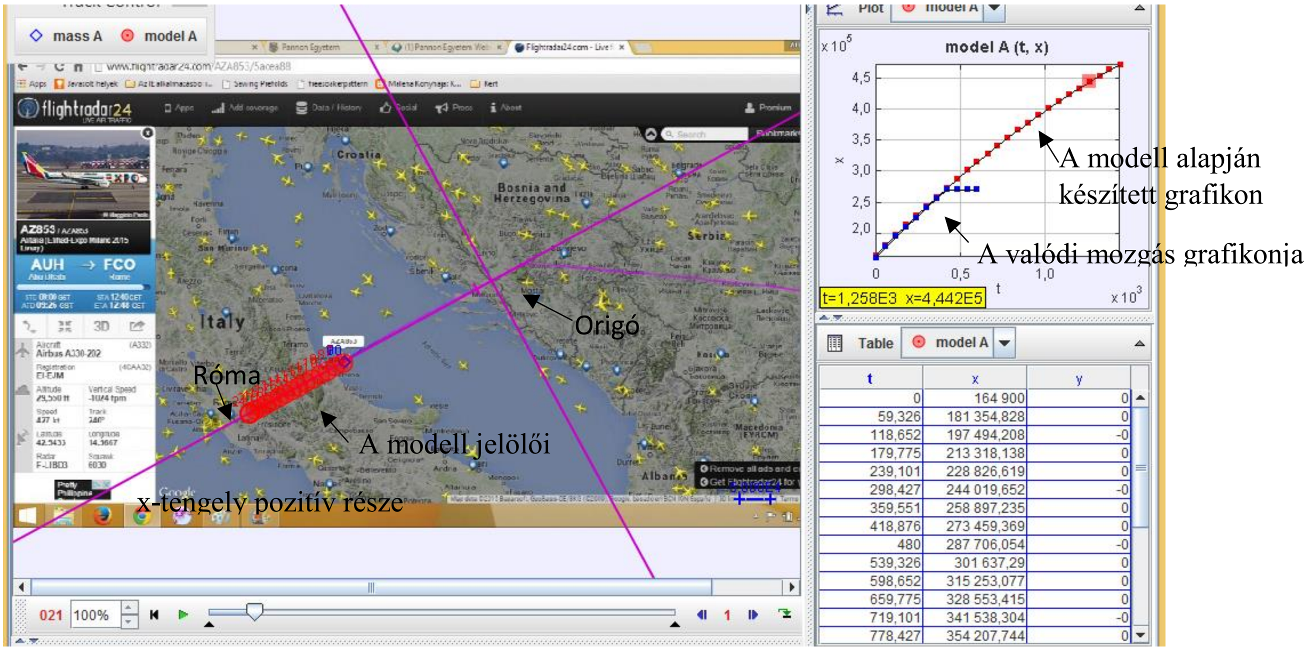
A másodfokú tag együtthatójának kétszerese, valamint a harmadik egyenletben az elsőfokú tag együtthatója a gravitációs gyorsulásra enged következtetni. Ez mindkét esetben 9,66 m/s^2-nek adódik, ami nincs messze az irodalmi értéktől. (Az *y* irányú sebesség egyenletében szereplő -0,2 m/s kezdősebesség a numerikus deriválás hibájából adódik.)

***

A következő két feladat a programbéli modellalkotásba nyújt betekintést.

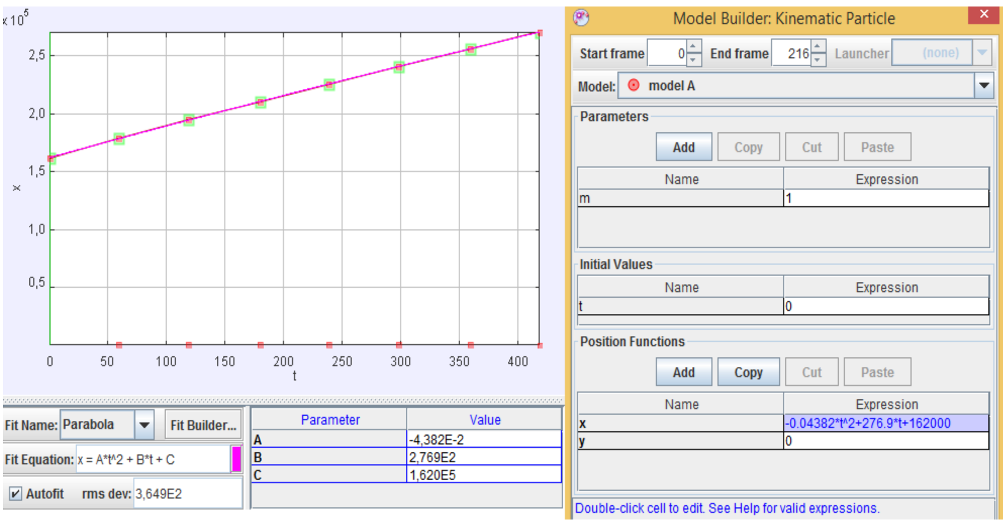
A modellek közül az egyszerűbb a kinematikai modell, melyben nem vizsgáljuk a mozgást kiváltó okokat, hanem az azt leíró kinematikai egyenleteket próbáljuk felállítani, és ennek alapján a mozgást leírni. Az első feladatban a Flightradar24.com című internetes oldalon [14] kiválasztottam egy repülő mozgását a leszállás előtti órában, és nyomon követtem kb. a leszállás előtti 20 percig. Az addigi ismereteim alapján kinematikai modellt állítottam fel a mozgásra és megbecsültem a leszállás várható időpontját. Ezután megkerestem a célállomás repülőterének honlapját, és összehasonlítottam a becsült leszállási időt a valóságossal.

Ebben a példában a római repülőteret választottam ki és a 2015. március 8-án Abu Dhabiból Rómába tartó AZ853 számú járatot. Percenként egy képernyőfelvételt és ezekből egy filmet készítettem, amelyet betöltöttem a programba. A szoftver segítségével előállítottam a mozgás hely-idő függvényét, és a kapott grafikon egyenlete alapján felállítottam a kinematikai modellt. A programba betöltött filmet és a képernyőn látható fontosabb részleteket a 12. ábra mutatja.



12. ábra: A program használat közben

A koordináta-rendszert az ábrán látható módon elhelyezve a gép mozgása az *x*-tengely mentén történik, a test helyzetét a kék jelölők mutatják, akárcsak az *x(t)* grafikonon. Az utóbbin látható vízszintes vonal annak köszönhető, hogy ott már a gép mozgása nem ismert, tehát a film utolsó részében álló testet látunk. A film meghosszabbítására azért volt szükség, hogy a modellt tovább futathassam, és lássam, mikor érik el a jelölői Róma városát. A mozgásról készített *x(t)* grafikon pontjaira trendvonalat illesztettem. Az egyenesnél jobban illeszkedett a pontokra a parabola, amiből az következik, hogy a mozgás egyenletesen lassulónak tekinthető. A 13. ábra bal oldalán a parabola egyenletének meghatározása látható, a jobb oldalán pedig az ebből készített modell megalkotása.



13. ábra: A parabola egyenlete és a belőle felállított kinematikai modell

A kinematikai modellben felállított egyenlet alapján a mozgást ugyancsak kirajzoltattam a képernyőre, ezt a piros jelölők mutatják. Mivel a modell időben akármeddig (legfeljebb a film végéig) futtatható, ezért a jelölők akkor is megjelennek a filmen, amikor már a gép mozgásáról nincs információnk. Amikor a piros jelölők elérték Rómát, a grafikonok alatt található táblázatból leolvastam a leszállás modell által jelzett időpontját. Ez 12:42 perc lett. A repülőtéri információk alapján menetrend szerint a leszállás 12:40-kor következett volna be, ám 12:57 perckor landolt a gép. A repülőtértől távol figyelve az eseményeket a gép nagyjából menetrend szerint haladt. A késés oka a repülőtér környékén lehetett, amit már a filmről nem lehetett leolvasni, talán torlódás a kifutópályán, vagy a légköri viszonyok voltak olyanok, amelyek a mozgás jellegének megváltoztatására késztették a gépet.

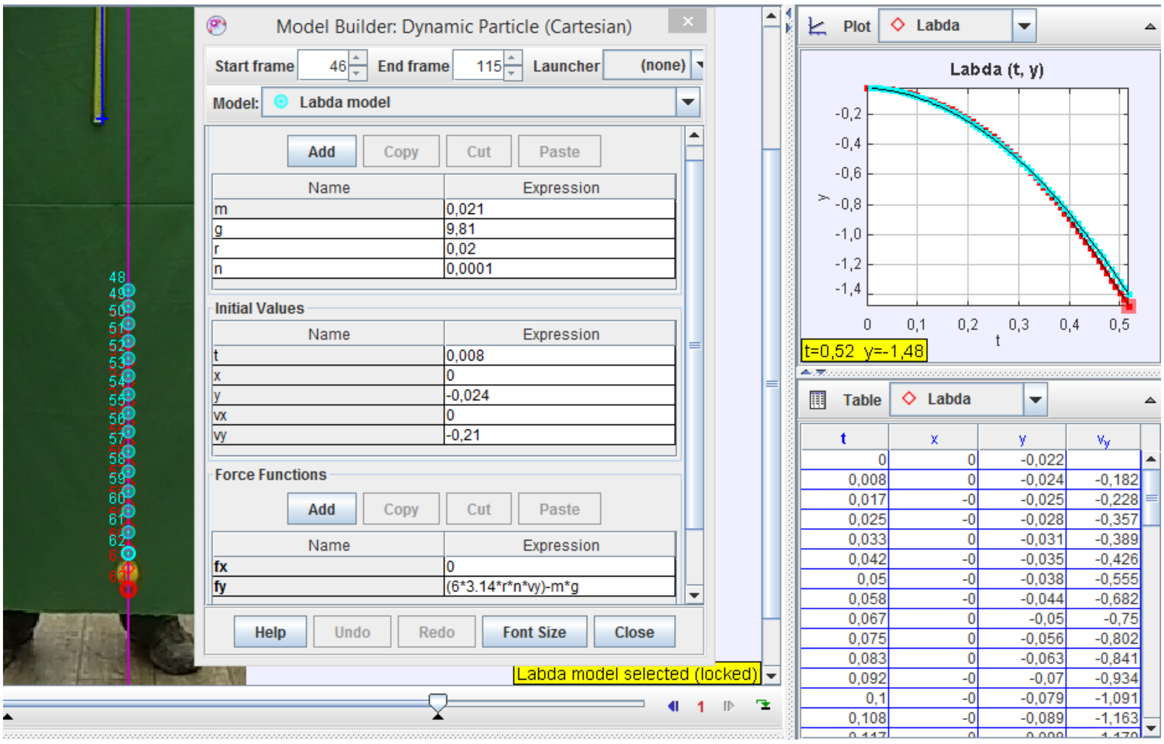
***

Még érdekesebbek azok az esetek, amikor a mozgást befolyásoló hatásokat is vizsgálva dinamikai modellt állítunk fel a szoftver segítségével. Ebben a feladatban egy szabadon eső ping-pong labda mozgását vizsgáljuk. Mivel a labda üreges, viszonylag nagy átmérőjű és kis tömegű, már rövid idő múlva megfigyelhetjük mozgásánál a légellenállás befolyásoló hatását. Tehát ha a dinamikai modellünkbe csak a gravitációs erőtörvényt írjuk be, a két jelölőrendszer hamar eltér egymástól. A légellenállás szerepének figyelembe vételével azonban feladatul tűzhetjük ki a Stokes-törvényben szereplő dinamikai viszkozitási együttható becslését.

Kb. 2 m magasságból ejtettem le a ping-pong labdát, és vizsgáltam annak mozgását. Ha gömb alakú test nem túl nagy sebességgel zuhan a levegőben, akkor a légellenállás a Stokes-törvénnyel írható le, így a mozgásegyenlet a következő formát ölti:

$$ma = mg - 6\pi\eta r v,$$

ahol a labda *m* tömegét és *r* sugarát a hallgató megmérte, a *v* pillanatnyi sebességét a program számolta ki, az η viszkozitási együttható becslése volt a cél. A kísérletről készített filmet betöltöttem a programba, megmértem a szükséges adatokat, és felállítottam a dinamikai modellt. A legfontosabb információk a 14. ábráról olvashatók le.



14. ábra: A film, a modellkészítő és a grafikonok egy képernyőn

Az első lépés a mozgás elemzése volt, ez alapján kerültek a kép bal oldali részére a piros jelölők, ennek segítségével rajzolódott ki a jobb oldalra a grafikon piros vonala. A következő fontos feladat a dinamikai modell felállítása volt. A modellalkotást segítő párbeszédpanel a képernyő közepén látható. Ennek felső részébe kerültek a mozgást befolyásoló paraméterek, a test tömege, sugara, a gravitációs gyorsulás és a viszkozitás. Az első három ismert volt, az utolsót próbálgatással határoztam meg a későbbiekben leírt módon. A panel alsó részébe írtam be az erőtörvényt. Mivel a mozgás csak az *y*-tengely mentén történik, ezért csak *fy* sorát kellett használni. A feladatban az *y*-tengely felfelé mutat, ennek megfelelően került az egyenlet a megfelelő sorba. Mivel a mozgást nem az első képkockától vizsgáltam, ezért a kezdő időpillanat és a kezdeti sebesség 0-tól különböző érték lett, ezt a mozgás analízisével határoztam meg. Ezek a kezdő adatok láthatók a párbeszédpanel középső részén.

A modellt futtatva megjelentek a filmen a zöld jelölők, és a program a jobb oldali részen egy koordináta-rendszerben jelenítette meg a valódi mozgás és a modell grafikonját. A célom az volt, hogy ezt a két grafikont (és a filmen a piros és zöld jelölőket) a lehető legpontosabban fedésbe hozzam. Ezt η értékének változtatásával tudtam megtenni. A modellalkotó panelben a viszkozitás értékét finoman változtatva a két grafikon fedésbe hoztam. Amikor ezt a legpontosabbnak véltem, akkor a beírt számot tekintettem a viszkozitás értékének. Az ábráról leolvasható, hogy 0,0001 kg/ms lett a viszkozitás becsült értéke. Ez az irodalmival nagyságrendi egyezést mutat, ezért a becslés sikeresnek mondható. (Ez egyben alátámasztja a Stokes-törvény használatának jogosságát is. Próbálkoztam a négyzetes közegellenállási törvény használatával is, de a két grafikont nem tudtam szépen fedésbe hozni. Ez is megerősíti a Stokes-tétel választásának helyességét.)

***

A Tracker program segítséget nyújthat olyan folyamatok elemzésében is, amelyben egy filmen kijelölt terület fényességváltozása hordozza az információt. Erre mutatok példát a következő feladattal. [15]

A tanulók gyakran tesznek fel olyan kérdéseket, hogy hogyan lehet megmérni az égitestek tömegét, vagy honnan tudjuk, hogy egy távoli csillag felszínén mekkora pl. a gravitációs gyorsulás nagysága. Ezekre a kérdésekre középiskolában is tanult módszerek segítségével választ tudunk adni. A most bemutatott videó alapú feladat egy napjainkban aktuális kutatási terület, az exo-bolygó kutatás eredményeit hívja segítségül.

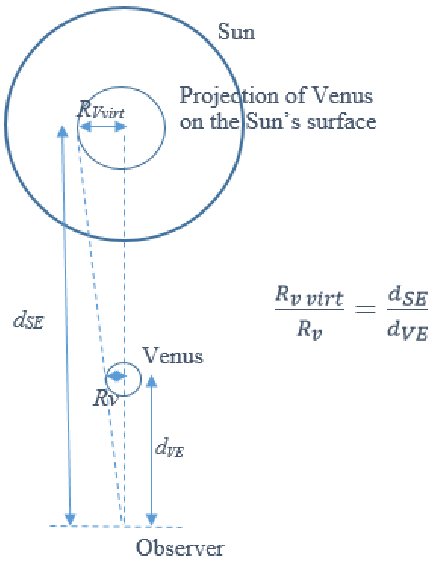
A [16]-ban megadott film a Vénusz átvonulását mutatja a Nap előtt 2012. június 6-án, ebből kivágható a látható fény hullámhossztartományában készült részlet. Mivel a Vénusz eltakarja előlünk a napkorong egy részét, fényessége ezen idő alatt kisebb lesz. Mérjük meg a Tracker-program segítségével a korong fényességének időbeli változását! A Nap átmérőjének és a jelenség időtartamának ismeretében becsüljük meg a Vénusz átlagos pálya menti sebességét, valamint a Nap felszíni gravitációs gyorsulását! (A Vénusz mozgását közelítsük egyenletes körmozgással, és a Nap forgásától tekintsünk el!)

A feladat megfogalmazásában említett ún. fedési módszert napjainkban az exobolygó-kutatásban alkalmazzák. Mint aktuális kutatási területnek széleskörű irodalma van. Innen megtudhatjuk, hogy a fényességgörbéről megbecsülhető az anyacsillag (jelen esetben a Nap) és a körülötte keringő bolygó (most a Vénusz) sugarának aránya, és a keringés sebessége is. Ha I_1 jelenti az anyacsillag fényességét a fedés előtt és után, I_2 pedig a fedés közben, akkor a csillag R_S és a bolygó R_P sugarainak arányára igaz a következő összefüggés: [17]

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_S^2}{R_S^2 - R_P^2}.$$

(Ez a képlet arra az esetre vonatkozik, amikor a csillag és bolygója igen messze található a Földtől, így a két égitest tőlünk való távolsága egyenlőnek vehető. Ez természetesen a

Vénusz és a Nap esetére nem áll fent. A Vénusz vetületét látjuk a napkorongon, így a bolygó sugarát nagyobbnak mérhetjük a valós értéknél, ahogy azt a 15. ábra mutatja.

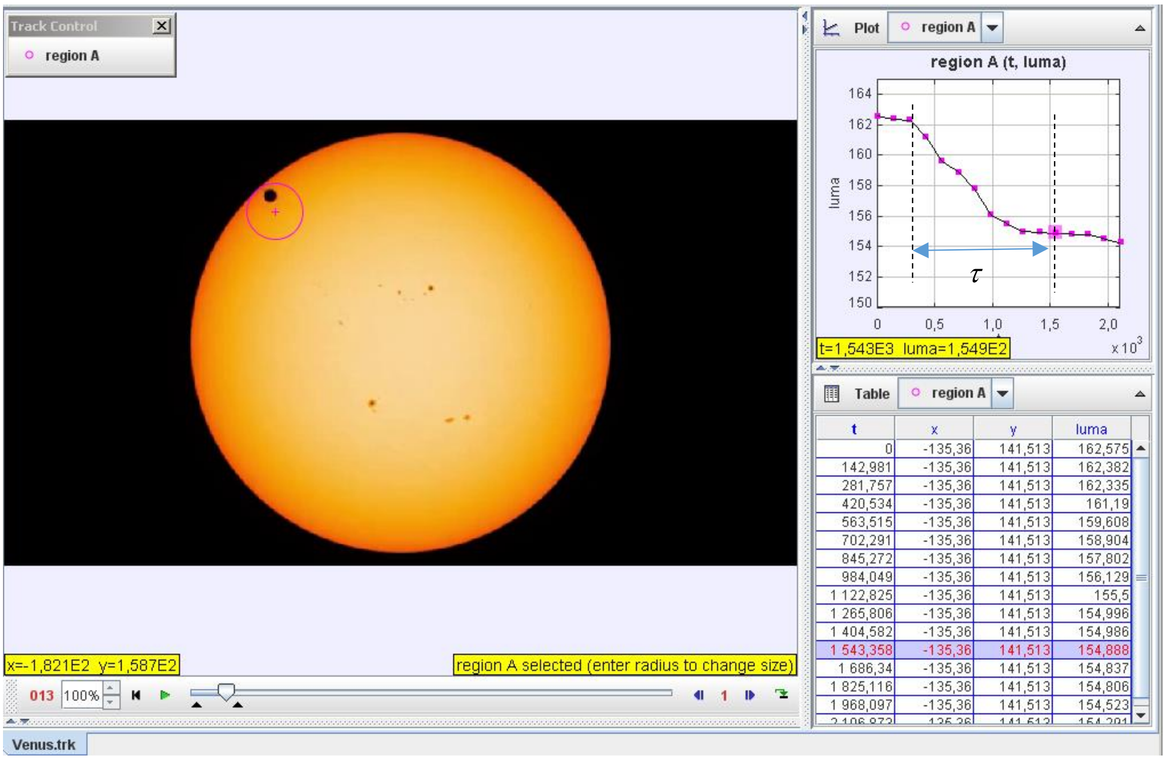


15. ábra: A Vénusz látszólagos sugarának meghatározása

A film alapján a Vénusz R_{Vvirt} látszólagos átmérőjére következtethetünk. Most az előző összefüggésben a csillag sugara a Nap valódi, míg a bolygó sugara a Vénusz látszólagos sugarára utal. Ha a 15. ábrán látható formulába beírjuk a megfelelő távolságokat, azt kapjuk, hogy a Vénusz látszólagos sugara a valódinak kb. 3,61-szorosa. Ha a képen vonalzóval lemérjük az égitestek átmérőit, és ezek arányát összevetjük a valós adatokkal, hasonló eredményre jutunk.)

A Tracker-program lehetőséget nyújt arra, hogy a filmen egy kijelölt terület átlagos fényességét megmérjük, és ábrázoljuk az idő függvényében. A programban a képpont fényességére jellemző érték az ún. *luma,* mely a képpont színétől független. Egy terület átlagos fényességét is ez alapján számolja a program, melyet az RGB Region nevű menüpont segítségével indíthatunk el. [18]

A felvételen a Vénusz átvonulása közben a Nap fényessége nemcsak az átvonulás miatt változik, valószínűleg a film készítésének körülményei okozzák a fényesség ingadozását. Emiatt ha a teljes napkorongot jelöljük ki a képen, a fényesség időbeli változásáról szóló grafikon zajjal terhelt, így nehezen értelmezhető. Ezért a film elemzésekor érdemes a napkorong szélén egy kb. 30 pixel átmérőjű területet kijelölni a Vénusz belépésének helyén, mert itt a háttér fényessége homogénnek tekinthető, és ennek változását tényleg a Vénusz okozza. (16. ábra)



16. ábra: A fényesség változásának vizsgálata az idő függvényében

A fenti összefüggés alkalmazásakor vigyáznunk kell, hogy itt R_s = 30 pixel, és a Vénusz látszólagos sugarát is pixelben kapjuk. A programban azonban lemérhetjük a Nap átmérőjét ugyanebben a mértékegységben, így a két égitest sugarának összehasonlítására már lehetőség nyílik. Az elemzést elvégezve kapjuk, hogy

$$R_{Vvirt} = 0{,}0286 R_{Sun}.$$

A Vénusz átlagos pályamenti sebességét megkaphatjuk, ha lemérjük a napkorong elé úszásának τ idejét az 16. ábra grafikonja és az alatta lévő táblázat segítségével, a következőképp:

$$v = \frac{D_{Vvirt}}{\tau} = \frac{2 \cdot 0{,}0286 \cdot R_{Sun}}{\tau} = 35{,}46 \, \frac{km}{s}.$$

A kapott érték relatív eltérése az irodalmi adattól 1,2%.

Az eddigi adatok segítségével azonban képesek vagyunk arra is, hogy becslést adjuk a Nap felszínén mérhető gravitációs gyorsulásra is! Ha a Nap forgásától eltekintünk, akkor a g értéke a felszínén a következőképp határozható meg:

$$\gamma \frac{M_{Sun} m}{R_{Sun}^2} = mg \to g = \gamma \frac{M_{Sun}}{R_{Sun}^2},$$

ahol γ a gravitációs együtthatót jelenti. A Vénusz Nap körüli keringésére pedig az alábbi összefüggés írható fel:

$$\gamma \frac{M_{Sun} M_V}{r^2} = M_V \frac{v^2}{r} \to \gamma M_{Sun} = v^2 r,$$

ahol v jelenti a Vénusz pályamenti sebességét, r pedig a Vénusz és a Nap távolságát.

Ha a Vénusz mozgását egyenletes körmozgásnak tekintjük, akkor igaz, hogy

$$v = \frac{2r\pi}{T} \to r = \frac{vT}{2\pi},$$

ahol T a Vénusz keringési ideje a Nap körül.

Az eddigi egyenleteket összevetve és a pályamenti sebességre a kapott értéket beírva kapjuk, hogy

$$g = \frac{T \cdot v^3}{2\pi \cdot R_{Sun}^2} = 284{,}4\ \frac{m}{s^2}.$$

A kapott eredmény relatív eltérése az irodalmi adattól 3,8%-os.

7. Jelenség alapú feladatok készítése az Audacity program segítségével

Az 5. és a 6. pontban olyan feladatokat ismertettem, ahol a jelenséget nem közvetlenül figyeltük meg, hanem a róla készült dokumentum (fotó vagy videó) szolgált alapul a kitűzött feladat számára. Ebben a pontban hasonló problémákat mutatok be, de most a jelenség hangjának rögzítésével hozhatjuk létre a dokumentumot. A hang elemzéséhez az Audacity programot használtam.

Az Audacity egy szabad és nyílt forráskódú többplatformos hangszerkesztő program. Eredeti alkalmazása digitális hangfájlok szerkesztése (kivágás, másolás, beillesztése), hangeffektusok létrehozása, zajeltávolítás, hangelemzés, stb. [19] A fizika tanításával foglalkozó szakemberek hamar rájöttek a programban rejlő lehetőségekre, és sok írás született a fizika órákon és szakkörökön való alkalmazási lehetőségeiről. A jelenség alapú feladatok készítésénél a program leghasznosabb tulajdonsága az, hogy ezred másodperc pontosságú időmérést tesz lehetővé. Ha a jelenségről hangfelvételt készítünk (akár a program segítségével, akár más eszközzel), és ezt a programba beolvassuk, a kialakuló hangdiagram alapján egy esemény bekövetkezésének időpillanatát, vagy két esemény időbeli távolságát könnyen meghatározhatjuk. Ezekben a feladatokban részletesen kell ismerni a mérési elrendezést ahhoz, hogy a problémát meg tudjuk oldani, ugyanis a hangdiagram a jelenség időbeli lefolyását mutatja csak, térbeli információk nem állnak a megoldó rendelkezésre. Így ezeket a feladatokat vagy közvetlenül a jelenség valódi megfigyelése után érdemes megoldani, vagy ha időben később szeretnénk feladni diákjainknak, akkor a pontos körülményekről részletes leírást kell adnunk. Erre két példát a 8. pontban mutatok be.

8. Jelenség alapú feladatok egy speciális alkalmazása: a virtuális labor

Az eddigiekben olyan feladatokat mutattam be, melyek a valóságban lejátszódott jelenségeken alapultak, az ezekről készült dokumentum jelentette a feladat bázisát. Ezekből a feladatokból feladatgyűjteményt készítettem. Ebben a fejezetben olyan problémákat ismertetek, melyek szellemiségében az eddigiekhez hasonlók, de felhasználásuk célja egészen más. Az emelt szintű érettségi speciális feladata a mérési gyakorlatok végzése. Ehhez a feladattípushoz rendelkezni kell a diákoknak azokkal a kompetenciákkal, melyek a mérés elvégzésére és az adatok kiértékelésére teszik őket képessé. A Virtuális labor című munkámmal az erre való felkészülésben szeretném segíteni őket. Számítógépes háttérrel támogatom meg az órákon zajló, valódi kísérleti munkát.

A TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0002 pályázat keretében a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai és Bionikai Karának szervezésében középiskolai tanárokból álló munkacsoport tehetséggondozó oktatási programcsomagot dolgozott ki egyetemi továbbtanulásra készülő középiskolás diákok számára. Ennek tagjaként vállalkoztam arra, hogy elkészítek egy olyan mérési feladatgyűjteményt, amely segíthet a diákoknak az emelt szintű érettségin szükséges mérési kompetencia megszerzésében. Munkámat azonban nem kizárólag a diákoknak készítettem, sőt bízom benne, hogy tanárok és tanulók együtt használják.

