

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**A diákok fizika iránti érdeklődésének felkeltése
űrszonda modell építés és
egyéb motiváló módszerek segítségével.**

Hudoba György

Témavezető: Dr. Bérczi Szaniszló egyetemi docens

**Eötvös Loránd Tudományegyetem
Természettudományi Kar**

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

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



2016.

Bevezetés

A technikai társadalom – mint neve is mutatja – a technika széles körű alkalmazására épül. A technika alapját pedig a fizika képezi. Ezt felismerve szerepel a műszaki BSc képzés alapozó tantárgyai között a Fizika. Az elmúlt egy-két évtizedben azonban az ún. „észszerűsítés”-nek nevezett, de valójában az oktatás költségeinek csökkentésére irányuló folyamat során a tantárgyi tematika fokozatosan erodálódott; az óraszámok csökkentek, a laboratóriumi mérései, sőt egy időre a számolási gyakorlatok is megszűntek. A másod évre került fizika ez által végleg elveszítette alapozó funkcióját.

Mindezek következményeként a hallgatók a fizika iránt alulmotiváltak, s a bajt tetézi, hogy a középiskolában megszerzett alapképzettségük még nagy jóindulattal sem mondható ideálisnak. Meglehetősen szerény fizika ismeretekkel és alapokkal érkeznek a felsőoktatásba. További problémát jelent, hogy tapasztalatom szerint a mérnökhallgatók rendszerszemléletével is alapvető hiányosságok vannak, még egy-két évnyi egyetemi tanulmányok után is. Doktori dolgozatomban bemutatom azokat a módszereket és programokat, amelyekkel a hallgatókban több évre visszamenőleg közvetlenül, illetve indirekt módon megpróbálom felkelteni és ébren tartani a fizika iránti érdeklődést.

A napjainkra már-már rutinszerűvé váló űrkutatás még mindig érdeklődésre tarthat számot, főként, ha egy-egy speciális űreszközre vagy eseményre a média is aktívan reagál. Ezt figyelembe véve az egyetemi fizika oktatás javításának egyik eszközeként kidolgoztam és több mint egy évtizede vezetem a HUNVEYOR-4 robotszonda építési programot. A program egy olyan oktatási kísérlet, amely a tervezési és építési feladatokon túl tudományszerűsítő feladatokat is ellát. A rendszerszemlélet fejlesztése egy