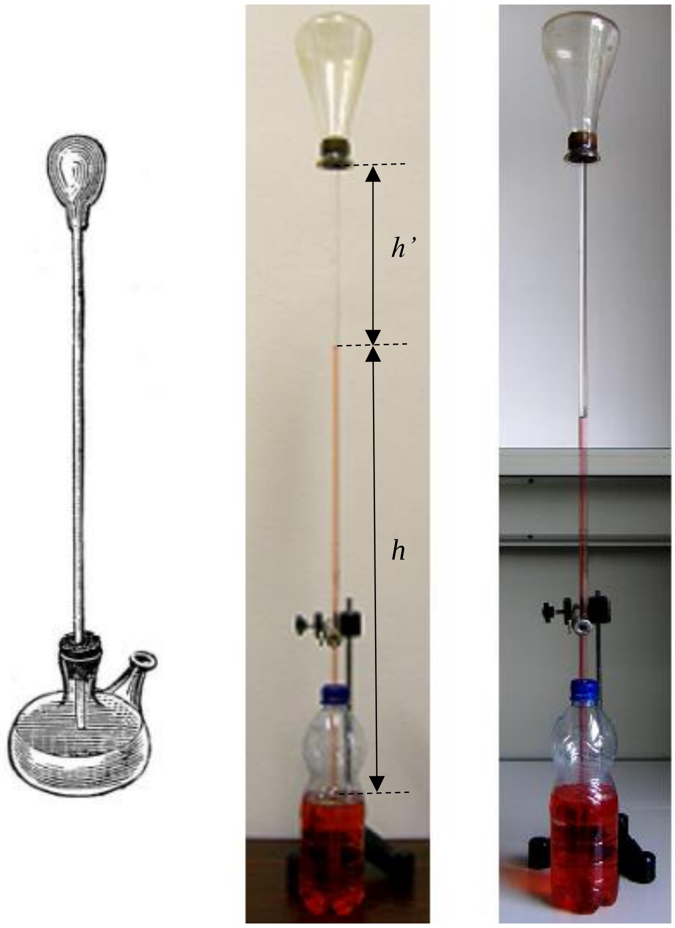
Négy fontos célt tűztem ki magam elé:

- Segíthessek abban, hogy a mérőkísérletekre a tanulók ne az érettségi előtti utolsó évben kezdjenek felkészülni, hanem ezek jelenléte a fizikatanulás folyamatának szerves része legyen kilencedik osztálytól fogva. Ezért a feladatgyűjteménybe a teljes fizikaanyagból válogattam méréseket.
- Ha egy szaktanár egy olyan mérést szeretne az órán elvégezni, amelyhez a szertárában nincsenek meg az eszközök, akkor találhasson egy elvégezett mérésről szóló dokumentumot, amely alapján a mérés „reprodukálható”, és az adatok kiértékelését a diákokkal már közösen elvégezheti. (Ez a reprodukció sohasem lesz olyan jó és látványos, mintha a kísérletet valós eszközökkel végzi el a tanórán, de szükség esetén mégis jól jöhet!) Itt fontos volt számomra, hogy az ilyen feladatot ne egy számítógépes szimuláció helyettesítse, hanem a diákok tapasztalják meg, hogy az eredeti mérés egy valós objektumon zajlott, a reprodukció a mérésről készített fotó, video- vagy hangfelvétel, esetleg mérési eredményeket tartalmazó táblázat alapján történjen meg.
- A diákoknak önálló munkában, tanári felügyelettel, legyen lehetőségük a méréstechnika elemeinek gyakorlására. Találhasson a tanár egy órán elvégzetthez hasonló mérést a feladatgyűjteményben, amelyet házi feladatként feladhat, és a diákok az órai tapasztalatokra támaszkodva gyakorolhassák a mérések elvégzésekor és kiértékelésekor használatos fogásokat.
- A tanárnak legyen lehetősége lemérni, hogy a diákjai mennyire sajátították el az előző pontban említett technikai elemeket. Ha valaki rendszeresen végez méréseket tanulóival, akkor jogos igény merül fel arra, hogy felmérje ezen irányú munkájának hatékonyságát és eredményességét. Ha dolgozatfeladatul egy, az órán elvégzetthez hasonló, reprodukálható mérést választ, akkor a felmérés valós képet adhat a diákok méréstechnikai jártasságáról.

A feladatgyűjtemény szorosan kapcsolódik a 2013. évi emelt szintű érettségi mérési feladataihoz, azokat is tartalmazza fénykép vagy videó formájában. Minden feladat mellé 2-3 hasonlót is készítettem, amely vagy a jelenséget leíró törvényben, vagy a mérés elvégzésének vagy kiértékelésének módjában szorosan illeszkedik az érettségi feladathoz.

A gyűjteményben összesen 54 feladatot találunk, ezek közül 34 a saját munkám. A feladatokat 18 csoportba osztottam, így a tanárok témák szerint könnyebben válogathatnak a mérések között. A feladatgyűjtemény a PPKE ITK honlapján elérhető. [20] A következőkben néhány feladaton keresztül szeretném bemutatni, hogyan lehet a fent említett célokat megvalósítani ebben a munkámban.

Az első hőmérő elkészítése Galilei nevéhez kötődik. A tudományos neve Galilei-féle barotermoszkóp, melyből láthatjuk, hogy működését befolyásolja a légnyomás is, és elsősorban a hőmérséklet változását mutatja, de mérni is lehet vele. A korabeli rajz mellett látható az egyszerűen elkészíthető változat is. (17. ábra)



17. ábra: A Galilei-termoszkópról készült rajz, és egyszerűen elkészített modellje.

Egy lombikhoz gumidugón keresztül hosszú üvegcsövet kötünk. A lombikban lévő levegőt melegíteni kezdjük, ezután a cső másik végét színezett vízzel teli edénybe helyezzük, és a csövet rögzítjük. Ahogy a lombikban lévő levegő hűlni kezd, nyomása csökken, és a csőbe víz áramlik fel. A képen látható PET-palack oldalát a folyadék felett több helyen kilyukasztottuk, hogy a vízszint felett mindig a külső levegő nyomása legyen.

A „Nyersanyagok” című mappában két kép található. Az egyiken a termoszkóp egy hűvösebb szobában (17. ábra középső kép), a másikon ugyanaz egy melegebb laborban áll (17. ábra jobb oldali kép). A hűvösebb szoba 20 °C-os, a levegő nyomása 1021 hPa volt. Az egész termoszkóp 1 m magas. A cső belső átmérője 5 mm, a lombik teljes térfogata 355 cm³. A feladat annak megállapítása, hogy mekkora volt a levegő hőmérséklete a melegebb helységben.

Az eszközben a lombikba zárt levegő p_{lev} és a csőben lévő víz nyomása tart egyensúlyt a külső levegő nyomásával. Ezért felírhatjuk, hogy

$$p_0 = p_{lev} + h\rho_{víz}g,$$

ahol p_0 a külső levegő nyomása, h pedig az ábra szerint a folyadékoszlop magassága.

A bezárt levegő térfogatát úgy számolhatjuk ki, hogy a lombik térfogatához hozzáadjuk a csőben lévő levegő térfogatát, azaz

$$V_{lev} = r^2\pi h' + 355\ cm^3,$$

ahol h' a levegőoszlop ábrán is jelölt magassága.

A melegítés során a levegőnek mindhárom állapotjelzője megváltozik, ezért állapotváltozását az egyesített gáztörvény segítségével tudjuk leírni. Meg kell tehát határoznunk a bezárt levegő nyomását és térfogatát a két állapotban, és felhasználjuk még azt, hogy a hidegebb szobában a levegő 20 °C-os volt. A nyomás és térfogatadatokhoz ki kell számolnunk a folyadékoszlop valódi hosszát, melyet arányosságok alkalmazásával annak ismeretében kapunk meg, hogy a termoszkóp valódi magassága 1 m. A víz sűrűségét vegyük 1 g/cm³-nek!

Az eredmények:

	hidegebb	melegebb
$p_{víz}$ (Pa)	4865,76	4022,1
p_{lev} (Pa)	97234,24	98077,9
V (cm³)	358,87	360,53

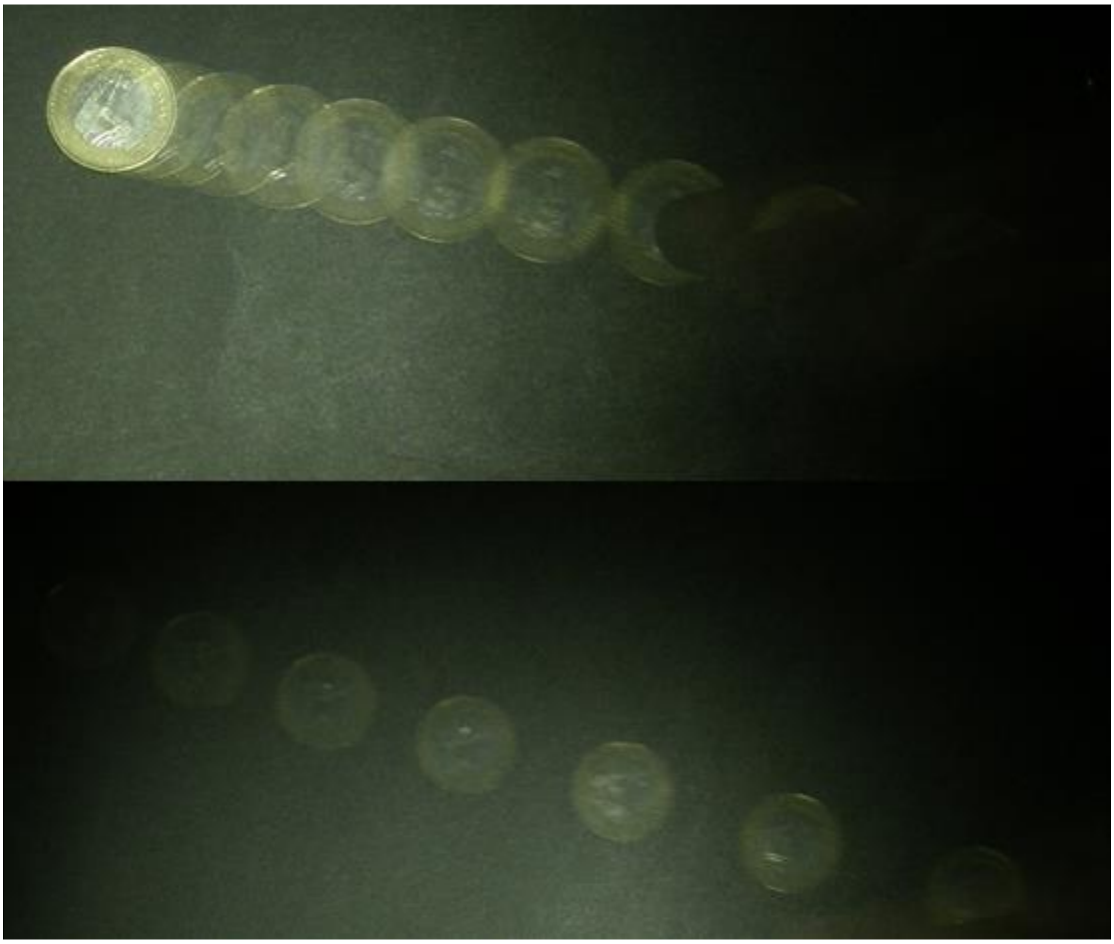
Felírjuk az egyesített gáztörvényt, és kifejezzük belőle T_2-t:

$$T_2 = \frac{p_2 V_2 T_1}{p_1 V_1}.$$

Az adatokat behelyettesítve a melegebb helység hőmérsékletére 296,9 K-t, azaz 23,9 °C-ot kapunk.

***

A 18. ábrán egy vízszintes fekete kartonpapíron csúszó 200 forintos érméről láthatunk stroboszkopikus felvételeket. A fény villogásának periódusideje 36 ms volt. Határozzuk meg a pénzérme és a papírlap közt lévő csúszási súrlódási együttható értékét! (A 200 forintos tömege 9 g, átmérője 28,3 mm.)



18. ábra: A fekete kartonlapon csúszó pénzérméről készített strobofelvétel

A csúszó pénzérmét vízszintes talajon csak a csúszási súrlódási erő lassítja, így

$$ma = -\mu m g,$$

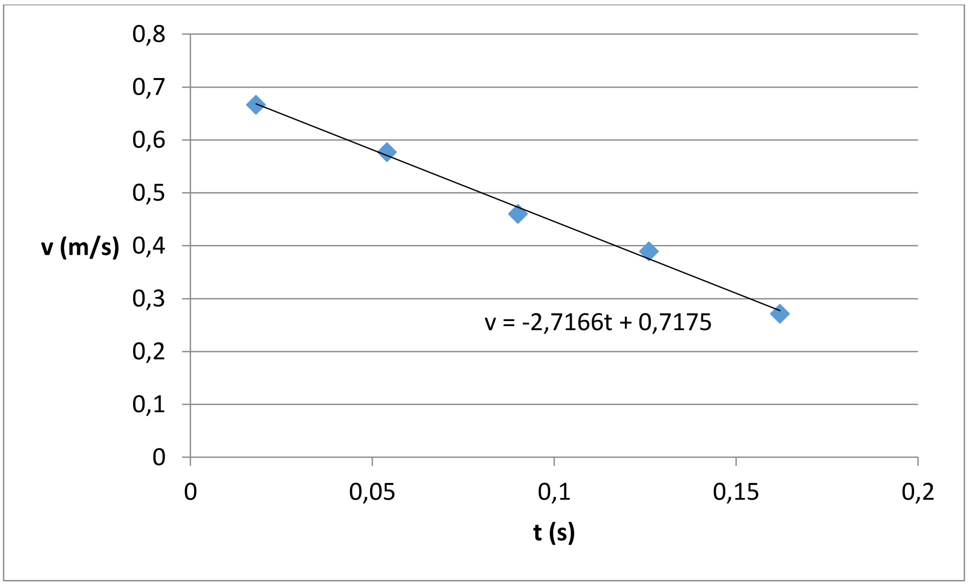
amiből

$$\mu = -\frac{a}{g}.$$

Nincs más feladatunk, mint a fotókon végzett mérések alapján elkészíteni a mozgásra jellemző sebesség-idő grafikont és erről meghatározni a test gyorsulását. A két felvétel ugyanolyan körülmények között készült, így két mérésnek tekinthető. Az itt kapott eredmények átlagát vesszük majd a csúszási súrlódási együttható értékének.

Az első felvétel adatai és a grafikon (19. ábra):

Δx (mm)	Δx/Δt(m/s)	t' (s)
23,99	0,667	0,018
20,78	0,577	0,054
16,57	0,460	0,09
14,0	0,389	0,126
9,76	0,272	0,162



19. ábra: A pénzérme mozgásának sebesség-idő grafikonja

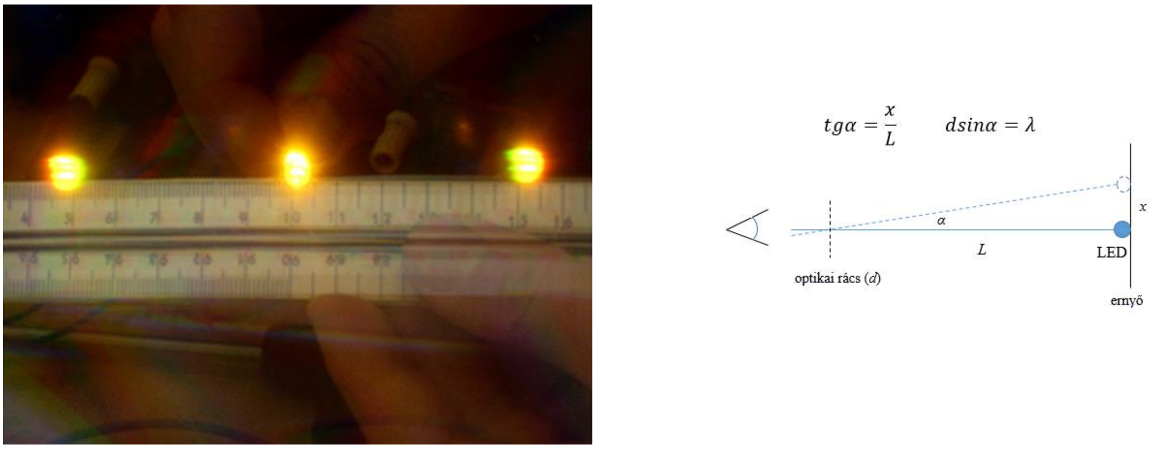
Így az első esetben a csúszási súrlódási együttható: μ=0,272.

A második kép adatai alapján μ=0,332, így a két érték átlaga alapján a súrlódási együtthatót 0,302-nek vehetjük. (Természetesen minél több képet készítünk, annál pontosabb értéket kapunk.)

***

Ugyancsak a virtuális laborban kapott helyet a látható és az infravörös fény hullámhosszának mérésére vonatkozó feladat, melynek alapja egy LED-ről diffrakciós rácson keresztül készült felvétel. A következőkben nemcsak a feladatot ismertetem, hanem a jobb érthetőség kedvéért a fotó elkészítésének módját is. [8]

Színes LED mellé helyezzünk cm-skálát (fehér papír-mérőszalagot vagy vonalzót)! A LED-et igazítsuk pl. a 10 cm-es osztásvonalához! Távolodjunk el a LED-től 1-2 méter távolságra, majd nézzünk a világító LED-re úgy, hogy közvetlenül egyik szemünk elé optikai rácsot tartunk! Ha a rács osztásvonalai függőlegesen állnak, a 20. ábra bal oldali részéhez hasonló képet látunk. Középen, a skála kiválasztott vonalánál a világító LED, jobbra és balra szimmetrikusan a két elsőrendű elhajlási maximum található. Ez a mérés szubjektív észlelésen alapuló módja.



20. ábra: A LED-ről készített kép diffrakciós rácson keresztül

Ha mindkét szemünkkel egyszerre nézzük a LED-et, a természetes látványt és a rácson keresztül látott képet agyunk egymásra vetíti. Így jól meg tudjuk állapítani, hogy a diódától jobbra és balra eső elhajlási maximumok a centiméterskálán hová esnek. A rács és a LED L távolságát, az elhajlási maximumok skálán mért x távolságát és az optikai rács d rácsállandóját ismerve a fény hullámhossza meghatározható. (20. ábra jobb oldali része)

A szubjektív látványt rögzíthetjük digitális fényképezőgéppel (pl. a mobiltelefon kamerájával). A fényképezőgépet szembe állítjuk a centiméterskála fölött lévő diódával, közvetlenül az objektív elé tartjuk az ismert rácsállandójú optikai rácsot, és exponálunk. Ezután lemérjük és feljegyezzük a LED és az optikai rács (ill. a gép lencséje) közti távolságot. A kamera szemünkhöz hasonlóan alkot képet a látványról. A rögzített digitális kép azonban a rácsállandó értékével, valamint a kamera és tárgy helyszínen lemért távolságával kiegészítve maradandó dokumentuma a mérésnek.

Az 20. ábrán látható kép készítésekor a mobiltelefon lencséje L=29,5 cm távol volt a diódától, az optikai rács 300 vonalat tartalmazott milliméterenként (rácsállandó $d = \frac{1}{300}$ mm). A képen a skála csekély elmosódottsága ellenére jól megbecsülhető a két oldalsó elhajlási maximum távolsága, ennek fele a számításhoz szükséges x érték, ez alapján $x \approx 5{,}3$ cm.

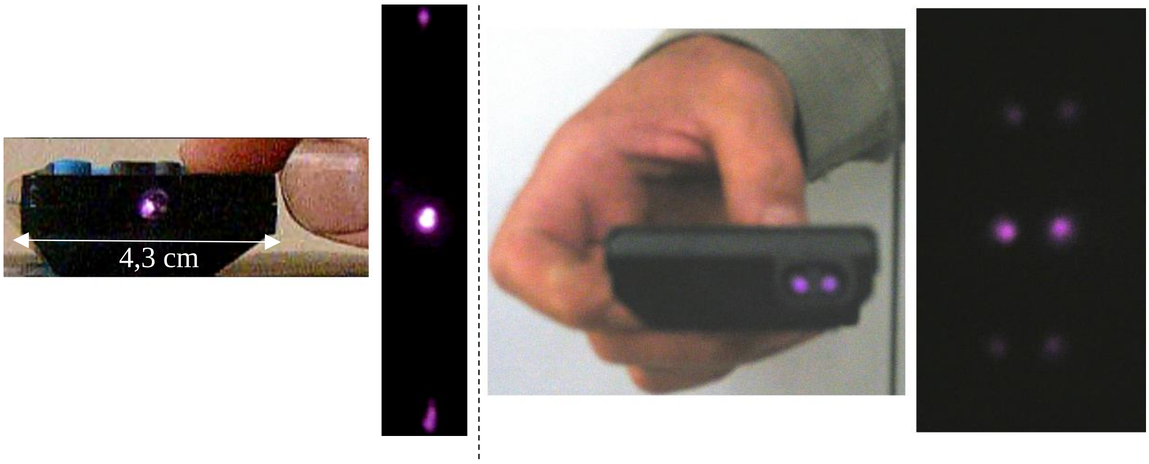
Az így ismert adatokkal és a fenti összefüggésekkel számolva a LED sárga fényének hullámhossza λ= 589,4 nm.

Az elektromágneses spektrum infravörös tartományát szemünk nem érzékeli. Egyszerűen bemutatható ez pl. a TV-készülék távvezérlőjével. Az eszköz előlapján infravörösben sugárzó LED található. Szabad szemmel nem látjuk, hogy a LED a távirányító gombjainak lenyomásakor fényt bocsátana ki. A digitális fényképezőgép azonban ezt a fényt is „látja", hiszen a kamera CCD és CMOS chipje érzékeny az infravörös sugárzásra is. A digitális kameráknak ezt a tulajdonságát felhasználhatjuk arra, hogy optikai rács segítségével megmérjük a szemünk számára láthatatlan fény hullámhosszát.

Az eljárás hasonló, mint a színes LED esetén. A különbség abban van, hogy most az elhajlási maximumok kis intenzitása miatt sötétben kell fényképet készíteni, így a képre nem fotózhatunk skálát. A probléma kettős fotózással oldható meg. Először készítünk egy felvételt világosban, ekkor pl. a távirányító szélessége lehet a viszonyítási alap (természetesen ekkor a helyszínen le kell mérni és fel kell jegyezni az eszköz valódi szélességét). A fotózást ezután a távirányító működése közben, az optikai rácsot közvetlenül a kamera lencséje elé tartva meg kell ismételnünk, és ügyelnünk kell arra, hogy a kamera és az infra-LED távolsága a két felvétel során ne változzon. Ha a távirányító szélességét mérjük le, akkor a rácsot úgy helyezzük a kamera elé, hogy az elhajlás függőlegesen történjen, hiszen ilyenkor a vízszintes méretek nem torzulnak.

Az 21. ábra így készített felvételeket mutat. A bal oldali részen látható távirányító valódi szélességéből (4,3 cm) arányosan kiszámolhatjuk a már említett x távolságot. A kép készítésekor a lencse és a LED távolsága L=25 cm volt, a rácsállandó pedig $d = \frac{1}{300}\,mm$.

Az eredeti fotó alapján x=7cm, a számítást elvégezve az infravörös fény hullámhosszára 899 nm-t kapunk.



21. ábra: Az infravörös fény vizsgálatához készített kettős felvétel

A leírt kettős fotózás feleslegessé válik, ha találunk olyan távirányítót, ami két infravörös LED-del működik. (21. ábra jobb oldali része) Ilyenkor elegendő egyetlen fotót készíteni az elhajlásról. Arra kell csak figyelnünk, hogy az optikai rács vonalai párhuzamosak legyenek a két LED által meghatározott egyenessel.

A távirányítón vízszintesen, egymástól 8 mm távolságban helyezkedik el a két LED, a kamera elé tartott optikai rács vonalai ennek megfelelően vízszintesen álltak. Fényelhajlás a rács vonalainak irányára merőlegesen jön létre, ezért a két LED távolságát az elhajlás nem változtatja meg. A diffrakciós maximumok távolságát a fotón lemérjük, az ennek megfelelő valódi x értéket a két LED valós távolságának ismeretében tudjuk meghatározni. (Természetesen, ha a feladat csak fénykép segítségével van megadva, mint pl. a virtuális laborban, akkor lemérjük a fotón a két LED távolságát, és tudjuk, hogy ez a valóságban 8 mm. Ez lesz a viszonyítási alapunk.)

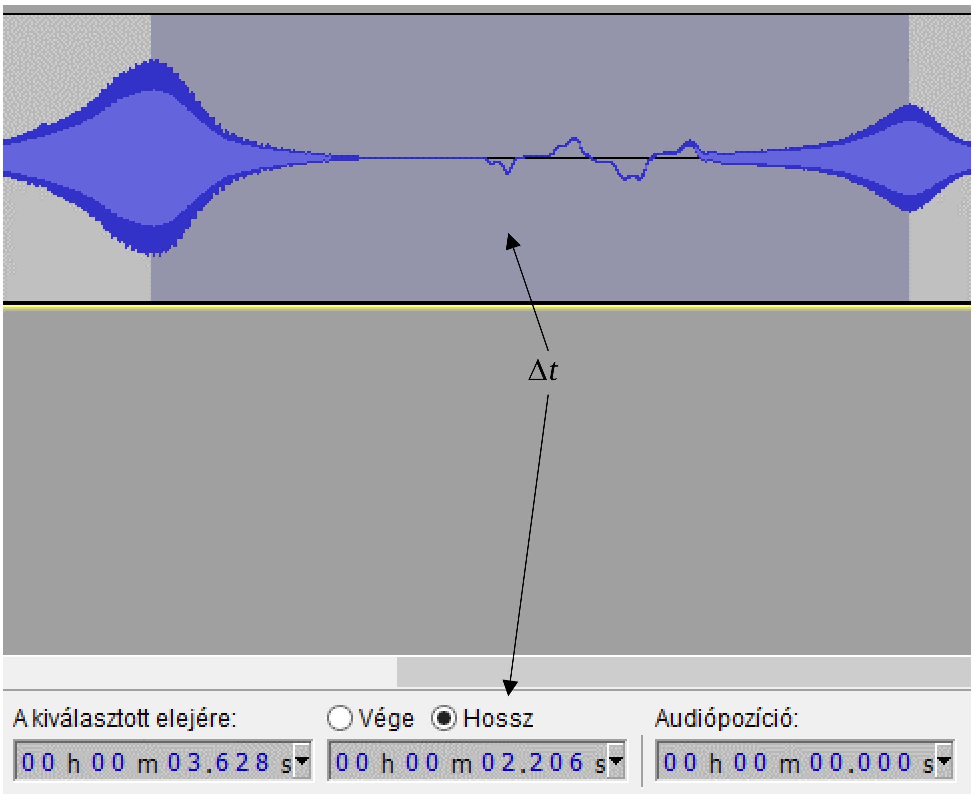
A 21. ábra jobb oldalán látható elrendezésben a távirányító a rácstól L=16 cm távolságban helyezkedett el, a rácsállandó $d = \frac{1}{200} mm$ volt. A mérést és a számítást elvégezve a hullámhosszra 941 nm-t kapunk.

***

A következő feladatot az Audacity program segítségével oldhatjuk meg.

Vegyünk egy kb. 30 cm hosszú műanyag csövet, és egyik végét merítsük vízbe. A cső szabad vége fölé helyezzünk egy headset hangszórót, és bocsássunk 3000 Hz-es hangot a csőbe. (A *hang generálása is történhet az Audacity-vel.) Mozgassuk a csövet lassan és egyenletesen felfele és rögzítsük a közben lejátszódó hangjelenséget! Az Audacity-program segítségével állapítsuk meg a cső mozgásának sebességét! (A kísérlet elvégzésének helyszínén az aktuális hangsebességet érdemes előtte megmérni, a most ismertetett feladat esetén c= 325 m/s.)*

A kísérlet elvégzése közben periodikusan erősödő és gyengülő hangot hallunk, hiszen a mozgás során többször lesz olyan hosszú levegőoszlop a csőben, amelyben a 3000 Hz-es hang rezonanciát hoz létre. Az első lépés itt is a modellalkotás, és a diákok hamar rájöhetek arra, hogy a jelenség az egyik végén zárt síppal áll kapcsolatban. Tudják, hogy hangerősödés olyan hosszú levegőoszlopban jön létre, amely a hullámhossz negyedének páratlan számú többszöröse. Tehát a cső mozgása közben két hangerősödés között a hullámhossz felének megfelelő távolságot teszi meg. Mivel a mozgás sebességét kell meghatározni, ezért az említett elmozduláshoz szükséges idő kiderítése a feladat. Ebben segít az Audacity program. A 22. ábra a jelenségről készített hangdiagramot mutatja.



22. ábra: Két hangerősödés közt eltelt idő

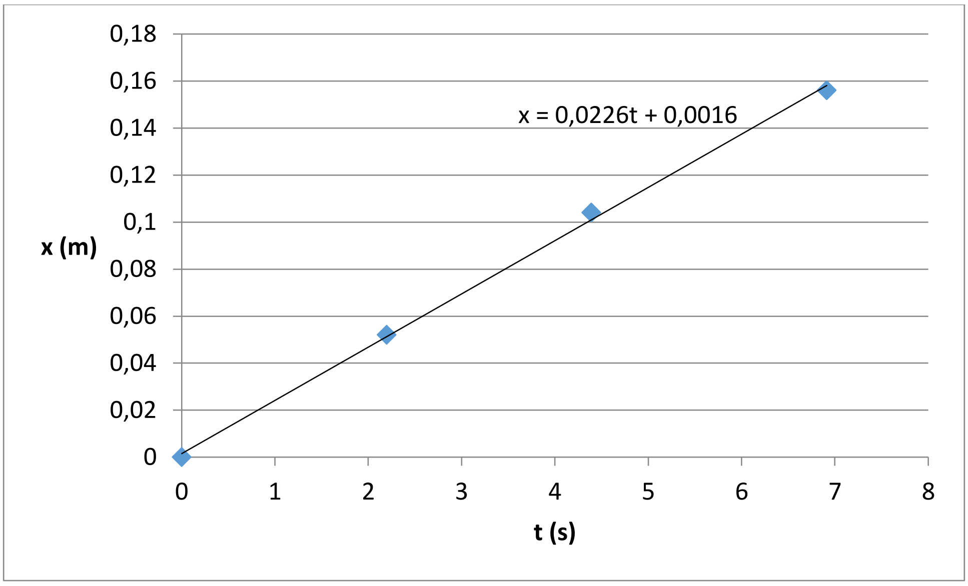
A hang hullámhossza a csőben:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{325\ \frac{m}{s}}{3000\ Hz} = 0{,}108\ m$$

A cső mozgásának sebessége pedig:

$$v = \frac{\frac{\lambda}{2}}{\Delta t} = \frac{0{,}054m}{2{,}206\ s} = 0{,}024\ \frac{m}{s} = 2{,}4\ \frac{cm}{s}.$$

Természetesen elegánsabb a megoldás, ha a hangdiagramon látható négy erősödés időpontját megmérve megvizsgáljuk, hogy a szomszédos erősödések időbeli távolságai megegyeznek-e, tehát valóban egyenletes-e a mozgás. Ekkor grafikonon ábrázolhatjuk a cső elmozdulását az idő függvényében, a kapott egyenes meredeksége pedig megadja a mozgás sebességét, amint az a 23. ábrán látható.



23. ábra: A cső elmozdulása az idő függvényében

Mivel nem tudjuk a kezdeti levegőoszlop hosszát, ezért a fenti grafikon esetén az időmérést az első hangerősödésnél kezdtük, ezért lett az egyenes tengelymetszete 0. Az egyenes meredekségéből számolt sebesség 2,3 cm/s.

Érdemes diákjainkkal a két eredményről beszélgetnünk: miért különböznek, és melyiknek mi a fizikai jelentése. Láthatjuk, hogy ez utóbbi a teljes mozgásra, míg az előbbi egy rövidebb időtartamra vonatkozó átlagsebesség.

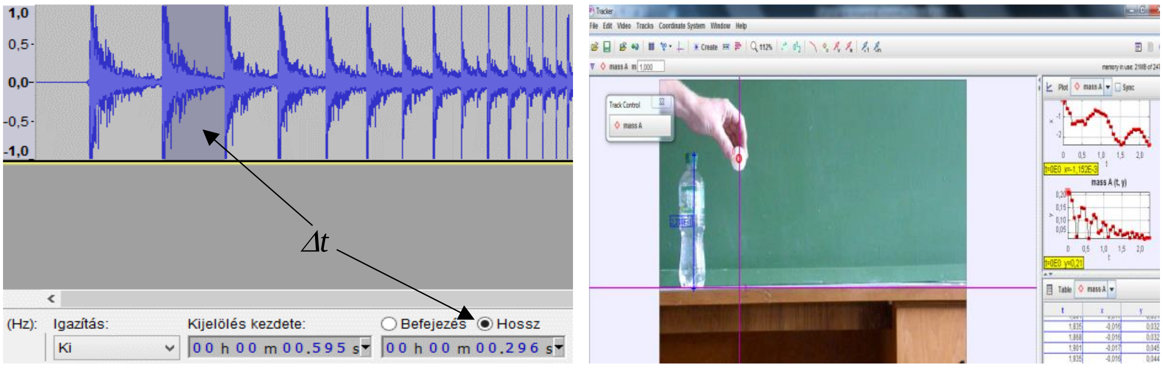
***

A következő feladatban mind az Audacity mind a Tracker program használatára szükség van. Az előbbivel a mérést és a hozzá kapcsolódó számításokat végezzük el, utóbbival leellenőrizzük a megoldást, amely ugyancsak szerves része kell legyen a feladatmegoldásnak.

Egy asztallapra ping-pong labdát és egy keményebb, tömör gumilabdát ejtettünk, és a folyamatos pattogásról videofelvételt készítettünk. Töltsük a film hangját az Audacity programba és a hangdiagram alapján határozzuk meg, hogy az egyes ütközések után milyen magasra emelkedett a labda! A számolás során a légellenállás hatását hanyagoljuk el! A filmfelvételről a Tracker program segítségével mérjük meg az emelkedési magasságokat, és ellenőrizzük le a számolással kapott eredményt! (A filmfelvételen kalibrációs célból egy 21 cm magas PET palack is található.)

A 24. ábrán látható hangdiagramon a két ütközés közti időintervallumok leolvashatók. A pattanások sűrűsödése azt jelzi, hogy a sorozatos energiaveszteségek miatt a labda egyre alacsonyabbra emelkedik fel. Két pattanás közti Δt időintervallum alapján az emelkedés h magassága úgy határozható meg, hogy a légellenállás elhanyagolása miatt úgy tekinthetjük, mintha a labda ebből a magasságból $\Delta t/2$ ideig szabadon esett volna, azaz

$$h = \frac{1}{2} g \left(\frac{\Delta t}{2}\right)^2 .$$



24. ábra: A labda pattogásáról készített hangdiagram és a videóanalízis

Ha a számításokat elvégeztük, a videoanalízis segítségével le is ellenőrizhetjük az eredményeket. A következő táblázat a kapott értékek összehasonlítását tartalmazza.

ping-pong labda		gumilabda	
h_{hang} (m)	h_{video} (m)	h_{hang} (m)	h_{video} (m)
0,144	0,142	0,208	0,207
0,107	0,114	0,174	0,172
0,073	0,085	0,134	0,136
0,063	0,070	0,107	0,103

Látható, hogy a gumilabda esetén az egyezés pontosabb, mint a ping-pong labdánál, de utóbbi esetén sem túl nagy az eltérés.

9. Hagyományos példatárak feladatainak kísérleti ellenőrzése

Az eddigiekben azt láttuk, hogy jó, ha a probléma, amelyet a fizika órákon megoldunk, a körülöttünk lévő környezetből származik. A feladat megoldása során megalkotott fizikai modell segítségével válaszoljuk meg a feltett kérdéseket, és a végén leellenőrizzük, hogy az eredmény mennyire reális, tehát megvizsgáljuk, hogy a fizikai modellünk mennyire jó, megbízható.

A fizika tantárgy és a valóság közti kapcsolat erősítésének céljából bejárhatjuk az eddig bemutatott út fordítottját is. Ha egy tankönyvből, feladatgyűjteményből választunk ki egy feladatot, ott bízhatunk abban, hogy a probléma kitűzője az előbb említett utat már végigjárta, tehát a diákok elé egy letisztult feladat kerül, amelyet meglévő ismereteik alapján meg tudnak oldani. A tanulók számára azonban ez nem biztos, hogy kiderül, tehát a szakadék a tantárgy és a valóság között megmaradhat. Vannak azonban olyan feladatok, amelyekben szereplő szituációkat kísérletileg meg is tudunk valósítani, és a megoldás után a konkrét kísérleti elrendezésen le tudjuk ellenőrizni, hogy a kapott eredmény megfelel-e a valóságban mértnek. Természetesen arra nem számíthatunk, hogy a feladatban számolt és a mérés során kapott eredmény tökéletesen meg fog egyezni, hiszen a feladat kitűzője a modell megalkotása során élhetett az egyszerűsítés lehetőségével (pl. a súrlódás teljes hiányával, a súlytalan fonál, vagy épp az ideális mérőműszer feltételezésével). A mérés során mi magunk is követhetünk el hibákat, ez ugyancsak a két eredmény eltérését okozza. Célunkat akkor már elérhetjük, ha az összehasonlítani kívánt két érték néhány százalékos relatív eltérést mutat csupán.

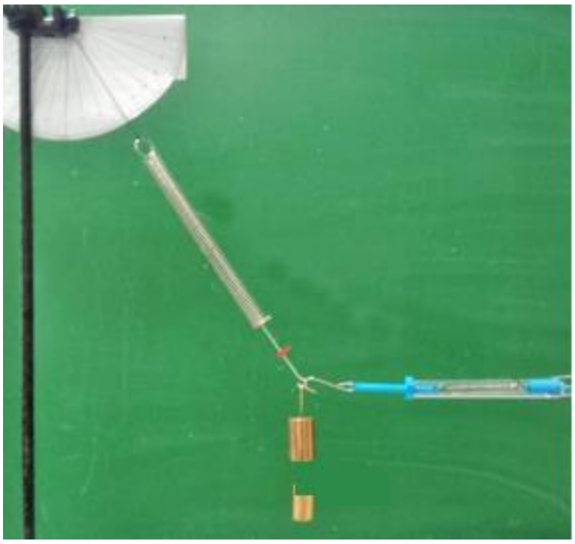
Ebben a fejezetben két olyan példatári feladatot mutatok be, amelyekben szereplő modellfeltételeket a valóságban jól meg lehet közelíteni, így a számítás eredményei kísérletileg ellenőrizhetővé válnak. Szemléletformáló a feladatok megoldása, ill. azok eredeti szövegében szereplő kis átalakítások megfelelő indoklása is.

Az Egységes Érettségi Feladatgyűjtemény I. kötetének 475. feladata a következőképp szól [21]:

„Lengőteke golyójának tömege 1 kg. Mekkora erő feszíti a golyót tartó kötelet, ha a függőlegestől 30°-ra térítjük ki vízszintes irányú erővel?”

A kötelet feszítő erő kísérletileg bemutatható úgy, hogy a kötélbe beiktatunk egy viszonylag kis tömegű (a ráakasztott testnél jóval könnyebb) ismert direkciós állandójú rugót, és erre erősítjük a testet. A feladat nem kérdez rá, de a kísérlet elvégzése során egy rugós erőmérővel könnyen megmérhetjük a kitérítő, vízszintes irányú erő nagyságát is. Ha a felkészülés során megoldjuk a feladatot, azt kapjuk, hogy 11,33 N erő feszíti a kötelet, és 5,66 N a vízszintes erő nagysága. Ezek viszonylag nagy erők, a legtöbb iskolai forgalomban lévő rugós erőmérő 2,5 N-ig mér. Megvan azonban a lehetőségünk arra, hogy a feladat szövegében szereplő test tömegét csökkentsük, így az erők is arányosan kisebbek lesznek. Nem baj, hogy ezzel „elrontjuk” a feladatot, hiszen a diákoknak meglesz az élményük, hogy helyes számolás esetén a valóságban is látják a megoldást, az eredeti feladatot pedig gyakorlásképp házi feladatnak feladhatjuk.

A 25. ábrán látható elrendezésben 30 dkg-os testet akasztottunk a kötélre, és modelleztük a feladatot.



25. ábra: A feladatban szereplő elrendezés kicsit módosítva

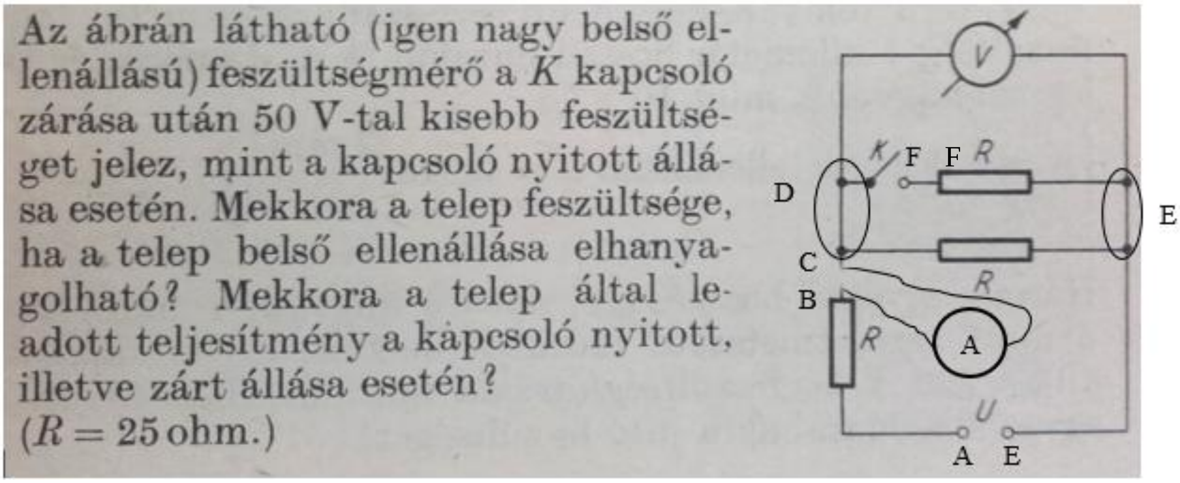
A direkciós állandó ismeretében a kötélben ébredő erő 3,5 N-nak adódik, a vízszintes erő pedig az erőmérőről leolvasva 1,8 N-nak. Az elméletileg várható értékek 3,4 N és 1,7 N, az eltérés mértéke lefogadható. Külön feladat annak diszkutálása, hogy miért van különbség a mért és a számolt eredmény között. Természetesen hamar rájöhetünk arra, hogy a rugó és az erőmérő tömege nem elhanyagolható, valamint a rugó hosszának mérésekor is hibázhatunk, ezek okozzák az eltérést.

A kísérlet összeállításánál figyelnünk kell arra, hogy a rugó tömege a testéhez képest tényleg jóval kisebb legyen, máskülönben a fonál és a rugó nem illeszkednek egy egyenesre, így sérül a modellkísérlet pontossága. Ügyelnünk kell arra is, hogy az erőmérő valóban vízszintes erőt fejtsen ki, hogy a fonál tényleg 30°-os szöget zárjon be a függőlegessel, és szűk határon belül kell tartani a hibát, különben nem érjük el azt a célt, amit szerettünk volna.

***

Az egyenáramú hálózatokkal foglalkozó feladatok is jó lehetőséget biztosítanak a kísérleti megvalósításra. Itt az elméleti probléma megoldása után külön feladatot jelent az áramkör összerakása, a mérőműszerek helyes bekötése. Mivel sokféle feladatot találhatunk, és a szertárakban található egyenáramú kísérleti eszközkészletek csak néhány eszközt (pl. ellenállást, kondenzátort…) tartalmaznak, ezért az ilyen feladatok modellezéséhez célszerű az elektrotechnikában használatos ún. próbapanelek alkalmazása, melyek viszonylag olcsón beszerezhetők, a használt áramköri elemek pedig valóban filléres kiadásnak tekinthetők. Egy ilyen feladatot szeretnék a következőkben részletesen ismertetni.

A Dér-Radnai-Soós: Fizikai feladatok II. című könyvében találjuk a következő példát (26. ábra): [22]


Az ábrán látható (igen nagy belső ellenállású) feszültségmérő a K kapcsoló zárása után 50 V-tal kisebb feszültséget jelez, mint a kapcsoló nyitott állása esetén. Mekkora a telep feszültsége, ha a telep belső ellenállása elhanyagolható? Mekkora a telep által leadott teljesítmény a kapcsoló nyitott, illetve zárt állása esetén? ($R = 25$ ohm.)

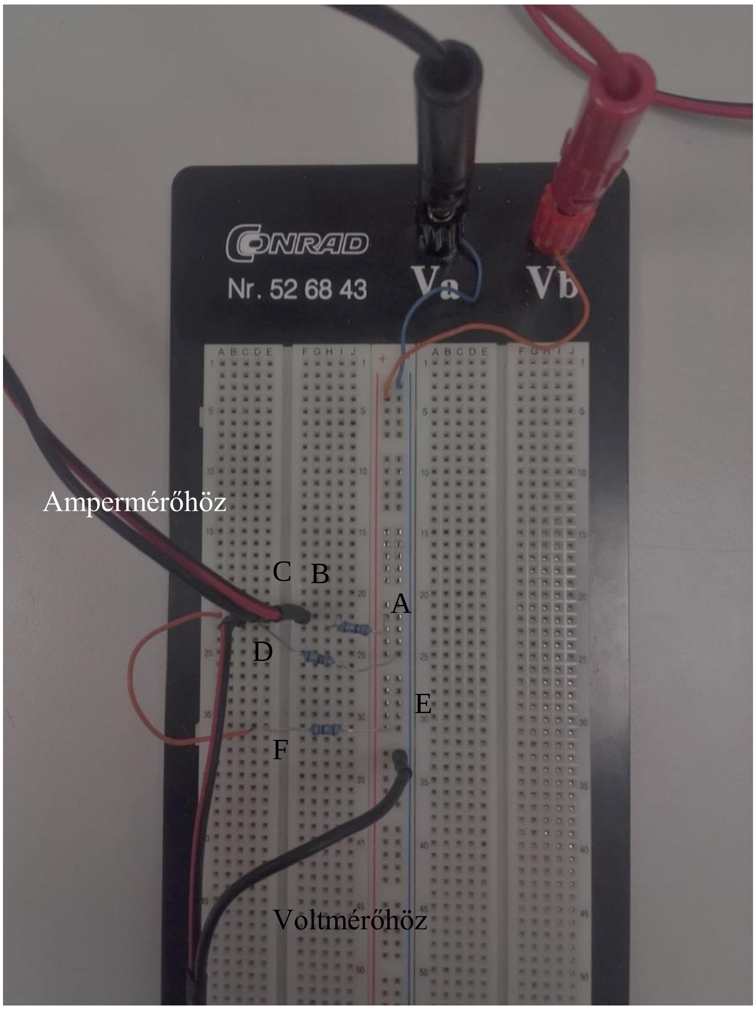
26. ábra: A feladat és a hozzá tartozó ábra

Ha a feladatot megoldjuk, akkor megkapjuk, hogy a kapcsolód nyitott, ill. zárt állásában a voltmérő által mutatott feszültség

$$U_{ny} = \frac{U}{2} \text{ és } U_z = \frac{U}{3}.$$

Ha a kettő különbsége 50 V, akkor a telep feszültsége 300 V, a főágban folyó áram értékei I_{ny}=6A, I_z=8A, a teljesítmények pedig P_{ny}=1800W, P_z=2400 W. Ezek igen nagy értékek, így a feladat kísérleti megvalósítása nem lehetséges. Mivel az eredmények a telep feszültségével egyenesen arányosak, így az U értékének csökkentésével az eredmények mégis megmérhetők. Ha a telep feszültségét 3 V-nak vesszük (ekkor a feladatban szereplő 50 V 0,5 V-ra csökken), akkor a feszültség értékek könnyen mérhetővé válnak, és a körben folyó áramok sem hevítik fel úgy az ellenállásokat, hogy azok tönkremenjenek.

A feladat próbapaneles megvalósítását a 27. ábra szemlélteti. A próbapanelen található lyukakba az egyes áramköri elemek egyszerűen belehelyezhetők. A vízszintes helyzetű lyukak (egy sorban 5 db), ill. középen a függőleges helyzetűek alul össze vannak kötve, így ezek ekvipotenciális vonalaknak tekinthetők. A 26. ábrán az áramkörön bejelölt pontokat a próbapanelen feltüntettem.



27. ábra: A feladat próbapaneles megvalósítása

Kereskedelmi forgalomban 25 Ω-os ellenállás nem kapható, de 27 Ω-os igen, ezzel dolgozhatunk. (Ez az egyik hibaforrás.) A tápegység 3,07 V feszültséget biztosított. A kapcsoló nyitott állásánál a feszültségmérő 1,444 V-ot, zárt állásánál 0,943 V-ot mutatott, a különbség valóban 0,5 V. Az áramerősségek ugyanígy 54,3 mA és 71 mA, a teljesítmények pedig 78,4 mW és 66,9 mW voltak.

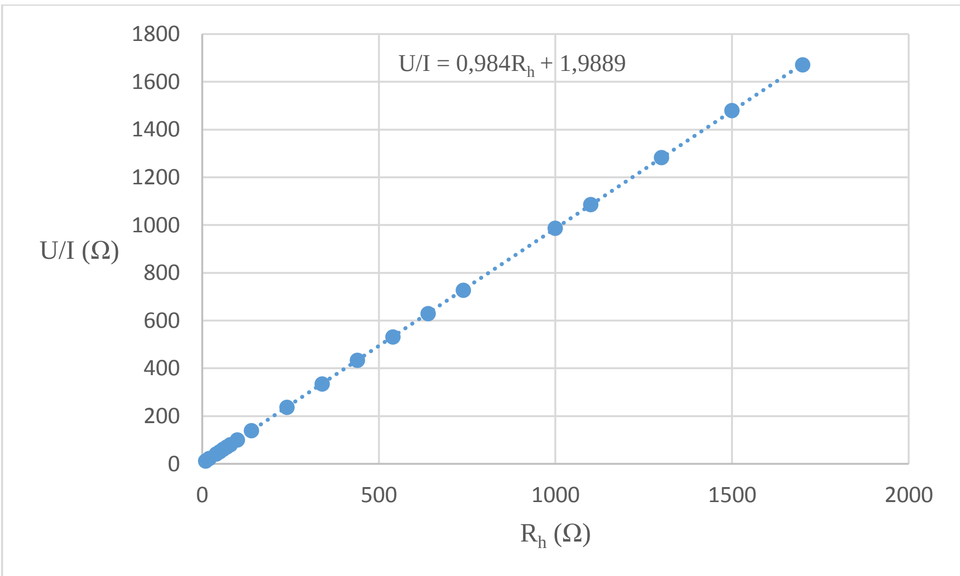
Láthatjuk, hogy a feszültségmérő kijelzőjén tényleg a tápegység feszültségének kb. fele és harmada jelenik meg, és a különbségük is arányosan kisebb. Az áramerősségeknél a várható értékek 56,8 mA és 75,8 mA voltak, mindkét esetben kisebb értékeket mértünk, de nem túl nagy a különbség. Ezekből adódik a teljesítményekben vett eltérés is. Mi lehet a különbség oka?

A feladat kitűzője végtelen nagy belső ellenállású voltmérőről és (valószínűleg) 0 ellenállású ampermérőről beszél. Így van-e ez a valóságban? A feszültségmérő ellenállása általában MΩ nagyságrendű, a feladatban szereplő 27 Ω-os ellenállásokkal szemben tényleg végtelen nagynak tekinthető. Az ampermérő ellenállása viszont befolyásolhatja a mérési eredményt, ezt különösen az sugallja, hogy mindkét esetben a mért értékek kicsit kisebbek az elméletileg várható értéknél. Ha feltesszük, hogy az árammérő belső ellenállása az ok, és kiszámoljuk a kapcsoló nyitott, ill. zárt állásánál a várható belső ellenállás értéket, kb. 2,5 Ω-ot kapunk rá. Érdemes erről méréssel is meggyőződni.

Ha van erre lehetőségünk, ellenállásszekrényben lévő hitelesített ellenállásokat és vele sorba kapcsolt R_A belső ellenállású ampermérőt kössünk adott feszültségű áramforrásra, és mérjük meg a hitelesített ellenállás függvényében a körben kialakult áramot! Ebben az esetben a kör eredő ellenállása a két ellenállás összege, és felírható, hogy

$$I = \frac{U}{R_h + R_A} \rightarrow \frac{U}{I} = R_h + R_A.$$

Tehát ha az *U/I* hányadost ábrázoljuk a hitelesített ellenállás függvényében, akkor egy 1 meredekségű egyenest kell kapjunk, ahol a tengelymetszet épp az ampermérő belső ellenállását jelenti. Az általam használt digitális mérőműszer esetén a mérési eredményeket a 28. ábra szemlélteti.



28. ábra: Az árammérő belső ellenállásának meghatározása

A grafikonon láthatjuk a kb. 1 meredekségű egyenest, és láthatjuk azt is, hogy az ampermérő belső ellenállása közel 2 Ω.

Természetesen ha ezt a mérést előre elvégezzük, az adat birtokában rögtön leellenőrizhetjük, hogy a várt és a mért belső ellenállás értékek mennyire egyeznek meg. Ez a feladat az előzőhöz hasonlóan az eredeti kis módosításával keletkezett, de a legfontosabb részletek leellenőrizhetők, és a modell és a valóság összevetése, ill. az elhanyagolások jogossága vizsgálhatóvá válik.

Az eddigiekhez hasonló feladatok készíthetők még a hőtan (különösen a kalorimetria), illetve a geometriai optika témakörében is. A cél minden esetben a modell és a valóság összevetése, valamit az, hogy láthassák tanulóink, hogy a fizika példák a körülöttük lévő világból származnak és sok érdekes hétköznapi kérdést meg tudunk segítségükkel válaszolni.

10. A jelenség alapú feladatok kipróbálása középiskolában és a BSc-képzésben

Doktori munkám során feladatgyűjteményt készítettem kilencedikes diákok számára mechanika témakörben. A gyűjteményben összesen 30 feladat található: 9 a kinematika, 12 a dinamika-statika témakörhöz kapcsolódik, 4 a munka-energia témaköréhez, és 5 a deformálható testek mechanikájához.

A feladatgyűjteményt középiskolás diákok körében teszteltem. Kíváncsi voltam a tanulók és tanáraik reakcióira a problémákkal és a feladatok használhatóságával kapcsolatban. Szerettem volna megtudni azt is, miként vélekednek a diákok az új típusú feladatokról, mennyire tudják elfogadni őket. Meg szerettem volna vizsgálni, milyen nehézségek merülnek fel a feladatok alkalmazása során és ezeket hogyan lehet kijavítani.

A feladatok tesztelésében több középiskolai osztály is részt vett. A szegedi Karolina Gimnáziumban Csanádi Anikó tanárnő volt a segítségemre. Kiválasztottunk egy a fizika iránt kevéssé motivált, közepesen tehetséges gyerekekből álló kilencedikes osztályt. Itt a tanév során a tanórákon rendszeresen használtuk jelenség alapú feladatgyűjteményt. Az osztállyal a tanév során két olyan dolgozatot is írattunk, melyben nagy hangsúlyt kaptak a jelenség alapú feladatok.

A kísérleti osztállyal párhuzamosan haladó kilencedik osztályban összehasonlításként (tét nélkül) megírattuk ugyanezt a két dolgozatot. Az ide járó diákok általában véve tehetségesebbek, és a fizika iránt motiváltabbak voltak a kísérleti osztály tanulóinál. Az osztály korábban nem találkozott problémákkal az órákon. Arra voltunk kíváncsiak, hogy hogyan reagálnak a diákok az ismeretlen feladatokra.

A vizsgálat során két fontos dolgot tapasztaltunk:

- A tanárnő elmondása szerint a kevésbé tehetséges kísérleti osztály tanulói szívesen dolgoztak a feladatokon, és a másik osztályhoz képest tanulmányi lemaradásukat csökkentették fizikából.
- A párhuzamos osztály tanulói először idegenkedve álltak a szokatlan feladatokkal szemben, de a bátrabbak, ötletesebbek neki mertek fogni egy-egy feladat megoldásának, és eredményesnek is bizonyultak. A második dolgozat során már az osztály egésze magabiztosabbnak mutatkozott, az eredmények lényegesen jobbak voltak.

Az új típusú feladatok tesztelésbe bevontuk az SZTE Ságvári Endre Gyakorlógimnáziumának Tóth Károly tanár úr által vezetett fizika tagozatos kilencedikes osztályát is. Az órákon ők sem találkoztak az új feladatokkal, de a dolgozatokat próbaként velük is megírattuk. A fizikát nagyobb óraszámban tanuló, kifejezetten tehetséges és érdeklődő tanulók először itt is idegenkedve néztek a problémákra, és az első dolgozat során nem születtek túl jó eredmények. Tanáruk elmondta, hogy a sikertelenség után a diákokat zavarta, hogy nem boldogultak kellőképp a feladatokkal, ezért a kolléga segítségét kérték, hogy beszéljék meg a megoldási lehetőségeket. Ez meg is történt. A második dolgozat már lényegesen jobban sikerült. Mivel a fizika tagozaton heti öt órában tanulnak fizikát, lehetőség volt egy harmadik, hasonlóan jelenségalapú feladatokat tartalmazó dolgozat megíratására is. Ennek eredménye a másodikhoz hasonló volt, az igazi teljesítményugrás az első és a második dolgozat között mutatkozott.

A tanév végén megkértem az osztályokat tanító kollégákat, hogy mondjanak véleményt a feladatokról, használhatóságukról és fogadtatásukról. A vélemények alapvetően pozitívak voltak. Ezek közül Tóth Károly tanár úrtól egy gondolatot szeretnék kiemelni:

„Összességében azt gondolom, hogy ez a fajta feladat a mostani oktatási rendszerünkhöz nem illeszkedik, ilyen típusú kompetenciákat az érettségi nem vár el a gyerekektől. Ugyanakkor szerintem érdemes lenne beépíteni, mert olyan készségeket fejleszt, amelyek más módon nehezen fejleszthetők. Ennek feltétele az lenne, hogy a tankönyvek, illetve feladatgyűjtemények fejezetenként egy-egy ilyen problémát tartalmazzanak, illetve ha a NAT-ba bekerülne az ilyen értelmű elvárás.”

Az új feladatok valamilyen formájú kipróbálásban résztvevő diákok körében a feladatokra vonatkozó attitűdmérést is végeztem. Négy kérdéses kérdőívet töltettem ki velük. A válaszokat a tanulók által jól ismert ötfokozatú skálán adhatták meg. A kérdőíven a következő kérdések szerepeltek:

(1): Mennyire találod meglepőnek a képes feladatokat? (1: egyáltalán nem…5: nagyon)

(2): Szívesen találkoznál-e ilyen feladatokkal fizika órán? (1: egyáltalán nem…5: nagyon)

(3): Segítenek-e az ilyen típusú feladatok az anyag jobb megértésében? (1: egyáltalán nem…5: nagyon)

(4): Mennyire találod nehéznek a képes feladatokat (a feladatgyűjteményekben szereplőkkel szemben?) (1: ugyanolyan nehezek…5: sokkal nehezebbek)

A válaszokat elemezve kiderült, hogy közepesen lepődtek meg a tanulók a feladatokkal kapcsolatban, a válaszok átlaga 3,8 volt. Örömömre szolgált, hogy a következő két kérdésre kapott válaszok átlaga 4 feletti volt. 4,26-os eredmény jött ki arra, hogy szívesen foglalkoznának képes feladatokkal, és 4,33-os arra, hogy segítenek a fizika tananyag jobb megértésében. Bíztató az is, hogy a negyedik kérésre közepesnél kicsit kisebb, 2,67-os átlagot kaptunk válaszként, tehát alapvetően nem találják az átlagosnál nehezebbnek a példákat.

A kérdőív végén egyéni véleményeiket is megfogalmazhatták. Ezek közül két megfontolandó dolgot szeretnék kiemelni. Egyikük rávilágított arra, amely már sokszor kiderült a tesztelés során is, hogy igazán jó eredményt akkor érhetünk el a feladatokkal, ha az alkalmazott fotók kellően jó minőségűek. A rosszabb kivitelű képek inkább ellentétes hatást érnek el, hiszen a feladat megoldását bizonytalanabbá teszik, akadályozzák. A másik vélemény szerint az új feladatok színesebbé teszik az órákat, de nehezebbek is, mert a szokásos feladatok sokszor formális megoldásával szemben itt mélyebben kell látni a fizikai összefüggéseket. Mindkét megjegyzést a megkezdett munkám folytatására vonatkozóan lényeginek tartom. Különösen azt tekintem bíztatónak, hogy a diákok érzékelték a feladatok megoldásában a formális és a lényegi fizikai tudás különbségét és az utóbbi fontosságát.

A jelenségalapú feladatokat a középiskolai kipróbálás után – a korábban szerzett tapasztalatok figyelembevételével rendszeresen használom a Pannon Egyetem Mérnöki Karának érdeklődő középiskolások számára rendezett fakultatív foglalkozásain és tehetséggondozó nyári táborában. Az itt szerzett tapasztalatok is visszaigazolják a jelenségalapú feladatok fejlesztő voltát a fizika szemléletformálásban és a kreatív problémamegoldásban.

A videó alapú feladatokat egyetemi hallgatók körében teszteltem, erről részletesen a következő fejezetben beszélek.

A fejezethez kapcsolódó tézisek:

1. A gimnázium kilencedik osztályos mechanika tananyagához fotókkal, videókkal kiegészített feladatokból feladatgyűjteményt állítottam össze. A feladatokat, vállalkozó kollégák részvételével, általános és speciális fizika tantervű gimnáziumi osztályokban. Az összegyűjtött tapasztalatokat összegeztem és a tapasztalatok birtokában a feladatgyűjtemény anyagát szükség szerint kiegészítettem, módosítottam.
2. Vizsgáltam a fényt kibocsátót diódák (LED) középiskolai és az egyetemi alapozó fizikatanításban való felhasználhatóságát. Többek között számítási feladatokat dolgoztam ki a különböző fényforrások relatív fényteljesítményének összehasonlítása kapcsán, módszert dolgoztam ki az infravörös fény hullámhosszának mérésére.
3. Kidolgoztam egy virtuális labor-programot, melyben a fizikai mérésekről képek, videók, hangfelvételek találhatók. A mérési adatokat vagy mellékletben találják a program használói, vagy a már ismertetett módon a képekről, videókról olvashatják le őket. A virtuális labor használata akkor indokolt, ha az iskola szertárában nem találhatók meg a méréshez szükséges eszközök, vagy a mérést a csoportot tanító tanár otthoni gyakorlásra, esetleg dolgozatban történő számonkérésre szeretné használni. A virtuális labor használatával az elsődleges cél a mérés kiértékelésének gyakoroltatása.

Felhasznált irodalom:

[1] https://hu.wikiquote.org/wiki/Galileo_Galilei

[2] http://doc.hjegy.mhk.hu/20125H20000051_3.PDF

[3] Galilei: Matematikai érvelések és bizonyítások (Európa Könyvkiadó; 1986; ISBN 963-07 -3864-3) pp196-197

[4] A fizika tanítása a középiskolában I. (Szerk. Juhász András, Jenei Péter; ELTE 2015; ISBN: 978-936-284-713-9) pp634-637

[5] Teiermayer Attila: Fizika 7. (Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest; 2008; ISBN 978-963-19-6560-5) p83

[6] Teiermayer Attila: Fizika 7. (Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest; 2008; ISBN 978-963-19-6560-5) pp119-120

[7] Teiermayer Attila: Fizika 7. (Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest; 2008; ISBN 978-963-19-6560-5) p 15

[8] Teiermayer Attila: Fényt kibocsátó diódák alkalmazása a középiskolai fizikaoktatásban (Fizikai Szemle, LXI. évfolyam, 2011. június) pp212-216

[9] Budó Ágoston, Mátrai Tibor: Kísérleti Fizika III. (Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest; 1995; ISBN 963-17-0813-6) p109

[10] http://www.stellarium.org/

[11] A távcső világa (Szerk. Kulin György, Róka Gedeon; Gondolat Kiadó Budapest 1980; ISBN 963-280-817-7)

[12] Dömény Anita, Gyenizse Péter: Digitális planetáriumok szerepe a középiskolai oktatásban (Fizikai Szemle, LXVI. évfolyam, 2016. (5)) pp171-174

[13] http://physlets.org/tracker/

[14] www.flightradar24.com

[15] Attila Teiermayer: Problems based on phenomena and experiments in secondary school involving a digital camera (Physics Education, Volume 51, Number 6, 2016) http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/51/6/063002

[16] https://www.youtube.com/watch?v=CPYOo0a-Qt8

[17] Szabó M Gy, Szathmári K, Divéki Zs, Simon A 2006 Possibility of a Photometric Detection of „Exo-moons” *Astronomy and Astrophysics* **450** pp395-398

[18] Piláth Károly: „Exobolygókutatás” Trackerrel (Fizikai Szemle, LXV. évfolyam, 2015. november) pp 387-390

[19] http://www.audacityteam.org/about/features/

[20] http://users.itk.ppke.hu/itk_dekani/files/Fizika2/

[21] Egységes Érettségi Feladatgyűjtemény Gyakorlófeladatok Fizika I. (Szerk. Medgyes Sándorné, Dr. Tasnádi Péter; Nemzeti Tankönyvkiadó Budapest 2001; ISBN 963-19-2345-2) p70

[22] Dér-Radnai-Soós: Fizikai feladatok II. (Tankönyvkiadó, Budapest, 1985; ISBN 963 17 9013 4) p29

Jelenségközpontú fizikaoktatás

a Pannon Egyetem Mérnöki Karán

1. Felzárkóztató kurzus fizikából a Pannon Egyetem Mérnöki Karán

A bevezetőben említett tényezők miatt a Pannon Egyetem Mérnöki Karán is megszerveztük fizika tantárgyból a felzárkóztató kurzust, melynek feladata nemcsak a hiányzó vagy hiányos középiskolai fizika tudás kiegészítése, de igyekszünk reflektálni a felvetett problémákra is:

- Megmutatjuk, hogy miért tekinthető a fizika a mérnöki tudományok alapjának, miért kell például egy vegyészmérnök vagy anyagmérnök hallgatónak is megfelelő fizika tudással rendelkeznie.
- A kurzusnak segíteni kell azokat a hallgatókat, akik alapvetően nem fizikából készültek az emelt szintű érettségire, vagy egyáltalán nem érettségiztek belőle, hogy sikeresen teljesíthessék az első féléves Fizika I. kurzust.
- A kötelező tárgyakon felül vállalt kurzuson a rendszeres munkára, tanulásra szorítással igyekszünk meggyőzni a hallgatókat arról, hogy a tőlük telhető módon a modell tantervet követve haladjanak egyetemi tanulmányaik során.

A fizika, mint alapozó tudomány kiemelt jelentőségű egyetemünkön. Az utóbbi években a kezdő fizika tanulmányokat hármas tantárgyi keretben szerveztük meg. A Fizika I. előadás adja a képzés magját. Ezt feladatmegoldó gyakorlat és a hiányos fizikai alaptudással felvett diákok számára felzárkóztató kiegészítő kurzus segíti.

Év elején minden első éves hallgatónak kötelező megírni a szintfelmérő dolgozatot. Ennek legalább 40%-os teljesítése az előfeltétel ahhoz, hogy Fizika I-ből vizsgát tehessenek. Ha valakinek nem sikerül az őszi szintfelmérő, annak a szorgalmi időszak végén kell azt sikeresen megismételnie, hogy az első félévben vizsgázhasson. Segítségül felajánljuk neki, hogy a félév során – a két szintfelmérő között – vegye fel az e célra indított fakultatív felzárkóztató kurzust.

A felzárkóztató kurzus szorosan kapcsolódik a Fizika I. főelőadáshoz. Célja, hogy az előadás előtt néhány nappal az ott elhangzó anyagot középiskolai szinten tárgyaljuk. Tematikáját az előző évek során úgy alakítottam ki, hogy átismételjük a középiskolai fizika legfontosabb fogalmait, fizikai mennyiségeit és törvényeit, hogy az előadó erre biztosan építkezhessen. A hallgatókkal történő beszélgetés során kiderült, hogy közülük nagyon kevesen láttak középiskolában kísérleteket a fizika órákon. Ezért a felzárkóztató kurzus fontos része, hogy ezt pótoljuk, és így is hangsúlyozzuk, hogy a fizika kísérleti tapasztalatokra építő tudomány.

A fakultatív felzárkóztató kurzuson alapszintű, a Fizika I. kollégiumhoz tartozó feladatmegoldó szemináriumon már kicsit magasabb szintű feladatok megoldásán keresztül gyakoroljuk a fizikai gondolkodást, problémamegoldást. E feladatok között a megszokott példákon túl szemléletformáló jelentőséget tulajdonítok a középiskolai gyakorlatomban már bevált jelenségalapú feladatoknak. A mechanika témakörben, különösen a fotó, videó és hangdiagram alapú feladatok bizonyultak sikeresnek. A videó alapú feladatokról az 1. fejezetben már részletesen beszámoltam, ezért az alábbiakban a másik két feladattípust szeretném mélyebben ismertetni.

2. Fotó alapú feladatok alkalmazása a felzárkóztató kurzuson és a feladatmegoldó szemináriumon

Az egyetemi szemináriumokon feldolgozott anyag alapját a középiskolás diákok számára készített mechanika feladatgyűjteményem problémái és az azokat illusztráló fotók adják, de a feldolgozás módszerei az egyetemi elvárásokhoz illeszkednek. Így az adott jelenséghez kapcsolt kérdés esetenként változott (absztraktabb, általánosabb megfogalmazású lett), és az egyetemi matematika tanítás ütemével szinkronban bővülnek a feladatmegoldásban használt matematikai eszközök is (koordinátarendszerek, vektorok, differenciál- és integrálszámítás).

A kibővített feladatgyűjtemény 15 új feladatot tartalmaz: 5-öt a kinematika, 7-et a dinamika és 3-at a munka-energia témaköréből. A gyűjteményben található problémák jó része a középiskolai feladatgyűjteménybe is bekerülhetett volna, vagy abban más formában meg is található. A problémafelvetés és a kérdésfeltevés módjával azonban az előbb említett matematikai célokat szerettem volna megvalósítani, ezért inkább az egyetemiben helyeztem el őket. Néhány feladat azért került ide, mert a tananyag tárgyalására (pl. tömegközéppont tétele, Coriolis-erő) csak az egyetemen kerül sor.

A hétköznapi helyzeteket, jelenségeket bemutató fotók az egyetemisták számára is élményt adó módon dolgozhatók fel elemi fizikai módszerekkel, érzékletes példákat adva a fizika gyakorlati alkalmazhatóságára.

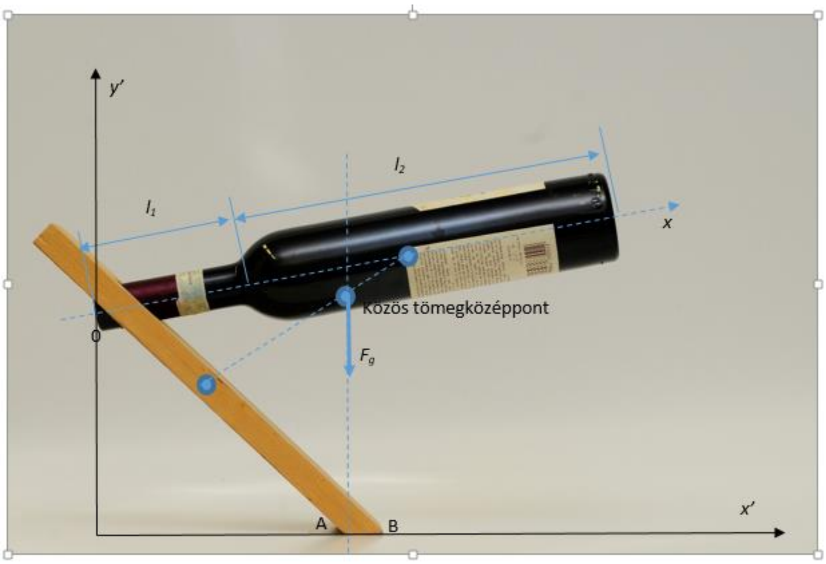
Az alábbi kép egy borszaküzletekben is látható borosüvegtartót ábrázol. A fadarab egy 45°-os szögben elvágott adott hosszúságú deszkalap, amelyet megfelelő helyen egy furattal láttunk el. (29. ábra)

29. ábra: A feladatban szereplő borosüvegtartó

Magyarázzuk meg a szerkezet működési elvét!
Becsüljük meg, hogy hányszor lehet nagyobb a borosüveg tömege a fadarab tömegénél, hogy ebben az összeállításban az egyensúly kialakulhasson! (Az üveget közelítsük két üreges hengerrel, mindkét henger falvastagsága azonos, a kisebb átmérőjű henger esetén a falvastagság a henger sugarának 23%-a, az üveg sűrűsége 2,2 g/cm^3, a boré 0,98 g/cm^3.)

A feladat megoldása során az egyensúlyi helyzet feltételének felírásában fontos szerepe van a viszonyítási rendszer egyértelmű rögzítésének.

A 30. ábrán nagyjából feltüntettük a borosüveg és a fadarab tömegközéppontját, valamint a közös tömegközéppontot. A képen láthatjuk, hogy a fa és az üveg közös tömegközéppontja az alátámasztás felett található. Ezért, ha ebbe a pontba berajzoljuk a rendszerre ható nehézségi erőt, akkor annak hatásvonala az A és a B pont között metszi az alátámasztási felületet. Kis kimozdítás esetén (akár az A, akár a B pont körül) ez a feltétel továbbra is teljesül, tehát a gravitációs erő forgatónyomatéka az adott helyzetbe forgatja vissza a rendszert. Nagyobb mértékű kitérítés esetén, ha az erő hatásvonala az A-tól balra vagy a B-től jobbra metszi a talajt, akkor az egyensúlyi helyzet labilissá válik, a test felborul.



30. ábra: A koordináta-rendszerek és a tömegközéppontok feltüntetése

Az ábra jelöléseit használva a hengerek tömegei:

$$m_1 = \rho_{ü} r_1^2 (1 - 0{,}77^2)\pi l_1 + \rho_b (0{,}77)^2 r_1^2 \pi l_1$$

$$m_2 = \rho_{ü} r_2^2 \left(1 - \left(\frac{r_1}{r_2} \cdot 0{,}23\right)^2\right)\pi l_2 + \rho_b \left(1 - \frac{r_1}{r_2} \cdot 0{,}23\right)^2 r_2^2 \pi l_2$$

A méreteket vonalzóval lemérjük, és ebben a számértékben és egységben használhatjuk is az adatokat, hiszen a cél annak meghatározása, hogy az $l_1 + l_2$ hosszúságú szakaszon hova kerül az üveg tömegközéppontja.

Ha az ábrán látható módon helyezzük el az *x*-tengelyt, akkor a borral telt üveg tömegközéppontjának *x*-koordinátája a következő összefüggéssel adható meg:

$$x = \frac{m_1 \frac{l_1}{2} + m_2 \left(l_1 + \frac{l_2}{2}\right)}{m_1 + m_2}.$$

A mérést és a számítást elvégezve azt kapjuk, hogy az üveg tömegközéppontja az üveg hosszának kb. 62%-nál van, az origótól számolva.

A közös tömegközéppont koordinátáit tekintsük az $(x';y')$ koordináta-rendszerben!

Az egyensúly akkor alakulhat ki, ha a nehézségi erő hatásvonala az *x'*-tengelyt az A és B pont között metszi. Határozzuk meg tehát a fadarab és az üveg közös tömegközéppontjának koordinátáit, és nézzük meg, hogy milyen tömegarány esetén teljesül az előbbi feltétel! (A mérést az új koordináta-rendszerben ugyancsak vonalzó segítségével végezhetjük el.)

A közös tömegközéppont *x'* koordinátáját a következőképp határozhatjuk meg:

$$x' = \frac{m_1 x_1' + m_2 x_2'}{m_1 + m_2} = \frac{\frac{m_1}{m_2} x_1' + x_2'}{\frac{m_1}{m_2} + 1}.$$

Az egyensúly akkor alakul ki, ha

$$x_A' < x' < x_B'.$$

Az adatokat behelyettesítve azt kapjuk, hogy

$$1{,}42 < \frac{m_1}{m_2} < 3{,}83.$$

Látható, hogy a tömegarány széles intervallumon változhat. Minél közelebb vagyunk az intervallum széléhez, a metastabil állapot annál közelebb van a labilishoz, tehát annál kisebb kimozdítás esetén vált át a stabil állapot labilisba. Akkor a legstabilabb az egyensúly, ha a nehézségi erő hatásvonala az AB szakasz felezőpontján halad át.

***

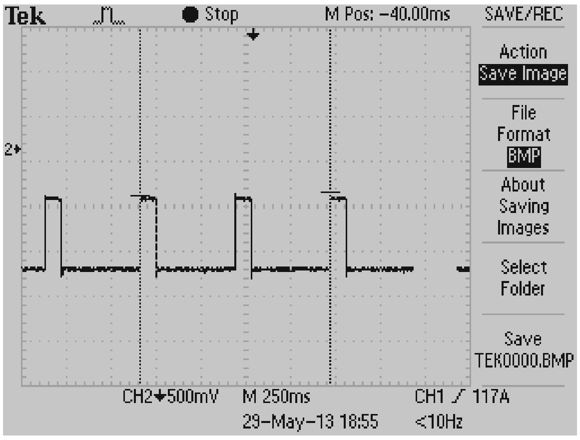
Az egyetemi kinematika feladatok megoldása során kívánatos lenne a differenciál- és integrálszámítás elemeinek használata, ezek azonban csak később szerepelnek a matematika tananyagban, mint ahogy ezt a fizika igényelné, ezért lehetőségeink korlátozottak. Elvileg lehetséges, hogy a hallgatókkal az első feladatmegoldó órán egy rövid bevezetőben megismertetjük a differenciálhányados és a határozott integrál fizikai, kinematikai jelentését, és megtanítjuk őket a formálás deriválási, integrálási szabályokra. Mi a Pannon Egyetemen azonban nem ezt az utat választottuk. A kinematika feladatokat középiskolás módszerekkel oldjuk meg, de a függvények alkalmazása révén a grafikon meredekségének és a görbe alatti területnek a vizsgálatával folyamatosan hivatkozunk a matematika órákon tanultakra. Az első félév végére összeállhat a hallgatók fejében a két kurzuson tanultak kapcsolata.

Az alábbi kísérleti feladat a fizika bevezető kurzusához illeszkedő kinematika feladat elemi szintű tárgyalását szemlélteti.

A 31. ábrán egy lejtőn leguruló, villogó kerékpárlámpával ellátott, kiskocsiról hosszú expozíciós idővel készült képet láthatunk.

31. ábra: A lejtőn leguruló kiskocsin villogó kerékpárlámpáról készült hosszú expozíciós felvétel

A lámpában 3 LED található, a szélső LED-ek függőleges távolsága 3,5 cm. A lámpát vezérlő áramkör kimenetén oszcilloszkóppal megmérjük a feszültség időbeli változását, ezt a 32. ábrán láthatjuk:



32. ábra: A villogást szabályzó áramkör kimenetéről készült oszcilloszkópos felvétel

Becsüljük meg a kiskocsi pillanatnyi sebességét az egyes felvételek idején!

Becsüljük meg a kiskocsi gyorsulását!

Készítsük el a kocsi mozgásának sebesség-idő függvényét, ez alapján állapítsuk meg a mozgás kezdetének tényleges időpillanatát, valamint a test kiinduló helyzetét!

Abból a tényből, hogy a három LED távolsága a valóságban 3,5 cm, meghatározhatjuk a képen látható elmozdulások valós értékeit. (33. ábra)

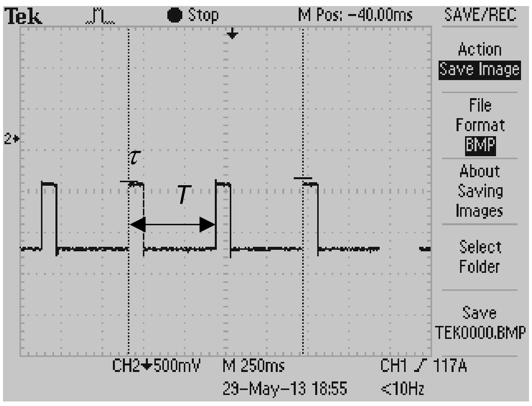
33. ábra: A kiskocsi elmozdulásaink vizsgálata

A következőkben a mennyiségeket jelölő betűket vesszővel látom el abban az esetben, ha a fotón lemérhető értékeiről beszélek. Ha a valóságos értékeiről esik szó, akkor a nekik megfelelő betűket vessző nélkül használom.

Ha lemérjük a 3,5 cm-nek megfelelő $\Delta y'$ távolságot és a lejtővel párhuzamos elmosódásokat (Δx_1'-Δx_5'), akkor a következő összefüggéssel a valós elmozdulások meghatározhatók (Δx_1-Δx_5):

$$\frac{\Delta x}{\Delta x'} = \frac{3{,}5cm}{\Delta y'}.$$

A 34. ábrából leolvasható a lámpa felvillanásának ideje, ha figyelembe vesszük, hogy a képen látható, szaggatott vonallal jelölt négyzetek oldala 250 ms-nak felel meg a valóságban. A négyszögjelek szélessége épp a τ felvillanási idő. A mérést és számolást elvégezve egy felvillanás 90 ms-ig tartott.



34. ábra: Az oszcilloszkópos kép vizsgálata

A τ idő alatti elmozdulások segítségével megbecsülhetjük a kiskocsi pillanatnyi sebességét a

$$v_n \approx \frac{\Delta x_n}{\tau}$$

összefüggéssel. Az igen kicsi időre vonatkoztatott átlagsebességgel becsült pillanatnyi sebességről könnyű belátni, hogy az egy differencia-hányados, melyből $\tau \to 0$ határesetben differenciál-hányados jön létre. A számolt eredményeket a következő táblázat tartalmazza:

Δx (cm)	1,1	2,3	3,5	4,7	5,9
v (m/s)	0,12	0,26	0,39	0,52	0,66

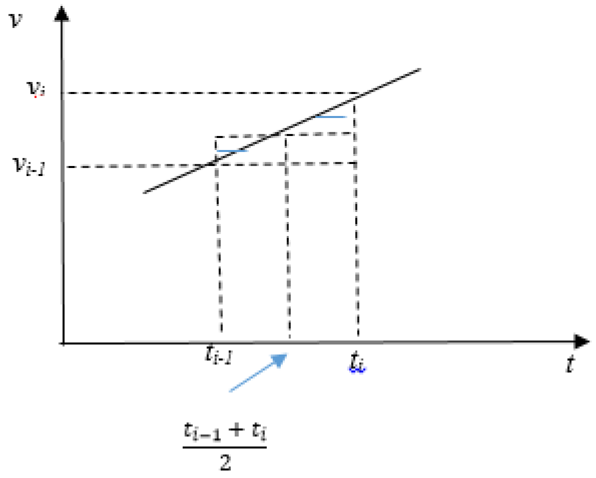
A gyorsulást kiszámíthatjuk, ha meghatározzuk a szomszédos mérési pontok közötti sebességváltozásokat, és ezeket elosztjuk a villogás *T* periódusidejével. Az oszcilloszkópos ábra alapján két szomszédos felfutó él időbeli távolsága T= 530 ms. Az eredményeket a táblázatban találjuk:

Δv (m/s)	0,14	0,13	0,13	0,13
a (m/s^2)	0,25	0,25	0,25	0,25

Az adatok alapján elmondhatjuk, hogy a mozgás egyenletesen változó, és a gyorsulást 0,25 m/s^2-nek vehetjük.

Az előző pontban kiszámoltuk a kocsi mozgásának átlagsebességeit 90 ms-os időtartamokra. Ezeket még nem tekinthetjük pillanatnyi sebességnek, viszont láttuk, hogy a mozgás egyenletesen gyorsuló, így képesek vagyunk a pillanatnyi sebesség-idő grafikon megrajzolására.

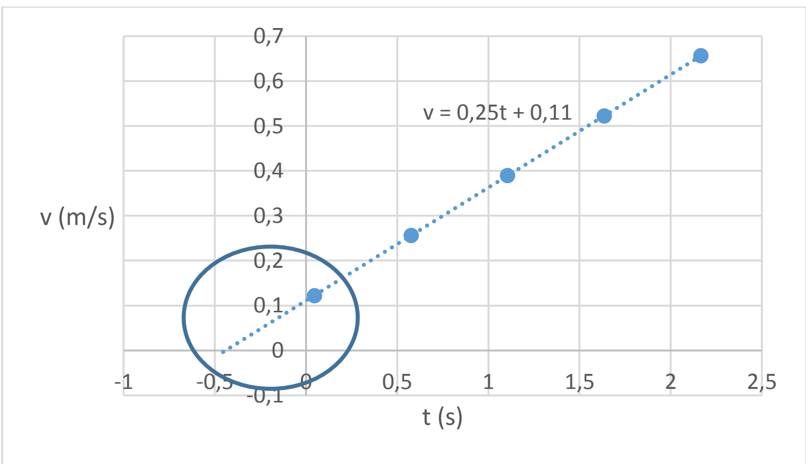
A 35. ábra egy egyenletesen gyorsuló mozgás sebesség-idő grafikonjának egy részletét mutatja:



35. ábra: A sebesség-idő grafikon vizsgálata

Az ábra alapján belátható, hogy a két kék vonallal jelzett háromszög területe egyenlő, tehát a felső háromszög az alsó helyére fordítható. Így a grafikon alatti trapéz, ill. az átdarabolás után keletkezett téglalap területe megegyezik. Ezért azt mondhatjuk, hogy egyenletesen gyorsuló mozgás során a test elmozdulása a $[t_{i-1}; t_i]$ időintervallumban megegyezik azzal az elmozdulással, amelyet a test ugyanezen időintervallumban tesz meg, ha eközben állandó sebességgel halad, méghozzá az ún. középsebességgel. A mi esetünkben egy időintervallum hossza 90 ms, a középsebesség értékei pedig az első táblázatban látható sebességek. Vegyük t=0-nak azt az időpillanatot, amely a képen az első lámpafelvillanás kezdetéhez tartozik! Ekkor az első sebesség értéket a 45 ms-hoz rendeljük, az n-dik értéket pedig 45+(n-1)·530ms-hoz (n=2,…,5).

Az eredmény a 36. ábrán található.



36. ábra: Az ismertetett módszerrel készített sebesség-idő grafikon

Az egyenes egyenletéből egyrészt látszik, hogy annak meredeksége, tehát a test gyorsulása, a fentiekben megállapított érték, másrészt a v=0 helyettesítéssel megtudhatjuk a mozgás kezdetének valódi időpillanatát. A számítást elvégezve t_0= -0,44 ms. A 36. ábrán látható grafikon alapján is erre következtethetünk.

Ezek segítségével azt is megtudhatjuk, hogy honnan indult valójában a test. A grafikonon a bal oldali háromszög területe (az ábrán kiemelve látszik) számértékben megegyezik azzal az elmozdulással, amelyre a test kiinduló helyzetéből az első felvillanásig tett szert. Itt mutathatjuk meg a határozott integrál fizikai jelentését. Ez

$$\Delta x_0 = \frac{0{,}1109\frac{m}{s}\cdot 0{,}044s}{2} = 2{,}4\,mm.$$

Tehát a mozgás képre rögzítését szinte az első pillanattól megtettük.

3. Az Audacity program használata a felzárkóztató kurzuson

A felzárkóztató kurzus alapfeladata a hallgatók középiskolából hozott hiányos elméleti tudásának és gyakorlati kompetenciáinak pótlása. A gyakorlati vonatkozású felzárkóztatásban kiemelt jelentősége van az „in situ" számítógépes mérőkísérleteknek és a hozzájuk kapcsolódó feladatmegoldásnak. Ennek illusztrálásaként az előző fejezetben már bemutatott „Audacity" akusztikus számítógépes mérőprogram két egyszerű alkalmazását szeretném bemutatni.

A felzárkóztató kurzuson sajnos a legegyszerűbb középiskolai kísérletek megismétlése is hiánypótló élményt jelent a hallgatóknak. Ilyen kísérlet a szabadesés ejtőzsinórral végzett vizsgálata, amit számítógépes érzékeléssel teszünk kvantitatív méréssé.

Ha egy hosszú zsinegre úgy kötünk fel apró köveket, csavarokat, hogy a köztük lévő távolságok aránya 1:3:5:7:…, és a legalsó követ a padlóra helyezve a zsinórt elengedjük, akkor egyenletes kopogást hallunk a padlón. Ebből arra következtetünk, hogy az egymás fölött lévő testek által megtett utak aránya 1:4:9:16:…, és mivel kezdősebesség nélkül indultak a testek, az egyenletes kopogás megléte a négyzetes úttörvény teljeülését jelenti, tehát a mozgás egyenletesen gyorsuló.

Az egyenletes kopogást egyszerűen fülünkkel is halljuk, de az Audacity program használatával a jelenség objektív módon igazolható, és a feladatot a grafikus ábrázolás gyakorlásával és a gravitációs gyorsulás értékének számszerű meghatározásával egészítjük ki.

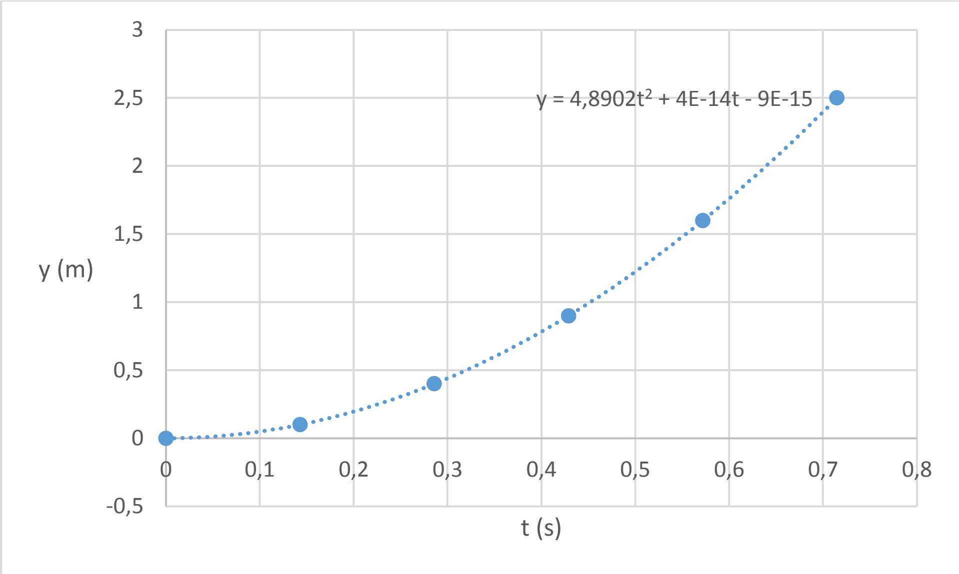
A megfelelően előkészített ejtőzsinórt leejtve, a kopogás hangjának a számítógépes programmal rögzített időfüggését a 37. ábrán látható diagramja mutatja.

37. ábra: Az ejtőzsinóros kísérletről készült hangdiagram

Az egyes koppanások a képen jól kivehetők. Látható, hogy minél magasabbról esett egy test, annál nagyobb amplitudójú a hozzá tartozó jel. Az egyenletességet azonban nemcsak szemmel állapíthatjuk meg, hanem a kurzort a vonalara illesztve a kép alján a koppanáshoz tartozó időpillanatot, vagy a két koppanás közti időbeli távolságot le is mérhetjük, ezzel bizonyítva a négyzetes úttörvény teljesülését. Kísérletünkben a koppanások távolsága időben átlagosan 0,143 s volt.

A kísérlethez használt ejtőzsinórnál a testek közti legkisebb távolság 10 cm volt. A programmal a testek elmozdulásához tartozó időpillanatok megállapíthatók, így elkészíthető az elmozdulás–idő függvény. Az egyedüli nehézség csupán, hogy a hangdiagramból nem derül ki, mikor indultak el pontosan a testek. Ha az első koppanáshoz tartozó időpillanatból kivonjuk az előbb kapott 0,143 s-ot, akkor a mozgás kezdetének időpontját is megkapjuk.

Az *y(t)* függvény egy parabola, melynek egyenletében az első együttható a gravitációs gyorsulás értékének felét jelenti. A mérést a programmal végezzük el, az adatok ábrázolását pl. Excelben tehetjük meg. A grafikont a 38. ábra mutatja.

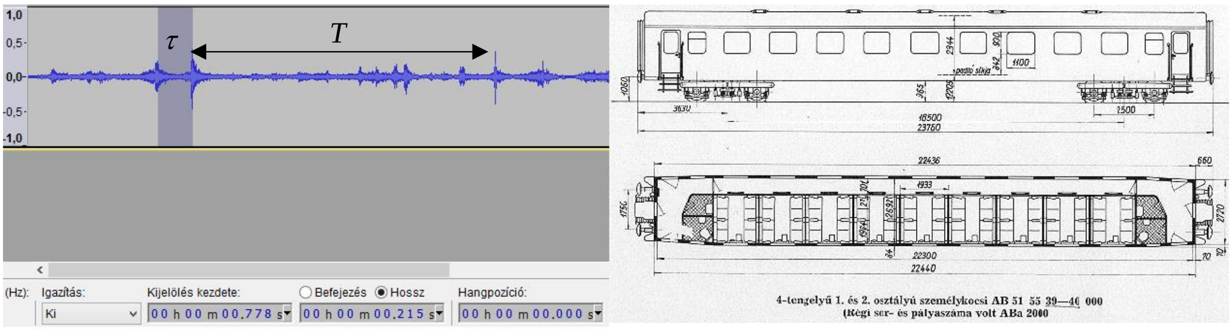


38. ábra: Az elmozdulás-idő grafikon

Láthatjuk, hogy a parabola egyenletében a második és a harmadik tag gyakorlatilag elhanyagolható, az első tag együtthatójának kétszerese, tehát a gravitációs gyorsulás értéke pedig g= 9,78 m/s^2. Ez csupán egy mérés, de a valós értékhez egészen közeli eredményt ad. A jól előkészített kísérlet és mérés mindössze 5 percet vesz igénybe.

***

Mérnökhallgatók számára különösen fontos, hogy olyan problémákat tárgyaljunk, amik bemutatják a fizika és a hétköznapi problémák kapcsolatát. Az alábbi feladat ezt szemlélteti. Az egyik videómegosztó portálról letöltött film vonati utazáson készült, ahol a vonatkerekek ismert kattogása kiválóan hallható. (Sajnos a videó már nem található meg az interneten, ezért a forrását nem tudom megjelölni.) A film egy kis részletéből, melyen a vonat lakott területen belül egyenletesen halad, Audacyti programmal hangfájlt készítettem. A hallgatók feladata az, hogy a hangdiagram és a kocsiról készült tervrajz felhasználásával (39. ábra) becsüljék meg, mekkora sebességgel haladt a vonat, és milyen hosszúságú szálakból illesztették össze a vasúti sínpályát.



39. ábra: A hangdiagram és a vasúti kocsi méretezése

Az első fontos feladat a jelenség értelmezése. A hallgatók sokszor mondják, hogy a két egymás utáni kattanás oka a kocsi első és hátsó kerekének áthaladása a sínek illesztésén. Egy kis beszélgetés után azonban kiderül, hogy a páros kattogás oka az, hogy a kocsi elején és hátulján is két-két kerék helyezkedik el egymás mellett. Amelyikhez közelebb ülünk, annak hangját erősebbnek halljuk, (ott a hangdiagramon az amplitudó is nagyobb), a távolabbi kerekek hangját azonban halkabbnak észleljük.

A sebesség megállapításához tehát szükségünk van a két szomszédos kerék távolságára és a két kattanás időbeli különbségére. Előző a tervrajzról, utóbbi a hangdiagramról olvasható le. A 39. ábrán a két kattanás közti τ időkülönbséget láthatjuk. Több mérést is végezve ez átlagosan τ = 0,211 s. A vonat sebessége tehát

$$v = \frac{2{,}5\ m}{0{,}211\ s} = 11{,}85\ \frac{m}{s} = 42{,}65\ \frac{km}{h}.$$

Ez egy lakott területen történő közlekedésnél reális értéknek tűnik. A vasúti síndarabok hosszának becsléséhez szükségünk lesz erre az értékre. Ha a hangdiagramon két szomszédos erősebb kattanás időbeli távolságát mérjük meg, akkor abból következtethetünk a síndarab hosszára. A 40. ábrán ezt az időtartamot T-vel jelöltem. A mérések szerint átlagosan T = 1,784 s. A síndarab l hossza:

$$l = 11{,}85\ \frac{m}{s} \cdot 1{,}784\ s = 21{,}14\ m.$$

A kapott érték ugyancsak megfelelhet a valóságnak. A feladat elvégzése nem tart sokáig, ám sok apró és fontos megbeszélni valót rejt magában, és az Audacity program látványossá teszi a megoldást.

Ez a két feladat ismét arra mutat példát, hogy a valóságban tapasztalható jelenségekre hogyan alkothatunk olyan fizikai feladatokat, amelyekből a számolt eredmények jól összeegyeztethetők a valósággal.

4. A felzárkóztató kurzus hatékonyságának vizsgálata

A fizika felzárkóztató kurzust a 2013/2014-es tanévtől kezdve vezetem. Az alkalmazott módszerek eredményességét, a kitűzött célok teljesülését folyamatosan igyekszem követni. Ebben egyaránt szerepet kapott a hallgatók tárggyal kapcsolatos szubjektív véleményének kikérése, valamint a tanulmányi eredmények összehasonlító elemzése. A hallgatók véleményét személyes beszélgetések során, illetve az utolsó foglalkozáson megíratott elégedettségi teszt segítségével igyekeztem évről évre megtudni. A tanulmányi eredményeknek az egész elsőéves évfolyamra kiterjedő elemzése jelentette az eredményességi vizsgálat másik részét. Itt sikernek tekintettem, ha a felzárkóztató kurzuson részt vevő hallgató teljesítette a félév végén megismételt kritérium dolgozatot és jelentkezhetett a Fizika I. vizsgára, illetve, ha ezután a hallgató sikerrel vette a vizsgát. Sikertelenségnek tekintettem, ha a kurzuson résztvevő hallgató a félév végén sem tudta teljesíteni a vizsgára bocsátás kritériumát, illetve a nem tudott sikeresen levizsgázni. Meg kell azonban jegyezni, hogy a tanulmányi adatok objektívnak tűnő vizsgálata is csak tájékoztató jellegűnek tekinthető, hiszen a tanulmányi eredményeket számos egyéb tényező is befolyásolja a felzárkóztató kurzuson kívül is.

A vizsgálatokat minden tanévben a teljes első évfolyamon az őszi félévben elért eredmények alapján végeztem. A hallgatókat két csoportra bontottam: az elsőbe azok tartoztak, akik felvették és teljesítették a felzárkóztató kurzust, a másikba a többieket soroltam. (Ez utóbbiak közt egyaránt megtalálhatók voltak a fizikából kiváló tudású hallgatók, csakúgy mint azok, akik nem teljesítették a kritériumfeltételt, de valamilyen okból nem kívántak élni a felzárkóztató kurzus kínálta segítséggel. Ide kerültek azok is, akik sikertelen korábbi tanulmányaik miatt újra felvételizve indultak elsősként, de a felzárkóztató kurzust korábban már teljesítették.)

Megvizsgáltam, hogy

- az első csoportba tartozó hallgatók hány százaléka ment el vizsgázni Fizika I-ből a teljes évfolyamhoz, illetve a második csoporthoz képest;
- az első csoportba tartozó hallgatók vizsgajegyeinek átlaga hogyan viszonyul az évfolyamátlaghoz és a második csoportba tartozó hallgatók vizsgaátlagához;
- van-e megfigyelhető változási tendencia az évek során a fenti két pontban említett adatokban;
- milyen tényezők befolyásolják az eredményeket, hogyan lehet az adatokból minél pontosabban a kurzuson alkalmazott módszerek eredményességére következtetni.

Az adatok a következő táblázatban találhatók.

tanév	vizsgán megj. felz.val (fő/%)	vizsga-jegyek átlaga	vizsgán megjelent felz.nélk. (fő/%)	vizsgajegyek átlaga	átlagok különbsége	összesen vizsgázott (fő/%)	vizsgajegyek átlaga
2013/2014	*46 /74,2 %*	*2,22*	*267 /79,5 %*	*1,74*	*0,48*	*313/73,0 %*	*1,85*
2014/2015	*110 /82,7 %*	*2,35*	*146 / 77,7 %*	*2,09*	*0,26*	*256 /62,3 %*	*2,21*
2015/2016	*59/78,7%*	*1,93*	*168/70,3%*	*1,83*	*0,1*	*227/72,3%*	*1,85*

Megfigyelhető, hogy Fizika I-ből a kurzust felvett hallgatók 2/3-3/4-e megy el vizsgázni. Általában a felzárkóztató kurzust felevett hallgatók nagyobb arányban vizsgáznak, mint akik nem vették azt fel, ez sikernek tekinthető.

Az is látszik, hogy a felzárkóztató kurzust felvett hallgatók vizsgaátlaga magasabb, mint a komplementer halmazban szereplők átlaga és az évfolyamátlag. A felzárkóztatót felvett hallgatók vizsgajegyeinek átlagában és az átlagok különbségében fluktuáció tapasztalható.

A számszerű adatok mellett a szubjektív felmérés eredményeit is szeretném bemutatni. A hallgatók az utolsó alkalommal egy kérdőívet töltöttek ki, melyet az 1. sz. mellékletben csatolok a dolgozathoz. A kérdések a felzárkóztató kurzus és a Fizika I. tárgy kapcsolatáról és az alkalmazott módszerekről szóltak. Külön kérdés vonatkozott arra, hogy a hallgatók mennyire találják hasznosnak a fényképes, ill. videó alapú feladatokat, és arra is, hogy mennyire szívesen alkalmazták azokat. A vizsgálatnál különválasztottam azokat a hallgatókat, akik végig bejártak az órákra azoktól, akik csak részben, ill. egyáltalán nem vettek részt azokon. Akik (pl. óraütközés miatt) nem jártak be, a Moodle-ba feltöltött anyagokból tanulhattak. Külön kérdést tettem fel arra vonatkozólag, hogy ezek az anyagok mennyire voltak használhatók. A válaszokat ötfokozatú skálán adhatták meg a hallgatók. Az eredményeket az alábbi táblázat tartalmazza. (Az adatok átlag ± standard hiba formátumban láthatók.)

	1. kérdés	2. kérdés	3. kérdés	4. kérdés	5. kérdés	6. kérdés	7. kérdés	8. kérdés	9. kérdés
bejárt	4,13 ±0,02	4,24 ±0,03	4,39 ±0,02	3,16 ±0,03	3,61 ±0,03	4,23 ±0,01	3,77 ±0,01	2,94 ±0,01	4,23 ±0,03
részben	3,78 ±0,02	4,05 ±0,03	4,05 ±0,02	3,27 ±0,01	3,49 ±0,02	4,08 ±0,02	3,81 ±0,02	2,76 ±0,02	3,81 ±0,03
nem járt be	4,00 ±0,05	4,25 ±0,08	4,36 ±0,06	2,91 ±0,05	3,55 ±0,11	3,86 ±0,08	3,91 ±0,06	3,00 ±0,04	4,18 ±0,09

Megfigyelhető, hogy azon hallgatók körében, akik legalább részben bejártak, a vélemények elég egységesek, viszonylag szűk intervallumban mozognak az egyes válaszok. Akik csak a felöltött anyagok alapján készültek, sokkal szélesebb intervallumon belül adták meg válaszaikat.

Azokra a kérdésekre, amelyekben arra voltam kíváncsi, hogy mennyire sikerült kiemelni és elmagyarázni a Fizika I. előadáson használt kulcsfogalmakat, a válaszok átlaga 4 körüli volt, ami azt jelenti, hogy jól sikerült. Érdekes módon azok adták a legkisebb értékeket, akik csak részben tudtak az órákra bejárni.

A fotós feladatokra vonatkozó kérdések (3-5) közül a hasznosságra jó eredményeket kaptam, mindhárom csoportban 4 feletti volt az átlag, és viszonylag szűk a bizonytalansági intervallum. A feladatok nehézségére vonatkozó kérdésnél a közepes körüli átlag jött ki. Ez az eredmény kicsit összecseng a középiskolások körében végzett felmérésben tapasztaltakkal. A feladatok az átlagosnál kicsit nehezebbek, de a módszer elsajátítása után megoldhatók. Itt azok adták a legkisebb pontértékű válaszokat, akik nem vettek részt az órákon, amiből ugyancsak az előző gondolatra következtethetünk. Abban a kérdésben, hogy mennyire oldották meg szívesen ezeket a feladatokat, már érdekesebb képet látunk: a „megoldanám, ha muszáj” és a „szívesen” között mozogtak a válaszok, kicsit az utóbbihoz közelebb.

A 6. és a 7. kérdés a videoanalízis hasznosságáról és kedveltségéről szólt. Itt a számszerű adatok mellett szeretném ismertetni a hallgatókkal végzett munkámat is ezen a téren. Nemcsak az egyetemi felzárkóztató kurzuson, ill. a feladatmegoldó szemináriumon használtunk ilyen típusú feladatokat, hanem a hallgatók lehetőséget kaptak arra is, hogy előre megadott problémákon önállóan dolgozzanak. A szorgalmi feladat adása kettős célt szolgált: a felzárkóztató kurzus időtartamának „megnövelését”, és annak megmutatását, hogy a fizikai modellalkotás a gyakorlatban nem egyszerű, és a modell pontossága nagyban befolyásolja a számolás során kapott végeredmény valóságtartalmát. A hallgatók konkrét feladatokat kaptak, melyekből választhattak, és a beadott feladatok számának, ill. a megoldás minőségének megfelelően pontokat szerezhettek, amelyeket a félév végén kapott érdemjegybe számítottam bele. A feladathoz kapcsolódó filmeket maguknak kellett elkészíteni, és ennek analízisével kellett a kérdéseket megválaszolniuk. Így nem születhetett két egyforma megoldás. A feladatok mindig tartalmaztak olyan kérdést, melyhez kinematikai vagy dinamikai modellt kellett felállítani. A feladatok megoldására két hónap állt rendelkezésükre, és személyes, ill. e-mailben történő konzultációra folyamatosan lehetőségük volt, amellyel sokan éltek is. Az eddigi félévek során összesen 43 fő adott be megoldást a feladatokra.

Akik legalább részben bejártak, alapvetően hasznosnak ítélték meg a videoanalízist, akik nem vettek részt az órákon, inkább közepeshez közelebbi értékeket adtak kicsit szélesebb intervallumban. (Ezeket a feladatokat egyébként a feltöltött anyagokból nehezebben is lehetett otthon feldolgozni.) Érdekes módon azonban épp az utóbbi réteg volt az, akik a legszívesebben oldották volna meg ezeket a feladatokat. Igaz, ez az átlag is 4 alatti. Tehát a videoanalízis csak részben nyerte el a hallgatók tetszését.

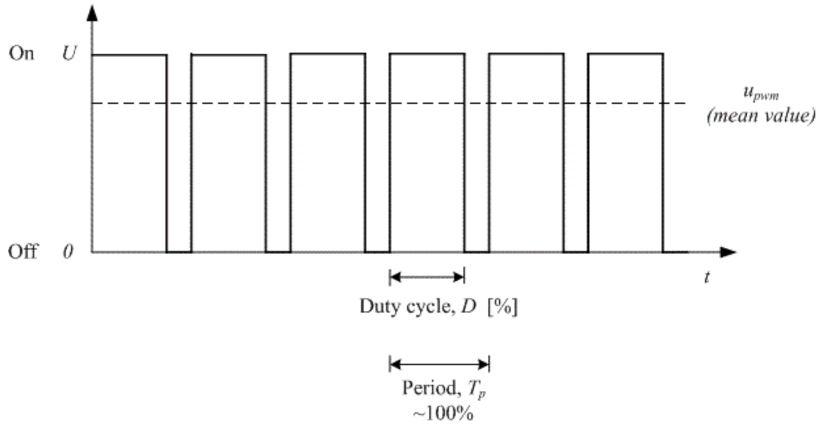
Az utolsó két kérdés nem a módszerekről szólt, inkább technikai jellegűek voltak. Egy ilyen sokcélú kurzuson nehéz megtartani az egyes részek között az egyensúlyt. Arra voltam egyrészt kíváncsi, hogy ez mennyire sikerült, ill. arra, hogy a feltöltött anyagok milyen mértékben segítik az otthon tanulást. A válaszok alapján azt mondhatjuk, hogy a hallgatók szerint nagyjából megvolt az egyensúly, talán kicsit több számolást szerettek volna még, erre a későbbiekben figyelnem kell. A Moodle-ba feltöltött anyagok hasznosságát is jónak minősítették annak ellenére, hogy tudatosan kicsit hiányosra készítettem őket, hogy ezzel is ösztönözzem a hallgatókat a kurzuson való részvételre, ill. arra, hogy ha nem is tudnak bejárni rá, kérjék el azok jegyzeteit, akik ott voltak az órákon.

Összefoglalva elmondhatom, hogy a Fizika I. vizsga eredményeiben részben tükröződik a kurzuson alkalmazott módszerek pozitív hatása, de konkrétumokat a sok zaj miatt nehéz mondani. A hallgatók szubjektív véleménye azonban megerősít abban, hogy folytassuk ezt az utat a felzárkóztatásban és a jobb vizsgaeredmények elősegítésének érdekében.

5. Mechatronikai mérnök hallgatók munkája a jelenség alapú feladatok megalkotásában

Egyetemi oktatói munkám során alkalmam nyílt mechatronikai mérnök hallgatók szakdolgozati munkáját vezetni. Ennek során igyekeztem olyan témákat is kiírni, melyek segítették a fizika módszertannal, és ezen belül a jelenség alapú feladatokkal kapcsolatos kutatásaimat. A következőkben erre szeretnék egy példát mutatni.

Még középiskolai oktatói munkám során foglalkoztam azzal, hogyan lehet könnyen, egyszerűen LED-es zseblámpából stroboszkópot készíteni. Az alapötlet az volt, hogy mivel a LED-en csak nyitó irányú feszültség hatására folyhat áram, ha váltófeszültséget biztosító jelgenerátorra kötöm a lámpát, akkor az villogni fog. A jel frekvenciájának változtatásával a strobofény villogásának üteme is változtatható. Mivel akkor szertáramban csak szinuszos jelet kibocsátó jelgenerátorom volt, ezért ezt tudtam a megfigyeléseimhez használni. Gyors folyamatok vizuális megfigyelésére alkalmas volt az eszköz, de szép strobofelvételeket nem lehetett vele készíteni. Ahhoz arra lett volna szükség, hogy a jelgenerátorból változtatható frekvenciájú és kitöltési tényezőjű négyszögjelet, ún. PWM-jelet (Pulse Width Modulation) tudjak nyerni. Itt a feszültség nagyon hirtelen változik két érték, a 0 és a maximális, között. A 40. ábra egy ilyen jelet mutat be az őt jellemző paraméterekkel együtt. (T_P a periódusidő, D pedig a kitöltési tényező, mely azt mutatja meg, hogy az egy periódus hány %-ban magas a jelszint.) [1]



40. ábra: A PWM-jel, és jellemző paraméterei

Ezért amikor lehetőségem nyílt mechatronikai mérnök hallgatók számára szakdolgozati témát kiírni, akkor meghirdettem egy PWM-jelgenerátor tervezését és építését. A most bemutatott eszköz Kovács Ákos Bálinttal végzett közös munkánk eredménye 2014-ből. [2] Az eszköz felépítését részletesen a 2. sz. mellékletben ismertetetem.

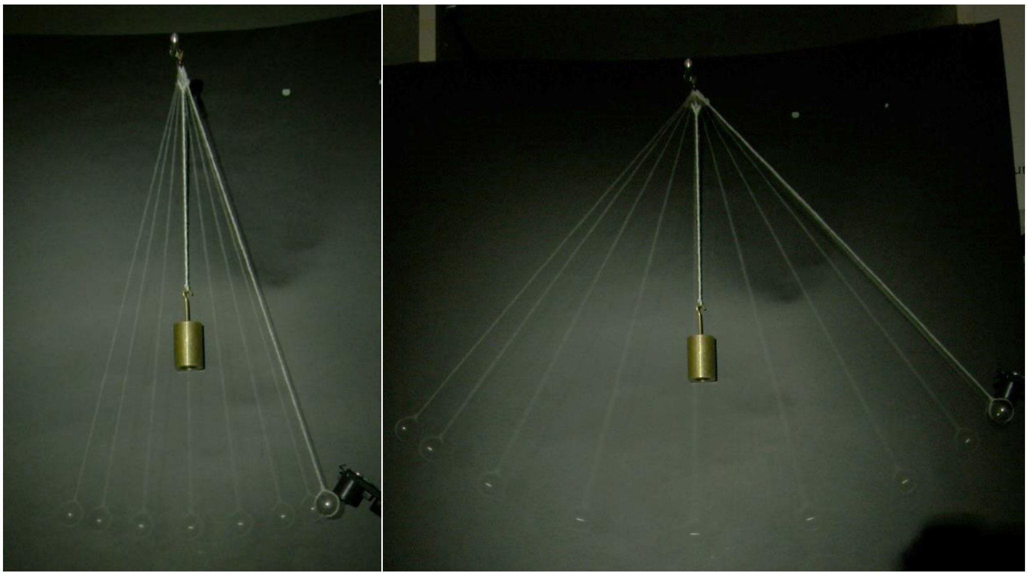
Az elkészült eszközzel már vállalkozhattam arra, hogy jobb minőségű stroboképeket készítsek gyorsan változó folyamatokról. Fényforrásként nem LED-es zseblámpát használtam, hanem egy nagy teljesítményű és fényerejű LED-et (SSC-P7), mellyel a vizsgált területet jobban megvilágíthattam. Az elkészült képekhez feladatokat is kapcsoltam, melyek közül eddig már többet is bemutattam. Az alábbi feladat, már inkább az egyetemi oktatásban használható a benne szereplő matematikai összefüggések miatt.

***

A matematikai inga mozgását tanulmányozva megtanuljuk, hogy kis szögkitérés esetén (φ<5°) az inga harmonikus rezgő mozgást végez, hiszen az ingatest pillanatnyi gyorsulása arányosnak tekinthető a pillanatnyi szögkitéréssel, és azzal ellentétes irányú. Ebben az esetben a mozgás körfrekvenciája és periódusideje az alábbi összefüggésekkel határozható meg:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \text{ és } T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \,.$$

Hogyan viselkedik egy inga 5°-nál nagyobb szögkitérés esetén? Mekkora hibát követünk el, ha mozgását mégis harmonikus rezgőmozgásként kezeljük? Ezt vizsgáljuk a következő felvételekkel. (41. ábra)



41. ábra: Két különböző, 5°-nál nagyobb kezdeti szögkitéréssel induló matematikai inga mozgásáról készült strobofelvétel

A képeken egy fehér színű fonálra akasztott vasgolyó mozgását figyelhetjük meg. A középen látható fonálon függő sárgaréz tárgy a függőleges irányt jelzi a képen.

A feladathoz három felvétel tartozik különböző kezdeti kitérésekkel. A t=0 időpillanatban a 42,5 cm hosszú inga a jobb oldali szélső helyzetében van. Az ingát a hosszú expozíciós felvétel készítésekor olyan strobofénnyel világítottuk meg, amelyben a villogás periódusideje 82 ms, és a felvillanás hossza 7 ms volt.

A pillanatnyi szögkitéréseket vizsgálva meghatározhatjuk az inga hosszát a harmonikus rezgőmozgásnál megismert összefüggések segítségével.

A szögkitérés-idő függvényt felírhatjuk a

$$\varphi = \varphi_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = \varphi_0 \cos(\omega t)$$

alakban, ezt átalakítva az

$$\arccos\left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right) = \omega t$$

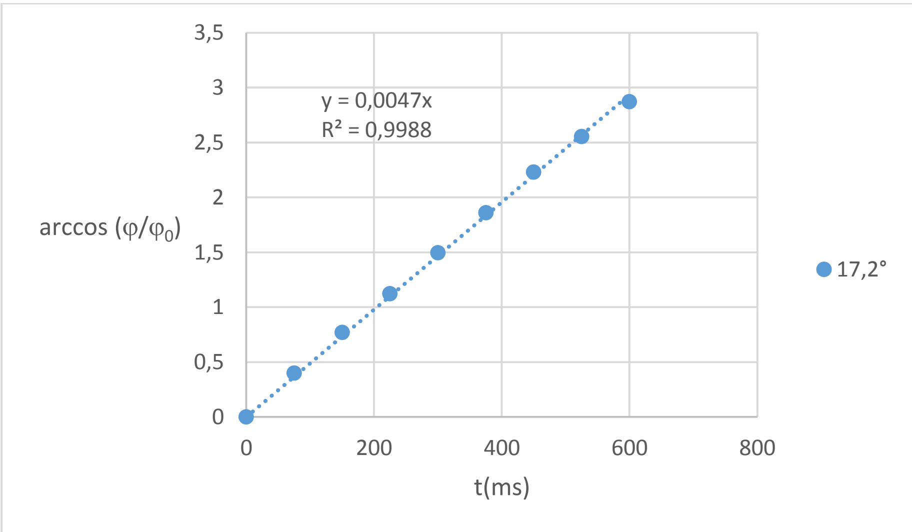
egyenlethez jutunk. Tehát ha a pillanatnyi és a kezdeti szögkitérés hányadosának arkusz koszinuszát ábrázoljuk az idő függvényében, egy olyan origón áthaladó egyenest kell kapnunk, amelynek meredeksége épp a mozgás körfrekvenciája.

A szögkitérés pontos méréséhez a Tracker nevű programot használtam. Az adatokat az alábbi táblázat tartalmazza.

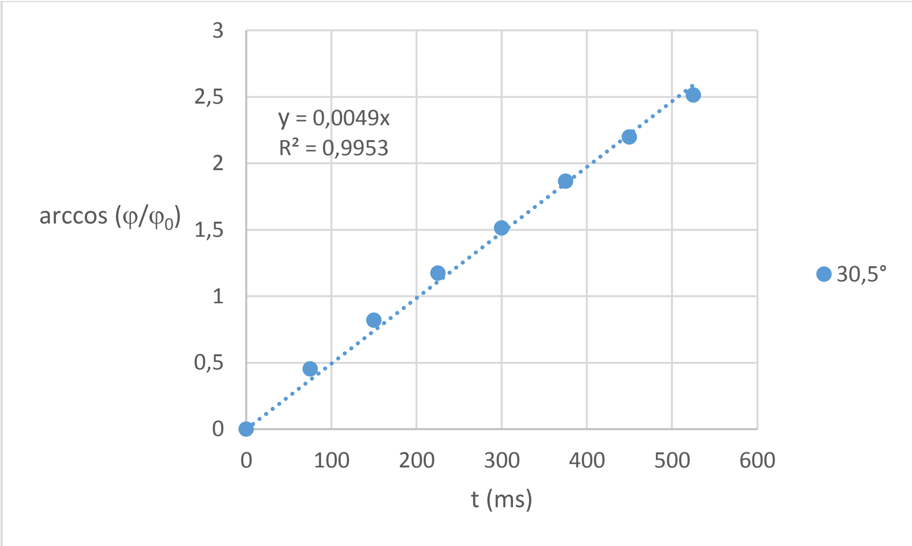
t (ms)	φ_1 (°)	φ_2 (°)	φ_3 (°)
0	17,2	30,3	42,8
82	15,2	28,1	41,3
164	10,9	21,7	36
246	6,3	12,9	26,6
328	-0,2	2,5	13,1
410	-6,3	-8,1	-1,7
492	-11,5	-17,9	-16,8
574	-15	-25,5	-29
656		-28,6	-38,1
738			-42,3

A három különböző kezdeti szögkitérés esetén a grafikonok a következőképp néznek ki:

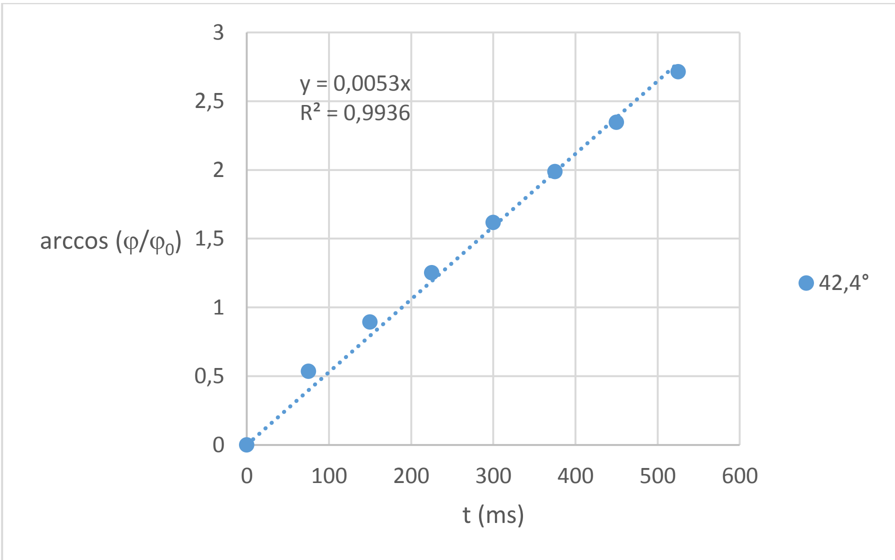
(42-44. ábra)



42. ábra: A relatív szögkitérés arkusz koszinusza az idő függvényében 17,2°-os kezdeti szögkitérés esetén



43. ábra: A relatív szögkitérés arkusz koszinusza az idő függvényében 30,5°-os kezdeti szögkitérés esetén



44.ábra: A relatív szögkitérés arkusz koszinusza az idő függvényében 42,4°-os kezdeti szögkitérés esetén

Látható, hogy az első esetben az egyenes meredeksége 0,0047 1/ms, azaz a mozgás körfrekvenciája 4,7 1/s.

Ebből az inga hosszára 44,4 cm adódik, a valós értékhez viszonyított relatív eltérés 4,5 %-os.

30,3°-os szögkitérés esetén a hosszra 50,7 cm-t kapunk, mely esetén a relatív eltérés 19,1%-os, 42,8° kezdeti szög esetén 61,3 cm-es hosszúság és 44,26%-os relatív eltérés adódik.

Minél nagyobb tehát a kezdeti szögkitérés, annál kevésbé használható leírására a harmonikus közelítés. Ez onnan is látszik, hogy egyre kisebb pontossággal illeszthető egyenes a grafikon pontjaira.

A fejezethez kapcsolódó tézisek:

1. A középiskolákból az egyetemekre kerülő tanulók fizikatudásában nagy különbségek és sokszor nagy hiányosságok mutatkoznak. A Pannon Egyetem Mérnöki Karán a hiányos tudással rendelkező hallgatók számára felzárkóztató kurzust tartottam, melynek tananyagát úgy dolgoztam ki, hogy az egyetemi továbblépéshez szükséges elméleti ismereteken és azokhoz kapcsolt alkalmazásokon legyen a hangsúly. A felzárkóztató kurzus és az egyetemi szintű „Fizika I.” kollégiumhoz csatlakozó szeminárium tematikájához illesztve átdolgoztam és kiegészítettem a középiskolában már eredményesnek bizonyult jelenségközpontú feladatgyűjteményemet.
2. Vizsgáltam a fényt kibocsátót diódák (LED) középiskolai és egyetemi fizikatanításban való felhasználhatóságát.(…) Egyik szakdolgozó hallgatómmal egy LED-lámpával működő stroboszkópot építettünk, mely segítségével kinematikai feladatokat készítettem.

Felhasznált irodalom:

[1] http://techteach.no/simview/pwm_control/index.php

[2] Kovács Ákos Bálint: Strobofelvételek készítése gyorsan változó mechanikai folyamatok vizsgálatához (Szakdolgozat; Pannon Egyetem Mérnöki Kar, Fizika és Mechatronika Intézet, 2014)

A tanulói aktivitás fokozása munkatankönyv segítségével

1. A Panoráma-tankönyvsorozat

A bevezetőben részletesen bemutattam a tanulók fizika iránti attitűdjének alakulását az elmúlt évtizedekben a rendelkezésre álló szakirodalmak alapján. Fontos állítás volt ebben a részben, hogy az attitűd romlása már az általános iskolában megkezdődik, és a középiskolai évek alatt ez csak folytatódik. Arról is beszámoltam, hogy a rendszeresen és kellő számban végzett kísérletek, a hétköznapi élet és a fizika tantárgy összekapcsolása, valamint a lemaradó tanulók segítése jó irányba mozdítja el a diákok attitűdjét. Igen fontos feladat tehát, hogy a fizika tanítása ezen elvek mentén történjen az első pillanatoktól kezdve. Ezen célok elérése a gyakorló pedagógusok számára nem könnyű feladat, és szükségük van megfelelő tankönyvi háttérre és taneszközparkra.

2008-ban az akkor még működő Nemzeti Tankönyvkiadó égisze alatt egy gyakorló tanárokból álló munkacsoport arra vállalkozott, hogy 7-8. osztályosok számára munkatankönyv-családot hoz létre fizika, kémia, biológia és földrajz tantárgyakból azzal a céllal, hogy a tanulók a tanórákon minél aktívabban vehessenek részt. A csoport célja volt az is, hogy a szaktanárok a tankönyvek segítségével minél könnyebben és eredményesebben valósíthassák meg a fentebb felsorolt attitűdjavító feladatokat. Ez volt a Panoráma-tankönyvsorozat. E munkacsoport tagjaként hetedik osztályosok számára írtam egy munkatankönyvet, amelyet szeretnék részletesen bemutatni.

A munkatankönyv a tankönyv egy speciális fajtája, melyben a megtanulandó tananyag munkafüzethez hasonló felépítésű könyvben kap helyet. A munkatankönyvnek természetesen meg kell felelnie azoknak a követelményeknek, amelyeket egy tankönyvtől általánosságban elvárunk. Az alábbiakban munkatankönyvvel kapcsolatosan összefoglalom az általános elvárásokat, és a sajátos módszereket [1].

- A tankönyvnek és az órai munkának szoros kapcsolatban kell állnia. Ez különösen igaz a munkatankönyvekre, ahol a lecke felépítése közvetlenül meghatározza az óra menetét. Mivel a munkatankönyv szerkezete „hiányos”, és az üresen maradt részeket tanárnak és diáknak együtt kell kitölteni, így a munkatankönyvet használó tanulók fokozott mértékben az óra részeseivé válnak. Egy jól elkészített munkatankönyv kiváló eszköze lehet a felfedezve tanítás és tanulás módszerének, a benne lévő feladatok és kísérletek nyomán a gyerekek maguk jutnak a következtetésre, ami a tankönyv e célra üresen hagyott helyeire bejegyzésre kerül.

- A tankönyv az önálló tanulás és az otthoni munka alapja, hiszen a diák a könyv és a füzet segítségével eleveníti fel az órán látottakat és hallottakat. Munkatankönyv esetén ez különös hangsúlyt kap, mert tartalmazza az óra minden mozzanatát is. Újraolvasásával az abban rögzített órai kísérletek, feladatok újra előkerülnek úgy, hogy abban a diák keze munkája is benne van, így élőbbé válik a kapcsolat a tanóra és az otthoni munka között.
- A tankönyvnek a lexikális anyag átadásán túl mintát kell biztosítani a fizikai gondolkodás és a problémamegoldás területén is. A munkatankönyv ennek az elvárásnak különösen is meg tud felelni, hiszen az óra menetében is a fizikai gondolkodás tükröződik, amit a könyv rögzít. Igazán alkalmas arra, hogy az órán bemutatott és megtárgyalt kísérletekhez feladatokat, problémákat kapcsoljon, aminek megoldása a fizikai gondolkodást segíti.
- Egy tankönyvnél általános követelmény a helyes felépítés, a megfelelő ábraanyag, a lényeges tartalmak tipográfiai kiemelése. Mivel az óra menete be van integrálva a munkatankönyvbe, különösen fontos az órai aktivitásokat tartalmazó rész és a megtanulandó anyag jó elkülönítése, utóbbiak hangsúlyos kiemelése.
- A tankönyv, munkafüzet, füzet szoros egységet alkot a napi használat során. A Panoráma fizika könyv esetén a Kiadó négy oldalban rögzítette egy lecke hosszát. Ezért a könyvben az órai feldolgozásra szánt fakultatív problémák, gyakorlásra kitűzött otthoni feladatok számára már nem jutott hely. Ezek egy külön munkafüzetbe kerültek, melynek felépítése összhangban van a tankönyvvel. Vannak a könyvben olyan feladatok is, amelyeket jellegüknél fogva a füzetbe oldunk meg. Nagyon fontos azonban, hogy a megfelelő eredményesség elérése érdekében a füzetvezetésnek illeszkednie kell a tankönyvhöz, ennek felügyelete az órát vezető tanár feladata.
- A tankönyv fontos eszköz abban, hogy a tanár a napi és az éves oktatási munkáját megtervezhesse. A munkatankönyv felépítése és jellege miatt is különösen alkalmas arra, hogy napi segítséget nyújtson a tananyag feldolgozásában, és a tanmenet elkészítésében.

A munkatankönyveknek van néhány hátránya is az általános felépítésű tankönyvekkel szemben. Ez egyrészt abból adódik, hogy a munkatankönyv csak egy tanuló által és egy tanévben használható, hiszen a diák az órai munka során abba dolgozik, beleír, számol, rajzol. A másik nehézsége a munkatankönyvnek, hogy részben hiányos, azaz csak az órai munka nyomán válik teljessé és jól tanulhatóvá. Ez megnehezíti, hogy a tankönyv segítségével egy diák – aki bármilyen okból nem volt jelen az órán – a tankönyv segítségével maradéktalanul pótolni tudja a lemaradását Tapasztalataim szerint az első problémát az iskolák úgy próbálták megoldani, hogy a tankönyveket könyvtári állományba vették, és kérték a tanulókat, hogy az órai munkát a füzetükbe jegyezzék le. Ezzel azonban lehetetlenné tették a munkatankönyv lényegi használatát. Ha a munkatankönyvet rendeltetésszerűen használjuk, nem minősülhet tartós tankönyvnek. A második probléma a megtanulandó anyag helyes kiemelésével részben megoldható, de a diáknak rá kell szánni az időt arra, hogy tanítási időn kívül a megfelelő bejegyzéseket megtegye tankönyvében, ezzel pótolva az órai munkát.

Tapasztalataim szerint a diákok szívesen dolgoznak a munkatankönyv teljessé tételén. Azok a tanulók, akikkel a tankönyv ismertetése során találkoztam, fellelkesültek, amikor azt mondtam nekik, hogy a könyvet csak részben írtam meg, és most rajtuk a sor, hogy tanárukkal együtt befejezzék azt. Így a tanév végére kapnak egy olyan könyvet, amelyet az elejétől a végéig el lehet olvasni.

2. Munkatankönyvek használata a korábbi magyar közoktatásban

A munkatankönyv a magyar közoktatásban nem ismeretlen. Az MSZMP Központi Bizottságának 1972-es oktatáspolitikai határozata nyomán 1978-tól a tanulók fizikát 6-8. osztályban kezdtek tanulni heti két órában. A fizika egyben vállalta, hogy egyes fogalmak előkészítésével segíti a kémia és a biológia tanítását is. Ehhez új tanterv készült és új fizika tankönyvek íródtak. Ugyanazon tartervhez két tankönyvsorozat készült. Az elsőt Halász Tibor, a Juhász Gyula Tanárképző Főiskola tanára szerkesztette, aki kollégáival és a gyakorló iskola tanáraival együtt írta a könyveket. A másodikat Károlyházy Frigyes professzor (ELTE Elméleti Fizika Tanszékének egyetemi tanára) készítette Csákány Antalnéval és gyakorló tanárok bevonásával. [2]

Mindkét tankönyvsorozat munkatankönyv formájú. Ugyanarra a tantervre készültek, de koncepcióikban mégis eltéréseket mutatnak. Különbségeket láthatunk a fejezetek sorrendjében, felépítésében, de igazán tartalmi szinten jelennek meg a differenciák. A különbségek jól érzékeltethetők például az egykor nyolcadik osztályban tárgyalt kinematika-dinamika fejezeten keresztül. Ebben ismerkedtek meg a tanulók az átlagsebességgel; egy ebben az életkorban különösen nehéz fogalommal, a pillanatnyi sebességgel; a gyorsulással; valamint az erő és a mozgásállapot-változás kapcsolatával is.

A Halász-féle tankönyv az átlagsebesség bevezetése és gyakorlása után a pillanatnyi sebességet a következőképp definiálja:

„A változó mozgást végző test pillanatnyi sebességén azt a sebességet értjük, amellyel a test egyenes vonalban egyenletesen mozogna tovább, ha az adott pillanatban megszűnne a sebességváltozást létrehozó hatás.”

Ezt egy kísérleten keresztül mutatja be: egy lejtőn leguruló golyó az azt követő vízszintes talajon egyenletesen gurul tovább, ennek a mozgásnak a sebessége méréssel meghatározható. Minél több ideig mozog a test a lejtőn, annál nagyobb lesz a sebessége a vízszintes pályán. Ebből nemcsak a pillanatnyi sebességre, hanem a gyorsulásra is következtethetünk. Tehát a pillanatnyi sebesség fogalmának alapja az, hogy a test a gyorsító hatás megszűnése után megtartja a sebességét. A Károlyházy-féle könyv a pillanatnyi sebességet differenciális szemléletben vezeti be: azt mondja, hogy az átlagsebesség mintájára a pillanatnyi sebesség jól közelíthető, ha a megfigyelés időtartamát elég kicsire választjuk.

„A pillanatnyi sebesség a megtett kicsiny út és az eltelt kis idő hányadosa.”

Tehát a pillanatnyi sebesség egy nagyon-nagyon rövid időtartamra számított átlagsebességgel tekinthető egyenlőnek. A szemléltetéséhez ugyancsak a lejtőn leguruló testet választja a könyv, és a mozgást hosszú expozíciós idővel készített strobofelvétel segítségével analizálja. Mivel a saját tankönyvemben én is ezt tettem, ezért ennek részletes ismertetését későbbre hagyom.

Ugyancsak más szemléletmóddal rendelkezik a két könyv az erő és a mozgásállapot-változás kapcsolatában. A Halász-féle tankönyv alapvetően arra hívja fel a figyelmet, hogy a mozgás a test állapota, és ezt egy mennyiséggel, az impulzussal, jellemezhetjük. Ha egy test lendülete megváltozik, akkor ez a mozgásállapot megváltozását jelenti. Az erő az impulzus megváltozását eredményezi. Az erőt a lendületváltozás gyorsaságával jellemezzük. A Károlyházy-féle tankönyv az erő fogalmát a rugós erőmérőre alapozza, és hangsúlyozza az erő és a mozgás gyorsulása közti kapcsolatot. Ha egy testre több erő hat, és ezek kiegyensúlyozzák egymást, akkor a test nem gyorsul, ellentétes esetben a test gyorsulása az eredő erő irányába mutat. A test tömege kifejezi a test tehetetlenségét. 1N erő az 1 kg tömegű test sebességét 1 másodperc alatt 1 m/s-mal változtatja meg. Ez a könyv is foglakozik a test lendületével, mint a mozgásállapotot jellemző mennyiséggel, és annak megmaradásával, de az erő fogalmának bevezetésétől elkülönített módon.

Ugyancsak fontos különbség az, hogy a Halász-féle tankönyvsorozatban az első kötettől kezdődően szó esik a gravitációs, elektromos és mágneses kölcsönhatásokban szereplő erőterekről, mezőkről, sőt a mező energiájáról is. A Károlyházy-féle tankönyvekben a mezők csak érintőlegesen, inkább kvalitatív módon jelennek meg.

Látható tehát, hogy a két tankönyvsorozat felépítésében alapvetően hasonló, tartalmilag komoly különbségeket tartalmaz. Saját tankönyvem írása során igyekeztem az értékes gondolati megközelítéseket átvenni ezekből a könyvekből, azokat a részeket pedig, amelyek a korábbi években tanítási nehézségeket okoztak vagy okozhattak, megváltoztattam.

3. Újítások a hetedik osztályos fizika Panoráma-tankönyvben

A Panoráma sorozatban készült fizikatankönyvben szereplő újításokat úgy mutatom be, hogy közben összehasonlítom őket a korábbi munkatankönyvek módszereivel.

A munkatankönyvek használata során komoly nehézséget jelent, hogy ha az órán hibás bejegyzés kerül a könyvbe, akkor a diákok rosszul tanulják meg az anyagot. A régebbi tankönyvekben a kitöltendő feladatok között sok olyan található, melyben egy kiegészítendő kérdésre a diákoknak teljes mondatos választ kell adniuk. Ez a válasz sokféle lehet, s még ha a tanár és a tanulók közösen meg is beszélik, mit írjanak az üresen hagyott vonalra, vagy mezőbe, előfordulhat, hogy rossz válasz kerül a könyvbe. Ennek elkerülésére ezen feladatok jó részét inkább hiányos mondatok vagy táblázatok kiegészítésére cseréltem (45. ábra), ahol csak néhány szót kell a hiányzó részekbe beírni, így a tévedés valószínűsége csökkenhet.

1. Egy test mozgása mindig viszonylagos. Például az osztályteremben a padban ülő tanuló nem mozog a padhoz képest, de mozog az utcán elhaladó autóhoz képest, vagy akár a Naphoz képest.

Keress olyan testeket, amelyekhez képest az adott test mozog, és olyanokat is, amelyekhez képest nem! Töltsd ki a táblázatot!

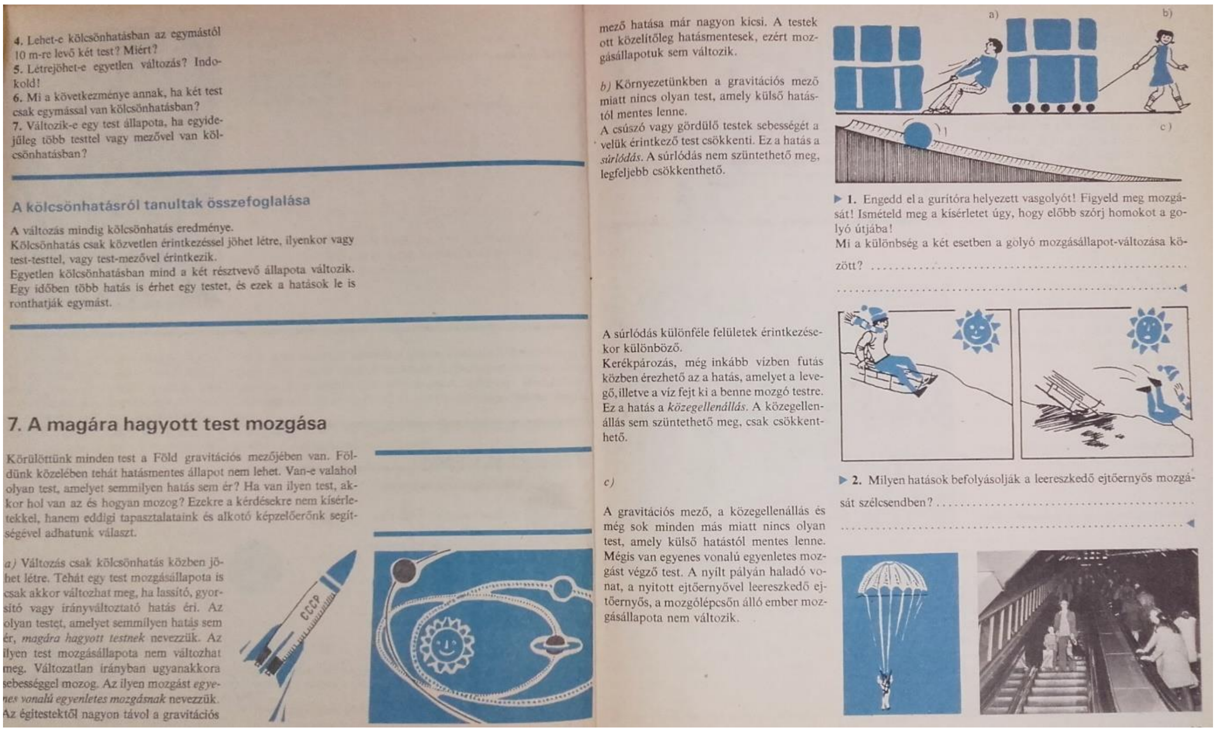
A test	Hozzá képest mozog	Hozzá képest nem mozog
A folyón úszó farönk		
A vonuló vadlúdcsapatban egy lúd		
A teherautó-konvojban egy teherautó		
Az „állócsillag”		
Egy tisztáson álló tölgyfa		
Két egyszerre elengedett, szabadon zuhanó test		

Az egyes mozgásoknál a táblázatba beírt testeket hívjuk összefoglalóan vonatkoztatási rendszernek. Tehát egy adott vonatkoztatási rendszerből nézve egy test mozoghat, más vonatkoztatási rendszerből nézve nem.

45. ábra: Kiegészítendő táblázat a Panoráma tankönyvben

***

A régebbi tankönyvsorozatokban az oldal hosszában 1/3-2/3 arányban került felosztásra. A belső kétharmadban találhatók azok a feladatok, amelyek meghatározhatják az óra menetét. Ezek lehetnek elvégzendő kísérletek, ezekhez kapcsolódó kiegészítendő kérdések, ábrák, hiányos táblázatok vagy grafikonok. A külső 1/3-ban található írott szöveg formájában a kísérletek eredménye, vagy általánosságban a megtanulandó tananyag, amelyek adott esetben segíthetnek a belső feladatok megoldásában. A Halász-féle könyvekben a leckék végén két vastag, vízszintes vonal között találjuk összefoglalva azt az ismeretanyagot, amelyet ebben a részben megtanulhattak a diákok. Ezt követik a „Gondolkozz és válaszolj!”, „Kísérletezz!”, és az „Ellenőrizd tudásod!” című részek. Ezek arra hivatottak, hogy a leckében megtanult ismereteket a tanuló képes legyen alkalmazni, ill. leellenőrizhesse, hogy az anyagot sikerült-e megfelelően megtanulnia. (46. ábra) A másik tankönyvsorozatban egy lecke tipográfiai felépítése teljesen hasonló.



4. Lehet-e kölcsönhatásban az egymástól 10 m-re levő két test? Miért?
5. Létrejöhet-e egyetlen változás? Indokold!
6. Mi a következménye annak, ha két test csak egymással van kölcsönhatásban?
7. Változik-e egy test állapota, ha egyidejűleg több testtel vagy mezővel van kölcsönhatásban?

A kölcsönhatásról tanultak összefoglalása

A változás mindig kölcsönhatás eredménye.
Kölcsönhatás csak közvetlen érintkezéssel jöhet létre, ilyenkor vagy test-testtel, vagy test-mezővel érintkezik.
Egyetlen kölcsönhatásban mind a két résztvevő állapota változik.
Egy időben több hatás is érhet egy testet, és ezek a hatások le is ronthatják egymást.

7. A magára hagyott test mozgása

Körülöttünk minden test a Föld gravitációs mezőjében van. Földünk közelében tehát hatásmentes állapot nem lehet. Van-e valahol olyan test, amelyet semmilyen hatás sem ér? Ha van ilyen test, akkor hol van az és hogyan mozog? Ezekre a kérdésekre nem kísérletekkel, hanem eddigi tapasztalataink és alkotó képzelőerőnk segítségével adhatunk választ.

a) Változás csak kölcsönhatás közben jöhet létre. Tehát egy test mozgásállapota is csak akkor változhat meg, ha lassító, gyorsító vagy irányváltoztató hatás éri. Az olyan testet, amelyet semmilyen hatás sem ér, *magára hagyott testnek* nevezzük. Az ilyen test mozgásállapota nem változhat meg. Változatlan irányban ugyanakkora sebességgel mozog. Az ilyen mozgást *egyenes vonalú egyenletes mozgásnak* nevezzük. Az égitestektől nagyon távol a gravitációs mező hatása már nagyon kicsi. A testek ott közelítőleg hatásmentesek, ezért mozgásállapotuk sem változik.

b) Környezetünkben a gravitációs mező miatt nincs olyan test, amely külső hatástól mentes lenne.
A csúszó vagy gördülő testek sebességét a velük érintkező test csökkenti. Ez a hatás a *súrlódás*. A súrlódás nem szüntethető meg, legfeljebb csökkenthető.

A súrlódás különféle felületek érintkezésekor különböző.
Kerékpározás, még inkább vízben futás közben érezhető az a hatás, amelyet a levegő, illetve a víz fejt ki a benne mozgó testre. Ez a hatás a *közegellenállás*. A közegellenállás sem szüntethető meg, csak csökkenthető.

c)

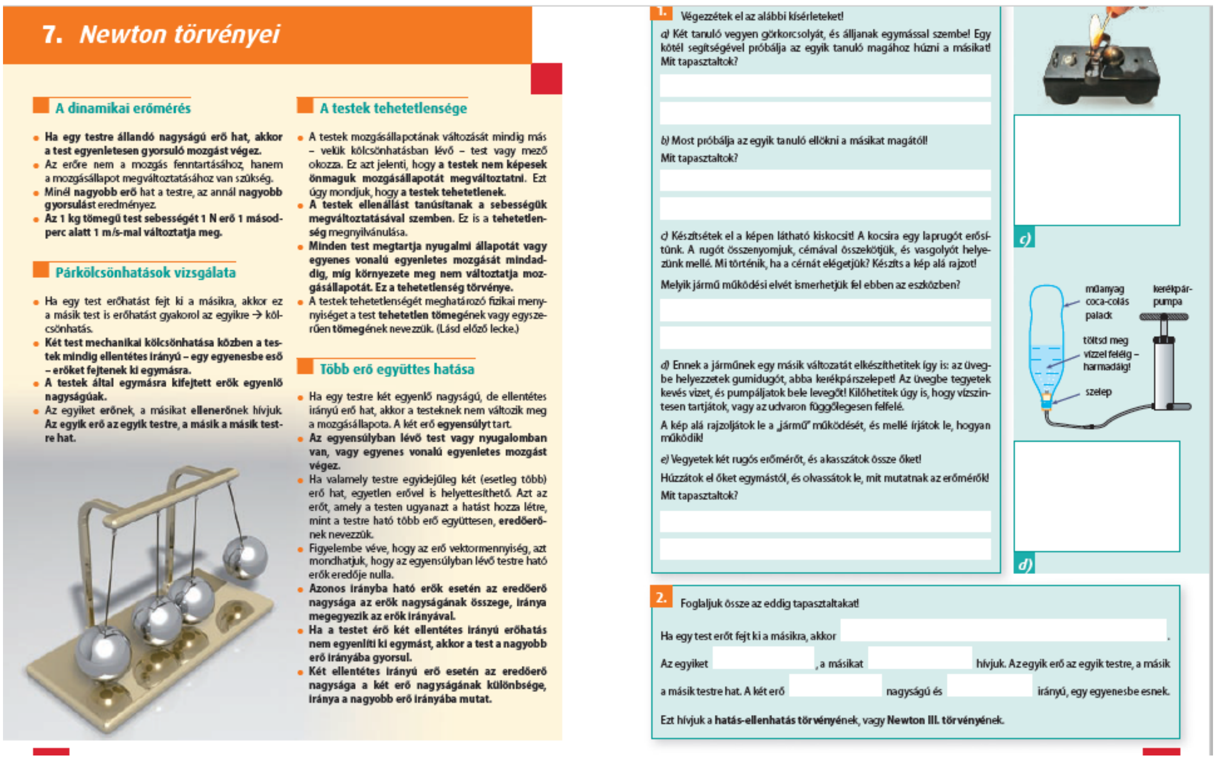
A gravitációs mező, a közegellenállás és még sok minden más miatt nincs olyan test, amely külső hatástól mentes lenne. Mégis van egyenes vonalú egyenletes mozgást végző test. A nyílt pályán haladó vonat, a nyitott ejtőernyővel leereszkedő ejtőernyős, a mozgólépcsőn álló ember mozgásállapota nem változik.

▶ **1.** Engedd el a gurítóra helyezett vasgolyót! Figyeld meg mozgását! Ismételd meg a kísérletet úgy, hogy előbb szórj homokot a golyó útjába!
Mi a különbség a két esetben a golyó mozgásállapot-változása között? ....
.... ◀

▶ **2.** Milyen hatások befolyásolják a leereszkedő ejtőernyős mozgását szélcsendben? ....
.... ◀

46.ábra: A Halász-féle tankönyv felépítése

Általános iskolás koromban azt tapasztaltam, hogy ezzel a felosztással elérhető az, hogy a belső részeket át lehessen ugrani, esetleg ki is lehessen teljes egészében hagyni. Igaz, akkor ez volt a kötelező tankönyv, a gyakorló tanárok pedig különbözőek voltak. Akik szerették a fizikát kísérleteken keresztül, gyakorlatiasan tanítani (mint ahogy az én tanárom tette), azok kihasználhatták az oldal teljes terjedelmét. Akik kevesebb energiát fektettek a tanításba, azok kihagytak részeket, és úgy is tudták a könyvet használni. Az új Panoráma-sorozat esetén abban bíztunk, hogy a sokszínű tankönyvkínálatban minden tanár megtalálhatja azt, ami közel áll hozzá, így azoknak írunk tankönyvet. Arra számítottunk, hogy azok a kollégák fogják majd diákjaik számára választani könyvünket, akik hajlandók energiát fektetni a felkészülésre, szívesen és sokat kísérleteznek, és nem zavarja őket a tanulók tevékenységével járó természetes munkazaj. Így a tipográfiai szerkesztésnél arra törekedtem, hogy ezeket a foglalkoztató feladatokat ne lehessen átugorni. A feladatokat sorba rendezve a tudásanyag kibontására törekedtünk. A megtanulandó anyag a feladatoktól teljesen elválasztva található külön oldalon. A fontos elnevezések, fogalmak, törvények félkövéren vannak szedve, jelezve, hogy ezeket mindenképpen tudni kell. (47. ábra)



7. Newton törvényei

A dinamikai erőmérés

- **Ha egy testre állandó nagyságú erő hat, akkor a test egyenletesen gyorsuló mozgást végez.**
- Az erőre nem a mozgás fenntartásához, hanem a mozgásállapot megváltoztatásához van szükség.
- Minél **nagyobb erő** hat a testre, az annál **nagyobb gyorsulást** eredményez.
- **Az 1 kg tömegű test sebességét 1 N erő 1 másodperc alatt 1 m/s-mal változtatja meg.**

Párkölcsönhatások vizsgálata

- Ha egy test erőhatást fejt ki a másikra, akkor ez a másik test is erőhatást gyakorol az egyikre → kölcsönhatás.
- **Két test mechanikai kölcsönhatása közben a testek mindig ellentétes irányú – egy egyenesbe eső – erőket fejtenek ki egymásra.**
- **A testek által egymásra kifejtett erők egyenlő nagyságúak.**
- Az egyiket erőnek, a másikat **ellenerőnek** hívjuk. **Az egyik erő az egyik testre, a másik a másik testre hat.**

A testek tehetetlensége

- A testek mozgásállapotának változását mindig más – velük kölcsönhatásban lévő – test vagy mező okozza. Ez azt jelenti, hogy **a testek nem képesek önmaguk mozgásállapotát megváltoztatni**. Ezt úgy mondjuk, hogy **a testek tehetetlenek.**
- **A testek ellenállást tanúsítanak a sebességük megváltoztatásával szemben.** Ez is a **tehetetlenség** megnyilvánulása.
- **Minden test megtartja nyugalmi állapotát vagy egyenes vonalú egyenletes mozgását mindaddig, míg környezete meg nem változtatja mozgásállapotát. Ez a tehetetlenség törvénye.**
- A testek tehetetlenségét meghatározó fizikai mennyiséget a test **tehetetlen tömegének** vagy egyszerűen **tömegének** nevezzük. (Lásd előző lecke.)

Több erő együttes hatása

- Ha egy testre két egyenlő nagyságú, de ellentétes irányú erő hat, akkor a testeknek nem változik meg a mozgásállapota. A két erő **egyensúlyt** tart.
- **Az egyensúlyban lévő test vagy nyugalomban van, vagy egyenes vonalú egyenletes mozgást végez.**
- Ha valamely testre egyidejűleg két (esetleg több) erő hat, egyetlen erővel is helyettesíthető. Azt az erőt, amely a testen ugyanazt a hatást hozza létre, mint a testre ható több erő együttesen, **eredőerőnek** nevezzük.
- Figyelembe véve, hogy az erő vektormennyiség, azt mondhatjuk, hogy az egyensúlyban lévő testre ható erők eredője nulla.
- **Azonos irányba ható erők esetén az eredőerő nagysága az erők nagyságának összege, iránya megegyezik az erők irányával.**
- **Ha a testet érő két ellentétes irányú erőhatás nem egyenlíti ki egymást, akkor a test a nagyobb erő irányába gyorsul.**
- **Két ellentétes irányú erő esetén az eredőerő nagysága a két erő nagyságának különbsége, iránya a nagyobb erő irányába mutat.**

1. Végezzétek el az alábbi kísérleteket!

a) Két tanuló vegyen görkorcsolyát, és álljanak egymással szembe! Egy kötél segítségével próbálja az egyik tanuló magához húzni a másikat! Mit tapasztaltok?

b) Most próbálja az egyik tanuló ellökni a másikat magától!
Mit tapasztaltok?

c) Készítsétek el a képen látható kiskocsit! A kocsira egy laprugót erősítünk. A rugót összenyomjuk, cérnával összekötjük, és vasgolyót helyezünk mellé. Mi történik, ha a cérnát elégetjük? Készíts a kép alá rajzot!

Melyik jármű működési elvét ismerhetjük fel ebben az eszközben?

d) Ennek a járműnek egy másik változatát elkészíthetitek így is: az üvegbe helyezzetek gumidugót, abba kerékpárszelepet! Az üvegbe tegyetek kevés vizet, és pumpáljatok bele levegőt! Kilőhetitek úgy is, hogy vízszintesen tartjátok, vagy az udvaron függőlegesen felfelé.

A kép alá rajzoljátok le a „jármű" működését, és mellé írjátok le, hogyan működik!

e) Vegyetek két rugós erőmérőt, és akasszátok össze őket!
Húzzátok el őket egymástól, és olvassátok le, mit mutatnak az erőmérők!
Mit tapasztaltok?

c)

műanyag coca-colás palack
kerékpárpumpa
töltsd meg vízzel feléig – harmadáig!
szelep

d)

2. Foglaljuk össze az eddig tapasztaltakat!

Ha egy test erőt fejt ki a másikra, akkor ______.
Az egyiket ______, a másikat ______ hívjuk. Az egyik erő az egyik testre, a másik a másik testre hat. A két erő ______ nagyságú és ______ irányú, egy egyenesbe esnek.

Ezt hívjuk a **hatás-ellenhatás törvényének**, vagy **Newton III. törvényének.**

47. ábra: A Panoráma sorozat Fizika 7. c. könyvének felépítése

A szerzői elképzelések szerint a napi munka során a lecke feldolgozását a második oldalon kezdjük, és a feladatokat sorban megoldva, a tapasztalatokat, ismereteket megszerezve haladunk előre. Az óra végén az első oldalra lapozva megtalálhatjuk az összefoglalt ismeretanyagot, ami egyben az óra megtanulandó anyagát is jelenti. Minden leckéhez az óra anyagához kapcsolódó kiegészítő anyag is tartozik: egy szövegértési feladat, egy angol-magyar szószedet és internetes linkgyűjtemény. A szövegértési feladatba igyekeztem olyan szöveget választani, amely az adott tananyaghoz kapcsolódik. Az általánosnak vett szövegértési kompetencia fejlesztésén túl fontosnak tartottam, hogy a szövegek választásával és a források megjelölésével a tanulókat olyan könyvek felé irányítsam, amelynek elolvasása hasznos lehet számukra. Ez tölti be a kiegészítő anyag szerepét a legtöbb esetben. (A szöveg megértését a hozzá kapcsolódó kérdések ellenőrzik, amelyeket szövegértési kompetencia fejlesztésében tapasztalt kollégák felkérésemre írtak meg.) A szótárban az adott leckében kiemelt, megtanult fogalmak angol megfelelői kaptak helyet. A linkgyűjteményben pedig olyan, általam megbízhatónak ítélt weblapokat soroltam fel, amely segít a diákoknak az interneten böngészni az adott témával kapcsolatban. (48. ábra)

„Vonzzák-e egymást a Nap bolygói? Hogyne vonzanák! Mennél közelebb kerülnek egymáshoz keringésük közben, annál nagyobb lesz köztük a kölcsönös vonzódás. Az ilyen »háborgatások« miatt nem is járnak szabályos ellipszispályán. (…) A Neptunuszt épp ennek révén sikerült felfedezni 1846-ban. Észrevették ugyanis a csillagászok, hogy valami zavarja az Uránusz járását. Tudták, mikor hol kell lennie, de sokszor kicsit odébb látszódott az égbolton. Az eltérés alapján egy francia tudós kiszámította annak az ismeretlen bolygónak a helyét az égen, amely nem hagyja békén az Uránuszt."

(Varga Domokos–Varga András: Ég és Föld)

A Neptunusz „háborgatja", „zavarja" az Uránusz járását. Válaszd ki az alábbiakból azt a szósorozatot, amelynek minden tagja a fenti kifejezések szinonimája (rokon értelmű vele)!

A alkalmatlankodik, befolyásolja, kétségbe ejti

B eltántorítja, alkalmatlankodik, számonkéri, kisemmizi

C befolyásolja, eltántorítja, akadályozza

D számonkéri, befolyásolja, kétségbe ejti, eltántorítja

Szótár

- nehézségi erő – gravitational force
- súly – weight
- súlytalanság – weigtlessness
- vonzás – attraction
- tömegvonzás – gravitation
- inga – pendulum

Linkgyűjtemény

- A **www.kfki.hu/chemonet/hun/teazo/hogyan/sulytalan.html** oldalon megértheted, miért vannak az űrhajósok a súlytalanság állapotában.
- A **www.karolinaiskola.hu/fizikaszakkor.html** oldalra belépve, a Galéria menüpontban a miskolci I. országos Földtudományi Diákkonferenciáról szóló részben találhatsz képet az Eötvös-ingáról.

48. ábra: A Panoráma sorozat Fizika 7. c könyvében egy lecke záró része

***

A tankönyvekben fontos szerep jut a képeknek, ábráknak. A színes, megfelelően válogatott fotókat, rajzolt ábrákat tartalmazó könyv figyelemfelkeltő, jobban fenn tudja tartani az érdeklődést a tárgyalt anyag iránt. A munkatankönyvben az ábrák további funkciót is elláthatnak: feladatként szerepelhetnek. Egy félig kész ábra kiegészítése, esetleg egy kép mellé magyarázó rajz készítése kiváló lehetőség az aktív tanulásra, vagy a tanult összefüggések gyakorlására. A régebbi munkatankönyvekben az ábrák túlnyomó többségben csak az illusztrációt szolgálták, kb. 10%-uk rendelkezett más funkcióval is (főleg az elektromos és mágneses mezőről szóló leckékben, ill. a geometriai fénytant tárgyaló fejezetben). A tankönyvem írása során törekedtem arra, hogy az ábráknak több lényegi funkciót adjak.

Így feladat, hogy egy jelenségben bejelöljük a kölcsönható testeket, és jelezzük az állapotváltozásokat (49.a ábra); megrajzoljuk a testekre vagy testekre ható erőket (49.b ábra) (ezt különösen is fontos minél többet gyakoroltatni a későbbi tanulmányok szempontjából); rögzíthetjük az ábrán az órai kísérletek tapasztalatait (49.c ábra); lehetőség nyílik az órán megtanult tananyag alkalmazására (49.d ábra); kapcsolatot teremthetünk megtanult anyag és a minket körülvevő valóság között (49.e ábra).

49. ábra: A könyvben található képek lehetséges funkciói

A képek, ábrák lehetnek egy számítási feladat kiindulópontjai is. Az 50. ábra bal oldali részén látható kétkarú mérleget ábrázoló kép nem teljes, kiegészítéséhez számításokra van szükség. Az ilyen típusú feladatok eredményét célszerű közvetlen kísérlettel ellenőrizni. Az 50. ábra jobb oldalán látható elrendezés egy másik számítást igénylő feladat kiindulása. Azonos direkciós állandójú rugókra különböző tömegű testeket akasztottunk. A bal szélső rugón 0,2 N súlyú test lóg, a közvetlen mellette lévő rugó nyújtatlan. Ha vonalzóval megmérjük a rugók megnyúlásait, és figyelembe vesszük, hogy ezek arányosak a rugókra akasztott testek súlyával, akkor egyenes arányosság alkalmazásával megtudhatjuk a többi test súlyát, tömegét.

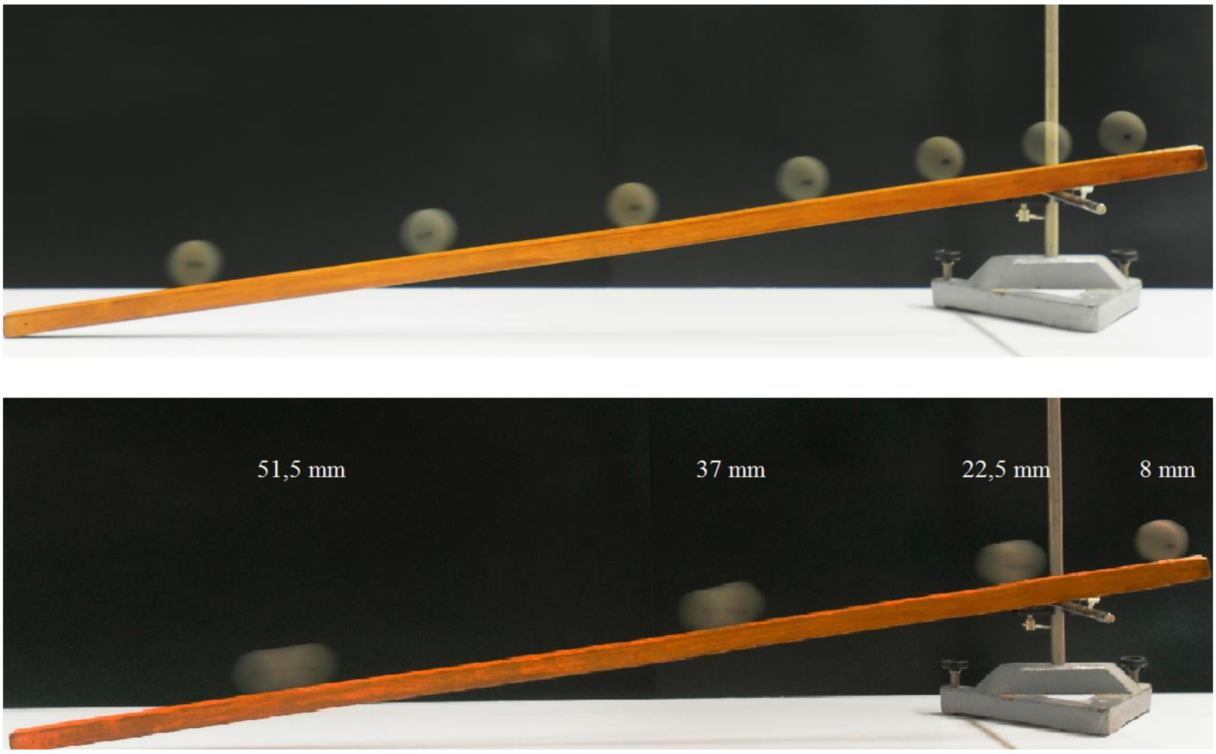
50. ábra: Fotó, ill. ábra alapú feladatok a Panoráma sorozat Fizika 7. c. könyvében

A következőkben szeretném részletesebben ismertetni, hogyan használtam fel egy jól elkészített fotót a pillanatnyi sebesség fogalmának bevezetésére.

A pillanatnyi sebesség fogalma absztrakt és nehéz, ennek ellenére a mai általános iskolás tantervben igen hamar előkerül. Mivel a tanulók a fizikatanulás elején járnak, ekkor még nem hivatkozhatunk több olyan dologra, amely a nyolcadikos Halász-féle könyvben már megjelenik: pl. arra, hogy a lejtőt követő vízszintes szakaszon az erőhatások kiegyenlítik egymást, és a golyó mozgása egyenletes (bár ez kísérletileg viszonylag rövid szakaszon megmutatható). Az sem magától értetődő, hogy a lejtőn leguruló golyó akkora sebességgel rendelkezik a lejtő elhagyásának pillanatában, amekkorát a vízszintes szakaszon megmérhetünk. Ráadásul hetedik osztály elején a függvény, és ezen belül a lineáris függvény fogalma is igen gyenge lábakon áll még.

Ha a fogalom bevezetésekor megpróbáljuk a Mikola-csöves kísérlethez hasonlóan egy lejtőn leguruló golyó helyzeteit megjelölni a metronóm ütéseire, hamar rájövünk, hogy nagyon nehéz ezt pontosan megtenni. Ezért a kevésbé sikeres kísérlet helyett két fotót helyeztem el a könyvemben. Az elsőn (51. ábra felső része) azonos időközönként láthatjuk a golyót mozgása közben, és a diákokkal felfedezzük, hogy az azonos időközönként megtett utak egyre növekednek. Az átlagsebesség fogalmának ismeretében utalhatunk arra, hogy a test sebessége a lejtőn növekszik.

A második fotó (51. ábra alsó része) úgy készült, hogy azonos időközönként adott ideig exponáltunk a fényképezőgéppel ugyanarra a képkockára. Itt már a golyó átlagsebessége rövidebb időközre nézve becsülhető meg. Tehát ezzel a pillanatnyi sebesség fogalmához közelítünk. Ha a képen feltüntetett adatokat az azonos időközök és az exponálás időtartamával összevetjük, megfelelő matematikai tudással a pillanatnyi sebesség-idő függvényhez, ill. a gyorsulás fogalmához jutunk.



55. ábra: A pillanatnyi sebesség fogalmának bevezetését segítő képek

***

Ebben a szakaszban a feladatmegoldás szerepéről, és a könyvben alkalmazott feladatok jellegéről szeretnék beszélni. Vannak kollégák, akik úgy gondolják, hogy a feladatmegoldás, és a matematikai formulák használata túlságosan megerőltető a diákok számára, ezért célszerű lenne minimálisra csökkenteni a súlyát. Papp Zoltán és Pappné Patai Anikó írásban [3] a következőket olvashatjuk: *„Fel kell tennünk magunknak a kérdést: szüksége van-e az átlagembernek élete során arra a tudásra, amelyet a bonyolult fizikafeladatok megoldása útján próbálunk átadni neki? Nem járnánk-e jobban, ha inkább megelégednénk a fizikai tudásanyag kevésbé komplex részeinek elsajátíttatásával, és ilyen módon javítanánk a diák (majd végső soron a társadalom) hozzáállását tárgyunkhoz? Mi amellett tesszük le a voksunkat, hogy az általános iskolában a feladatmegoldást majdnem teljesen a háttérbe (a képességfejlesztő körökbe, szakkörökbe) kellene szorítani, és az oktatást túlnyomórészt kísérletek, valamint a természeti és technikai jelenségek kvalitatív, majd elemi kvantitatív magyarázatára kellene korlátozni. (Amelynek természetesen lényeges elemei a fizika alapfogalmainak megismertetése, a fizikai mennyiségek definíciói és a közöttük lévő összefüggések analízise, a folyamatokat szabályozó fizikai törvények kvantitatív, matematikai egyenletek formájában való felírása, illetve a különböző törvények közötti összefüggéseknek; az esetleges egymásra épülésnek az elemzése)."*

Úgy gondolom, hogy felső tagozatban (legyen az általános iskola vagy „kis gimnázium") fontos feladat megtalálni a helyes arányt a kvalitatív és a kvantitatív módon tárgyalt tananyagok között. Ez a középiskolai fizikaoktatásra ugyanúgy igaz. A fizika jellegéből adódik, hogy a természetet méréseken keresztül ismerjük meg, ezért elkerülhetetlen, hogy számításokat végezzünk. Sok fizikai mennyiség definiálása értelmetlen, ha később nem szeretnénk legalább elemi számításokat végezni velük (pl. sűrűség, nyomás, fajhő...), viszont nélkülük sok folyamat nem érthető meg. Erre utalhat az említett idézetben az elemi kvantitatív magyarázat kifejezés is.

Abban a cikk szerzőinek igaza van, hogy a számítások túlzott mértékű vagy a tanulók matematikai tudásához nem illeszkedő alkalmazása a diákok nagy többségénél csak kudarcélményt szül. Különös tekintettel arra, hogy a felső tagozatos matematika és a fizika tantervek szétcsúsztak egymástól. Számos olyan ismeret, amelyre a fizikának év elején szüksége lenne (pl, egyenletrendezés) matematikából. csak később kerül elő.

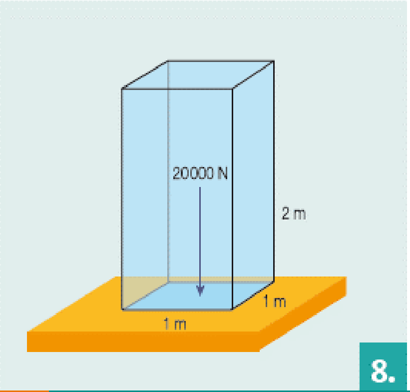
Az idézett cikk állításaival nem mindenben értek egyet. Véleményem szerint a fizikai megismerés jellegéből adódóan a számolások nem kerülhetők el a tanítás során. Az viszont fontos, hogy ezeket a tanulók életkori és tudásbeli képességeihez igazítsuk.

A Panoráma tankönyvben törekedtem arra, hogy minél kevesebb képletet használjak, és hogy a legtöbb számítást a mennyiségek definíciói alapján el lehessen végezni. Pl. egyenes vonalú egyenletes mozgás esetén, ha a sebesség és a mozgás időtartamának ismeretében a megtett utat kell kiszámolni, akkor gondolkodhatunk úgy, hogy a sebesség annak az útnak a számértékével egyezik meg, amelyet a test időegység alatt tesz meg, így az út számértéke annyiszor több a sebesség számértékénél, amennyi az eltelt idő, tehát például

v=100 km/h →1 h alatt 100 km-t tesz meg a test →0,6 h alatt 0,6·100=60 km-t tesz meg.

Törekedtem arra is, hogy a feladatok a gyakorlati életből kerüljenek ki. Igyekeztem minél érdekesebb szövegbe ágyazni őket. Ennek kettős célja is volt: egyrészt próbáltam hangsúlyozni, hogy sok hétköznapi kérdés megválaszolható akkor, ha ezeket az egyszerű számításokat el tudjuk végezni, másrészt a diákok szövegértési kompetenciája is fejlődik a feladatok megoldása során.

Természetesen a könyvet használhatják olyan tanulók is, akik matematikából előbbre járnak kortársaiknál, például speciális matematika tantervű osztályok diákjai. Számukra a képlettel való számolás már nem jelent nagy gondot. Ezért a tankönyv megfelelő helyein ők is megtalálhatják a nekik megfelelő tartalmakat. A 16. leckében a hidrosztatikai nyomásról esik szó. A 8. feladatban megtalálható a hidrosztatikai nyomás kiszámítása a definícióra alapozva. A 9-12. feladatok ez alapján megoldhatók. Ha az osztályt tanító tanár azt látja, hogy a tanulók számára a képlettel való számolás gyorsabb, a 8. feladat után áttérhet a 13-ra, és utána oldja meg velük a közbülső feladatokat. (56. ábra)



8. Számítsuk ki, mekkora a hidrosztatikai nyomás a Balatonban 2 méter mélységben!

Ha Pa-ban szeretnénk az eredményt megkapni, érdemes 1 m² felületet venni, hiszen a nyomás az 1 m²-re jutó nyomóerőt jelenti.

Az ábrán is látható, hogy az 1 m² felület felett 2 méter magasságban lévő vízoszlop térfogata V = 1 m² · 2 m = 2 m³.

Mivel a víz sűrűsége 1000 kg/m³, ezért a vízoszlop tömege 2000 kg, súlya 20 000 N.

Ha 1 m² felületre 20 000 N nyomóerő jut, akkor a hidrosztatikai nyomás 2 méter mélységben p = 20 000 Pa.

13. Az előző gondolatmenetet képlettel helyettesíthetjük. Ha A felületű és h magasságú folyadékoszlopunk van, akkor a folyadék térfogata $V = A \cdot h$.

A V térfogatú folyadék tömege $m = \rho \cdot V = \rho \cdot A \cdot h$.

Az m tömegű folyadék súlya $G = m \cdot g = \rho \cdot A \cdot h \cdot g$. $\quad \boldsymbol{p = \rho \cdot h \cdot g}$

A hidrosztatikai nyomás pedig: $p = \dfrac{G}{A} = \rho \cdot h \cdot g$.

56. ábra: A hidrosztatikai nyomás kiszámolása definíció alapján és képlettel

4. Lehetőségek a fizika attitűd javítására a Panoráma-tankönyv segítségével

A Panoráma tankönyv megírásában elsősorban az vezetett, hogy a diákok természettudományok iránti attitűdjét javítsam. A következőkben szeretnék még néhány, eddig nem említett módszert bemutatni ezzel kapcsolatban.

A bevezetésben idézett attitűd kutatások szerint a fizika iránti érdeklődés javításának legfontosabb eszköze a rendszeresen és gyakran előforduló tanári és tanulói kísérlet. A tankönyv alapvető célkitűzése az, hogy a diákok aktív résztvevői legyenek az óráknak, ne lehessen a tanulóknak passzívan meghallgatni és bemagolni a leckét. A könyvben sok kísérlet található, amelyek egyszerűen megvalósíthatók és segítenek megérteni a tananyagot. Fontos szempont, hogy a kísérletek jó része hétköznapi eszközök segítségével végezhető el, ezzel is hangsúlyozva, hogy a fizikai jelenségek a minket körülvevő világban megfigyelhetők, tanulmányozhatók. (57. ábra)

57. ábra: A tankönyvben található hétköznapi eszközökkel megvalósítható kísérletek

***

A fizika érdekessé tételének fontos eszköze, hogy a diákok szerezzenek élményt a tanulás során. Ezért minden témakör végére egy gyakorlati jellegű mini projektfeladatot illesztettünk. Ennek az volt a célja, hogy a tanulók a fejezetben megszerzett tudásukat valamilyen hétköznapi eszköz segítségével és a tanóránál kötetlenebb módon alkalmazhassák. Ezek a feladatok nem a tankönyvben, hanem a vele párhuzamosan használható munkafüzetben találhatók. Tapasztalataim szerint a diákok nagy örömmel dolgoznak az ilyen típusú feladatokon. Az 58. ábrán látható tanulók mozgásba hozott lendkerekes autók átlagsebességeit hasonlítják össze. A megtett út és a mozgás során eltelt idő mérésével számolják ki az átlagsebességeket, és közben versenyeznek is az otthonról hozott autókkal. Azon is töprengeniük kell, mitől függhet az, hogy kinek az autója ér el nagyobb átlagsebességet. Mivel ez a feladat a kinematika fejezet végén található, nem cél az, hogy konkrét választ tudjanak adni a kérdésekre, de mindenképpen fontos eszköz a kíváncsiság fenntartásában, és későbbi tanulmányaik során rájöhetnek a megoldásra.

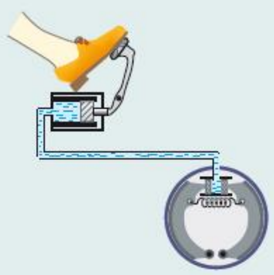
58. ábra: Életkép egy projektfeladat közben

***

Lehetőség az attitűd javítására az is, ha minél több helyen, témakörben felhívjuk a figyelmet a fizika és a minket körülvevő tudományos-technikai környezet szoros kapcsolatára. Ez rendszerint a feladatok kitűzése során jelenik meg a tankönyvben, erre láthatunk néhány példát a 59. ábrán.

10. A GPS-en kívül már léteznek vagy terveznek más navigációs rendszereket is. Párosítsd össze a navigációs rendszereket az őket létrehozó államokkal vagy közösségekkel, és nézz utána, hogy léteznek-e ezek a rendszerek, illetve mikorra tervezik őket létrehozni!

GPS	Kína
GLONASSZ (ГЛОНАСС)	EU
Galileo	USA
Beidou	Oroszország



12.

b) A Genf mellett található óriási részecskegyorsító (Nagy Hadronütköztető = Large Hadron Collider [LHC]) egy föld alatti 27 km hosszú, kör alakú alagút. Ebben például protonokat gyorsítanak fel óriási sebességre. Mennyi időre van szüksége a protonnak egy kör megtételéhez, ha közel fénysebességre gyorsították fel? (A fény 1 másodperc alatt 300 000 km-t tesz meg.)

7. Az alábbi három képen egy-egy olyan jelenséget láthatsz, amely a hőtágulással kapcsolatos. Írd le a füzetbe, mit láthatunk a képen, és milyen szerepe van a jelenségekben a hőtágulásnak!

60. ábra: A fizika és a világ kapcsolata

***

A fizika tanítása során az ismeretek egymásra épülnek. Ha ezek közül valamelyik kimarad, akkor ennek hiánya megértési zavarokat eredményez. Hogy ezt az egymásra épülést hangsúlyozzuk, minden fejezet végén felidézzük azokat a kritikus részeket, amelyek nélkül az anyag nehezebben érthető. Ez a rész a Diákszemmel alcímet viseli. A cím úgy keletkezett, hogy a kézirat formájában lévő könyvet a tördelés, szerkesztés munkafázisa alatt iskolákban kipróbálták, és a diákoktól megkérdezték, melyek voltak a nehezen érthető fogalmak, feladatok ebben a fejezetben. Ezek hátterében rendszerint valamilyen korábbi ismeret hiánya állt. És így diákszemmel mutatott rá a tananyagrész kritikus pontjaira. Az így felmerült kérdések, problémák egy kerettörténetbe ágyazva, kicsit kibővítve bekerültek a tankönyvbe. A kerettörténetben hetedikes diákok levelet írnak a szerkesztőségbe. A „Nem egészen értem…” című részbe kerültek a diákok kérdései, ezek voltak azok a fogalmak, törvények, amelyek megértése nehézséget okozott a kipróbálás során. Itt ezekre a kérdésekre újra választ adunk, segítve a hiányok pótlását. A „Még jól jöhet a fizika…” című részben a diákok arról írnak a könyvet olvasó társaiknak, hogy szerintük hol lehet felhasználni azokat az ismereteket, amelyeket ebben a fejezetben tanultak. Az „Erről jut eszembe…” című részben pedig egy kicsit szabadjára engedik fantáziájukat, és olyan dolgokról érdeklődnek, amelyek a fejezethez kapcsolódnak, de túlmutatnak a hetedikes tananyagon.

5. Visszajelzések a Panoráma tankönyvről

A könyv használhatóságáról, eredményességéről, ill. a vele kapcsolatban felmerülő problémákról szerettem volna itt objektív képet mutatni. Erre azonban nem nyílik lehetőségem. A Nemzeti (később Nemzedékek Tudása) Tankönyvkiadó ugyanis mára jogutód nélkül megszűnt, és semmilyen, a tankönyvvel kapcsolatos, adathoz nem férek hozzá. Szerettem volna megvizsgálni, hogy abban az 5 tanévben, amíg használták a tankönyvet, hogyan alakult a piaci részesedése, hány diákhoz jutott el évente, hány kolléga gondolta a hetedikes könyv használata után, hogy a nyolcadikos könyvet is ebből a sorozatból választja. Ilyen adatokkal sajnos nem tudok szolgálni.

Más lehetőségem nem lévén megkerestem néhány kollégát, akik az elmúlt tanévekben használták a könyvet, és egy kérdőív segítségével kértem a véleményüket a kiadványról. A megkérdezett kollégák egyöntetűen arról nyilatkoztak, hogy az eredeti célkitűzések jól felfedezhetők a tankönyvben. Segítséget nyújtott nekik az órára készülésben, lehetőséget teremtett differenciálásra, egyéni és csoportos foglakozások tartására is. A tanárok véleménye szerint a gyerekek szívesen használták a könyvet, tetszettek az életből vett, gyakorlatias feladatok, a tankönyv végén található fogalomtár. A diákok otthon is és az iskolában is szívesen végezték a tankönyvben leírt egyszerű kísérleteket. Örömömre szolgált, hogy volt kolléga, aki kiemelte, hogy a szöveges feladatok, olvasmányok segítenek a diákok szövegértési problémáinak megoldásában.

Problémaként említették meg a könyv kötésének spirálozott megoldását. Az eredeti cél az volt, hogy a könyvet visszahajtva csökkenteni lehessen a helyet, amit elfoglal, így több hely maradjon a kísérletezésre. Sajnálatos módon a spirálozott forma nem váltotta be az elképzeléseket, a könyv a használat során szétesett. A másik kritika a papír minőségére vonatkozott, mert miközben a könyv árát növelte, a fényes papíron nehéz volt az írás.

Összefoglalva úgy érzem, hogy a negatívumok inkább a könyv anyagával, szerkezetével kapcsolatosak, és a fogadtatását pozitívnak érzem. Remélem, a diákok, kollégák, akik használták, eredményes munkát végezhettek. A jelenlegi törvényi szabályozás a

20105/2016-os tanévtől nem teszi lehetővé, hogy a könyvet a közoktatásban tovább használják, pedig az előző tanévekben átlagosan 4000 diák tanulta ebből a fizikát. A fő ellenérv, hogy a tankönyv nem tekinthető gazdaságosnak, azaz több éven át, több gyerek által használhatónak. Mindezen túl remélem, hogy a több ezer diák, akik az elmúlt években a tankönyvemből tanult, ill. a kollégák, akik ebből tanítottak, eredményesen tudták használni.

A fejezethez kapcsolódó tézis:

Hetedik osztályos tanulók számára írtam egy munkatankönyvet. Elsődleges célom az volt, hogy a diákok az óra minden percében aktívak legyenek, ne befogadóként vegyenek részt a tanórán. A tudásanyag a folyamatos munka során (ábrák kiegészítése, egy megfigyelés vagy kísérlet elvégzése után a hiányzó részek kitöltése, eddigi ismeretek alkalmazásának megtalálása) szinte kibomlik a diákok számára, mely alkalmas helyen tömören össze is vannak foglalva. A könyvet, amíg a törvények erre lehetőséget adtak, évente közel 4000 diák használta Magyarországon. Az őket tanító tanár kollégák visszajelzési pozitívak voltak.

Felhasznált irodalom:

[1] A fizika tanítása a középiskolában I. (Szerk. Juhász András, Jenei Péter; ELTE 2015; ISBN: 978-936-284-713-9) pp647-651

[2] A fizikatanítás pedagógiája (Szerk: Radnóti Katalin, Nahalka István; Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002) pp49-52

[3] Papp Zoltán, Pappné Patai Anikó: Mit tehetnénk a fizika attitűd javításáért? (Fizikai Szemle, L. évfolyam, 2000. (7)) pp234

A kutató-fejlesztő munka összegzése, tervek annak folytatásához

Doktori disszertációmban bemutattam azon munkáimat, melyek tapasztalataim szerint lehetőséget nyújtanak a diákok fizikával szemben tanúsított attitűdjének javításához. Meglátásom szerint a diákoknak a tantárgy irányában mutatott kedvezőtlen hozzáállása amiatt alakul ki, hogy nem látják a kapcsolatot a fizika tantárgy és a körülöttük lévő világ között, emiatt (többek között) az órákon alkalmazott számítási feladatokat haszontalannak, értelmetlennek tartják. Munkám fő célja az volt, hogy új típusú számítási problémák segítségével megmutassam a tanulóknak a fent említett kapcsolatot, és a feladatmegoldás fontosságát.

Eddigi pályám fő részében olyan számítási feladatokat dolgoztam ki, melyek egy kísérleten vagy jelenségen alapulnak. Ezek nagy részben a róluk készült fotó, videó- vagy hangfelvétel alapján oldhatók meg. A diákok ezek alapján megalkotják a megfelelő fizikai modellt és felírják az ide vonatkozó matematikai összefüggéseket. A kezdeti adatokat a jelenség dokumentumából meghatározva megoldják az egyenleteket, és megvizsgálják a megoldás valóságtartalmát. Megmutattam, hogyan használhatók a jelenség alapú feladatok az emelt szintű érettségi mérési gyakorlataihoz szükséges kompetenciák megszerzéséhez, fejlesztéséhez. Dolgozatomban bemutattam azt is, hogyan lehet egy szokványos, már megalkotott fizikai modellel rendelkező feladat megoldását a valóságban kísérletileg ellenőrizni. Beszámoltam az ilyen típusú feladatokból készített feladatgyűjteményemről, annak kipróbálásáról, és fogadtatásáról a középiskolai és egyetemi diákság körében.

Terveim között szerepel a fotó alapú feladatgyűjtemény további bővítése, és jó minőségű nyomtatásban történő megjelentetése. Szeretném a videó- és hangfelvétel alapú feladatokat digitális formában közkinccsé tenni. Bár jelenleg egyetemi oktatóként dolgozom, kapcsolatom a középiskolával nem szakadt meg. Ezért szándékomban áll egy hosszú távú oktatási kísérletet szervezni a jelenség alapú feladatok hatékonyságának vizsgálatára. Ennek során megfelelően kiválasztott osztályokban a fizika tanítás szerves részévé tennénk az új típusú feladatok alkalmazását, és a három éves középiskolai fizikatanulás végén felmérést végeznénk a megszerezett kompetenciákról, összehasonlítva azokat a kontrollcsoportba járó társaikéval. Meglátásom szerint a jelenség alapú feladatokkal oktatott tanulók a fizika tudásukat kreatívabban és sokoldalúbban fogják tudni alkalmazni.

Dolgozatomban ismertettem a Pannon Egyetem Mérnöki Karán a fizika felzárkóztató kurzuson végzett munkámat. A felzárkóztató célja a Karra hiányos fizika tudással érkező hallgatók segítése, a fizika mint kísérleti tudomány bemutatása, és annak bizonyítása, hogy tárgyunk minden mérnöki tudomány alapját képezi. Bemutattam, hogyan alkalmaztam a jelenség alapú feladatokat az alapozó Fizika I. főtárgyhoz kapcsolódó feladatmegoldó szemináriumon és fakultatív felzárkóztató kurzuson. Ismertettem a módszer eredményességének objektív és szubjektív felmérésen keresztül történő vizsgálatát. Beszámoltam arról is, hogyan próbáltam a végzős mechatronikai mérnök szakos hallgatók szakdolgozati munkáit összehangolni szakmódszertani kutatásaimmal. Az egyetemen ezen irányú munkámat tovább szeretném folytatni. A hallgatók visszajelzései alapján igyekszem a felzárkóztatást még hatékonyabban végezni, nagy teret biztosítva a jelenség alapú feladatoknak. A szakdolgozati témák kiírásával pedig igyekszem minél több olyan eszközt és módszert a hallgatókkal közösen kifejleszteni, amelyek segíthetik a középiskolai és az alapozó egyetemi fizikaoktatást.

Mivel a szakirodalom szerint a fizika iránt az attitűd már általános iskolában sem kedvező, nagyon fontos, hogy az első évtől jó élményekkel gazdagodjanak tanulóink a fizika órákon. Disszertációmban külön fejezetben ismertettem a Panoráma tankönyvsorozat általam írt hetedik osztályos tanulóknak szóló fizikakönyvét. Megírásával az volt a célom, hogy a tanulók az órákon minél aktívabban vehessenek részt, minél több élményt és tudást szerezhessenek. Bemutattam a munkatankönyvben használt eszközöket és módszereket. Könyvemet összehasonlítottam a magyar közoktatásban a korábbi évtizedekben használt munkatankönyvekkel.

Jelenleg a munkatankönyvek használatát a magyar állam nem támogatja, lehetőség lenne azonban a benne foglalt tartalmakat feléleszteni egy új típusú, félig papír alapú, félig elektronikus adathordozó formájában. Mivel a manapság használatos tankönyvek elég zsúfoltak, új irányt lehetne nyitni olyan könyv megalkotásával, amely csupán a szorosan vett törzsanyagot tartalmazza, és a hozzá kacsolódókhoz (pl. kiegészítő ismeretek, olvasmányok, weboldalak, videók stb.) elektronikus úton lehetne hozzá férni (pl. okostelefonnal, tablettel, interaktív táblával, QR-kódokon vagy linkeken keresztül). Ennek fontos feltétele lenne az iskolák és a diákság megfelelő eszközökkel való felszerelése, de ebben az irányban is mutatkoznak előre lépések. Ha ez megtörténhetne, a Panoráma könyvekben található feladatokat elektronikus interaktív feladatokká lehetne alakítani, így a bennük lévő tartalmak tovább szolgálhatnák a természettudományok, és a fizika tanítását.

Nagy megtiszteltetés és lehetőség is számomra, hogy bekerültem a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatási programjába. Az MTA-ELTE Fizika Tanítása kutatócsoport tagjaként feltett szándékom mind a jelenség alapú feladatok alkalmazásának további vizsgálatával, mind az új típusú tankönyv megalkotásában való részvétellel a fizika tanításának ügyét előbbre mozdítani.

Egész eddigi munkámnak viszont akkor van igazán értelme, ha a megszületett produktumokat a fizikát tanító kollégák eredményesen használhatják. Remélem, sikerült alkalmas anyagot a rendelkezésükre bocsátanom.

1. sz. melléklet

Ebben a mellékletben ismertetem a kérdéseket, melyeket a fizika felzárkóztató kurzus utolsó óráján tettem fel a hallgatóknak. Célom az volt, hogy a résztvevők szubjektív véleménye alapján értékelhessem az alkalmazott tananyagok hasznosságát, a módszerek sikerességét.

1. Be tudott-e járni az órákra? (I: igen, N: nem, R: részben)
2. Sikerült-e a felzárkóztatón **kiemelni** az előadáshoz kapcsolódó legfontosabb fogalmakat?
   (1: Egyáltalán nem; 2: Kicsit igen; 3: Nagyjából; 4: Jól sikerült; 5: Teljes mértékben)
3. Sikerült-e a felzárkóztatón **elmagyarázni** az előadáshoz kapcsolódó legfontosabb fogalmakat?
   (1: Egyáltalán nem; 2: Kicsit igen; 3: Nagyjából; 4: Jól sikerült; 5: Teljes mértékben)
4. Mennyire segítették elő a jelenségekről készült fotók az anyag feldolgozását?
   (1: Egyáltalán nem; 2: Kicsit igen; 3: Nagyjából; 4: Jól sikerült; 5: Teljes mértékben)
5. Mennyire találja nehéznek a fotó alapú feladatokat?
   (1: Nagyon nehezek; 2: Nehezek; 3: Közepesen nehezek; 4: Nem olyan nehezek; 5: Nem nehezek)
6. Mennyire oldotta meg szívesen ezeket a feladatokat?
   (1: Egyáltalán nem szívesen; 2: Nem szívesen; 3: Megoldottam, mert muszáj; 4: Szívesen oldottam meg őket; 5: Nagyon szívesen oldottam meg őket)
7. Mennyire segítették elő a jelenségekről készült videók és a videoanalízis az anyag feldolgozását?
   (1: Egyáltalán nem; 2: Kicsit igen; 3: Nagyjából; 4: Jól segítették; 5: Teljes mértékben)
8. Ha megkapná a filmet és a programot, mennyire szívesen dolgozná fel így az adott jelenséget?
   (1: Egyáltalán nem szívesen; 2: Nem szívesen; 3: Feldolgoznám, ha muszáj; 4: Szívesen feldolgoznám; 5: Nagyon szívesen feldolgoznám)
9. Mennyire tartja jónak az egyensúlyt az elmélet és a számolás között? (A kurzus célja szempontjából!)

(1: Sokkal több számolás kellett volna; 2: Több számolás kellett volna; 3: Meg volt az egyensúly; 4: Kicsit több elmélet kellett volna; 5: Sokkal több elmélet kellett volna)

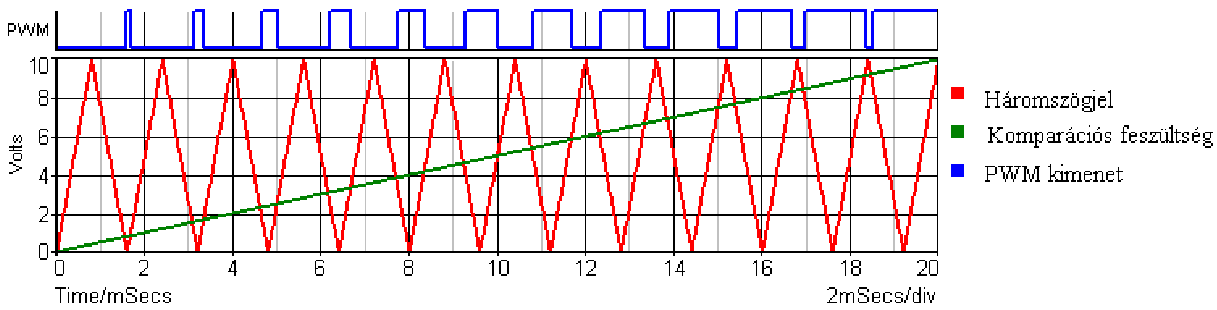
10. Mennyire segítette a tanulást a Moodle-ben elhelyezett tananyag?

    (1: Egyáltalán nem; 2: Kicsit igen; 3: Nagyjából; 4: Jól segítette; 5: Teljes mértékben)

2.sz. melléklet

Ebben a mellékletben részletesen ismertetem Kovács Ákos Bálint mechatronikai mérnök hallgatóval végzett munkámat, melyben egy LED-es stroboszkópot működtető elektronikai eszközt építettünk.

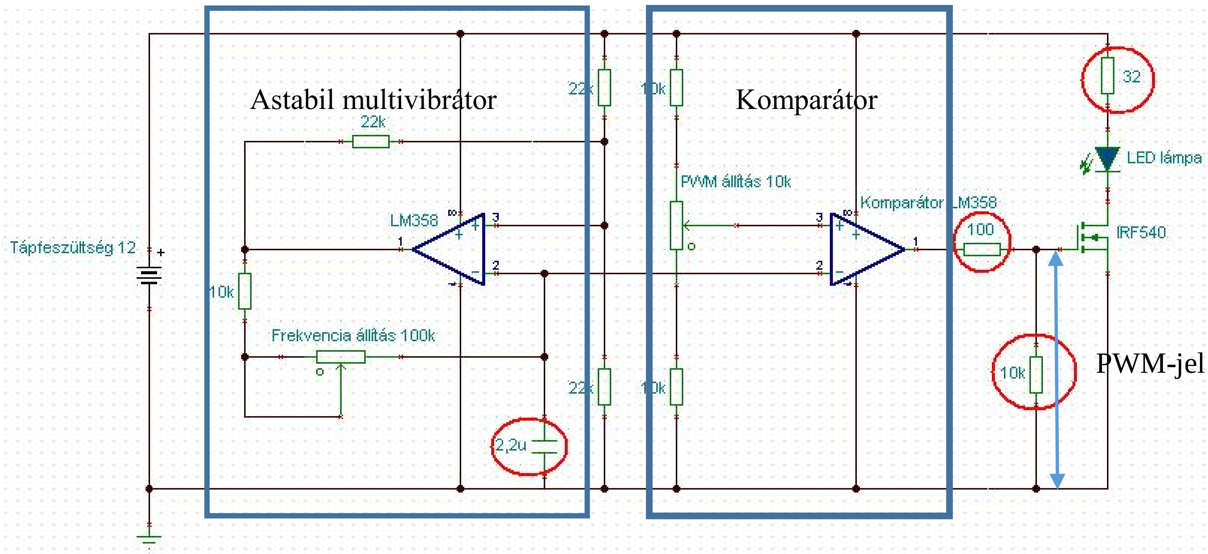
A PWM-jel előállításának azt a módját választottuk, hogy egy fűrészjelet egy adott feszültségszinttel, ún. komparációs feszültséggel hasonlítottuk össze. Ha egy adott időpillanatban a fűrészjel szintje a komparációs feszültség alatt található, akkor a PWM-jelszint maximális (magas), ellenkező esetben 0 (alacsony). Ezt mutatja be a 61. ábra.



61. ábra: A PWM-jel előállítása komparációval

Az ábra alapján belátható, hogy a PWM-jel frekvenciáját a fűrészjel frekvenciája határozza meg, a komparációs feszültség nagyságával pedig a kitöltési tényezője változtatható. Minél magasabb ez a feszültség, annál nagyobb a kitöltési tényező. A fűrészjelet ún. astabil multivibrátorral állítottuk elő. (Létezik ennél szebb és pontosabb fűrészjel-generálás is, mivel azonban a próbapaneles vizsgálat során a jelalak, és az ebből származó PWM-jel a célnak megfelelőnek bizonyult, ennél maradtunk.)

A 62. ábra a tervezett áramkör szoftveres szimulációja közben készült. A főbb részeket külön bejelöltem.



62. ábra: A jelgenerátor felépítése

A rajz jobb szélső ágában található a fényforrás, vele sorba kötve egy ún. MOSFET (IRF540), melynek ellenállása több MΩ vagy szinte 0 között változhat. Ezt az eszközt vezéreljük a PWM-jellel: magas jelszint esetén a MOSFET ellenállása lecsökken, a lámpát tartalmazó ágban az áram megindulhat, alacsony jelszint esetén azonban szakadásként viselkedik az ágban, a fényforrás kialszik. Ez a változás a PWM-jel alakjából következően hirtelen történik, így a lámpa villogása sokkal élesebb, és a felvillanás hossza is változtatható.

Tézisekhez kapcsolódó publikációk listája

1. Problems based on phenomena and experiments in secondary school involving a digital camera (Physics Education, Volume 51, Number 6, 2016) http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/51/6/063002
2. Applying physics problems with interdisciplinary character based on phenomena and experiments in secondary school (Physics Competition; Journal of The World Federation of Physics Competitions ; Volume 16, Number 1. 2014) pp 26-34
3. Teiermayer Attila, Medvegy Tibor: Felzárkóztatás és tehetséggondozás a Pannon Egyetem Mérnöki Karán az alapozó mechanikaoktatásban
   (In: Pere Balázs, Szüle Veronika, Enyedi Adrienn (szerk.) XI. Mechanikát Oktatók Hazai Rendezvénye. Konferencia helye, ideje: Győr, Magyarország, 2013.08.29-2013.08.30. Győr: Széchenyi István Egyetem Műszaki Tudományi Kar) p. 29
4. Kísérletek, fényképek és videofelvételek alkalmazása a fizikaoktatásban
   (In: Juhász András, Tél Tamás (szerk.)
   A fizika, matematika és művészet találkozása az oktatásban, kutatásban: Nemzetközi konferencia magyarul tanító tanárok számára. 351 p. Konferencia helye, ideje: Tirgu-Mures, Románia, 2012.08.15-2012.08.18. Budapest: ELTE TTK, 2013. pp. 285-290.
5. A fényképek használata a középiskolai mechanika tanításában

   In: Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan c. konferencia

   konferenciakötete, 2011., p. 399-403.

   (Főszerkesztő: Dr. Tasnádi Péter; konferencia helye, ideje: 2011. augusztus 23-25.

   ISBN: 978-963-284-224-0)
6. Fényt kibocsátó diódák alkalmazása a középiskolai fizikaoktatásban

   In: Fizikai Szemle, 61. évf. 6. szám, 2011. június, p. 212-216.
7. Fotók segítségével megoldható számítási feladatok fizikából.

   Megjelent az "Emelt szintű középiskolai ismeretek" című DVD-n.

   PPKE Információs Technológiai Kar 2011.

8. A tanulói aktivitás fokozása a fizika oktatásában.

   In: Feladatok és lehetőségek a természettudományos oktatásban c. konferencia konferenciakötete, 2010., p.63.

   (Szerkesztő: Dr. Leibinger Jánosné; a konferencia helye, ideje: Budapest, 2010 . október 8.; ISBN 978-963-88874-3-6; ISSN 1789-932X)

9. Kísérletek és feladatok összekapcsolása fotók segítségével.

   In: Fizikatanítás tartalmasan és érdekesen c. konferencia konferenciakötete, 2010., p.441-446

   (Szerkesztők: Dr. Juhász András, Dr. Tél Tamás; konferencia helye, ideje: Budapest, 2009. augusztus 27-29., ISBN: 978-963-284-150-2)

10. Fizika 7. c. tankönyv (Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2009., ISBN: 9789631965605, szerkesztő: Budai Istvánné Vitéz Annamária)

Köszönetnyilvánítás

Szeretném köszönetemet kifejezni az Dr. Tél Tamásnak, és Dr. Juhász Andrásnak, hogy lelkes és odaadó munkájukkal létrehozták és működtetik a Fizika Tanítása Doktori Programot, melynek hallgatója lehettem.

Köszönetet szeretnék mondani témavezetőmnek, Dr. Juhász Andrásnak, hogy támogatta doktori munkámat. Ötleteivel, tanácsaival segítette kutató munkámat, sok időt szánt rám, hogy a feladatokat, problémákat megbeszélhessük. Külön köszönöm azt is, hogy kapcsolatunk nemcsak szakmai volt, hanem mint ember is kíváncsi volt ránk.

Köszönöm középiskolai és egyetemi kollégáimnak, hogy bátorítottak, és tanácsaikkal támogattak.

Külön köszönöm feleségemnek, hogy végig mellettem állt, és segített abban is, hogy ez a dolgozat megszülethessen. Köszönöm gyermekeimnek, hogy türelemmel viselték, amikor ezt a munkát írtam, és nem velük foglalkoztam.

Összefoglalás

Doktori munkám fő célkitűzése a középiskolai tanulók és az egyetemi hallgatók fizika iránti attitűdjének javítása volt. Mivel azt tapasztaltam, hogy a tantárgytól való elfordulásuk fő oka a számítási feladatokkal szemben tanúsított érdektelenség és a sikertelenségek miatt elszenvedett kudarcélmény, ezért ebből az irányból igyekeztem a problémát megközelíteni.

Meglátásom szerint a számítási feladatokra a fizika tanítása során szükségünk van, ezért a megoldás olyan feladatok adásán keresztül lehetséges, melyben a fizika és a körülöttünk lévő valóság jól megtapasztalható. Írásomban olyan számítási feladatokat mutatok be, amelyek alapja egy elvégzett kísérlet vagy jelenségről készített fotó, videó- vagy hangfelvétel. Ezek, mint a jelenség dokumentumai, szolgálnak kiindulópontul a feladat megoldásához.

Írásomban bemutatom az új típusú feladatokból készült feladatgyűjteményeket, és azok alkalmazásának lehetőségeit a közoktatásban és az alapozó egyetemi fizikatanításban. Beszámolok a feladatok kipróbálásáról és annak fogadtatásáról is.

Külön fejezetben ismertetem a Pannon Egyetem Mérnöki Karán végzett munkámat a gyengébb képességű hallgatók felzárkóztatása érdekében. Ennek során ugyancsak használom a jelenség alapú feladatokat, mint motiváló és fizikai szemléletet javító eszközt. Beszámolok a hallgatók reakcióiról, az elért eredményekről is. Bemutatom azt a munkámat is, melynek során mechatronikai mérnök hallgatók szakdolgozatának vezetése közben eszközöket építünk, melyek a fizika tanításának szolgálatába állíthatók.

A szakirodalmi adatok alapján egyértelmű, hogy a tanulók fizikai iránti attitűdjének romlása felső tagozatban megkezdődik, a középiskolában pedig tovább fokozódik. Ezért nagyon fontos feladat, hogy a fizikatanulás kezdetétől fogva a diákok jó élményt és sok tudást szerezzenek az órákon. A harmadik fejezetben bemutatok egy általam írt munkatankönyvet, melynek célja, hogy a diákok minél aktívabban vehessenek részt a tanórákon. Ismertetem az alkalmazott módszereket, és az elért eredményeket.

Summary

The main goal of my doctoral work was the improvement of the high school and university students' attitude towards physics. According to my experience the reason of the students'negative attitude is the fact that they must solve computational problmes on physics lessons and they have failure connecting them. Therefore I have tried to give solution in this area of physics teaching.

I mean that we need problem solving in the course of physics teaching. The negative opinion can be subdued, if we present problems for the students from the real world around them, emphasising that physics has close ties with everyday life. In my work I present problems based on photos, video or audio recordings about experiments or phenomena. These are the documents of them, and make the basis of the physics problems.

I have made collections from these physics problems. I present the opportunities of their applications in the high school and BSc level physics teaching. I report about the testing of the problems and the reactions of students and teachers.

I report in an apart section about my work at the University of Pannonia which I help the students with lower ability in. In the course of it I have used the problems based on phenomena and experiments as well. I tell about the reactions and the achievements of the students. I also present my work at the university: supervising students' thesis work and developing new devices applicable in physics teaching.

According literature the decreasing of students' attitude towards physics beginns at age 13 and the declination is continous in after years. Therfore it is important to give good experiences and knowledge in physics lessons from the first yeras. In the third section I present my workbook for students aged 13. Using the book pupils can take part in physics lessons more actively. I report the methods used in the book and the achievements of the students.

[38]ADATLAP
a doktori értekezés nyilvánosságra hozatalához

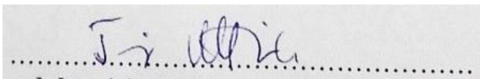
I. A doktori értekezés adatai

A szerző neve: Teiermayer Attila
MTMT-azonosító: 10035662
A doktori értekezés címe és alcíme:
Jelenségközpontú fizika feladatok a közoktatásban és a BSc-képzésben
DOI-azonosító[39] 10.15476/ELTE.2016.176
A doktori iskola neve: ELTE TTK Fizika Doktori Iskola
A doktori iskolán belüli doktori program neve: Fizika Tanítása Program
A témavezető neve és tudományos fokozata: Dr. Juhász András, egyetemi docens
A témavezető munkahelye: ELTE Anyagfizika Tanszék

II. Nyilatkozatok

A doktori értekezés szerzőjeként[40]
a) hozzájárulok, hogy a doktori fokozat megszerzését követően a doktori értekezésem és a tézisek nyilvánosságra kerüljenek az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban. Felhatalmazom a Természettudományi Kar Dékáni Hivatalának Doktori, Habilitációs és Nemzetközi Ügyek Csoportja ügyintézőjét, hogy az értekezést és a téziseket feltöltse az ELTE Digitális Intézményi Tudástárba, és ennek során kitöltse a feltöltéshez szükséges nyilatkozatokat.
b) kérem, hogy a mellékelt kérelemben részletezett szabadalmi, illetőleg oltalmi bejelentés közzétételéig a doktori értekezést ne bocsássák nyilvánosságra az Egyetemi Könyvtárban és az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban;[41]
c) kérem, hogy a nemzetbiztonsági okból minősített adatot tartalmazó doktori értekezést a minősítés *(dátum)*-ig tartó időtartama alatt ne bocsássák nyilvánosságra az Egyetemi Könyvtárban és az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban;[42]
d) kérem, hogy a mű kiadására vonatkozó mellékelt kiadó szerződésre tekintettel a doktori értekezést a könyv megjelenéséig ne bocsássák nyilvánosságra az Egyetemi Könyvtárban, és az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban csak a könyv bibliográfiai adatait tegyék közzé.
Ha a könyv a fokozatszerzést követőn egy évig nem jelenik meg, hozzájárulok, hogy a doktori értekezésem és a tézisek nyilvánosságra kerüljenek az Egyetemi Könyvtárban és az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban.[43]
2. A doktori értekezés szerzőjeként kijelentem, hogy
a) az ELTE Digitális Intézményi Tudástárba feltöltendő doktori értekezés és a tézisek saját eredeti , önálló szellemi munkám és legjobb tudomásom szerint nem sértem vele senki szerzői jogait;
b) a doktori értekezés és a tézisek nyomtatott változatai és az elektronikus adathordozón benyújtott tartalmak (szöveg és ábrák) mindenben megegyeznek.
3. A doktori értekezés szerzőjeként hozzájárulok a doktori értekezés és a tézisek szövegének plágiumkereső adatbázisba helyezéséhez és plágiumellenőrző vizsgálatok lefuttatásához.

Kelt: Budapest, 2016. november 25.


a doktori értekezés szerzőjének aláírása

[38] Beiktatta az Egyetemi Doktori Szabályzat módosításáról szóló CXXXIX/2014. (VI. 30.) Szen. sz. határozat.
Hatályos: 2014. VII.1. napjától.
[39] A kari hivatal ügyintézője tölti ki.
[40] A megfelelő szöveg aláhúzandó.
[41] A doktori értekezés benyújtásával egyidejűleg be kell adni a tudományági doktori tanácshoz a szabadalmi, illetőleg oltalmi bejelentést tanúsító okiratot és a nyilvánosságra hozatal elhalasztása iránti kérelmet.
[42] A doktori értekezés benyújtásával egyidejűleg be kell nyújtani a minősített adatra vonatkozó közokiratot.
[43] A doktori értekezés benyújtásával egyidejűleg be kell nyújtani a mű kiadásáról szóló kiadói szerződést.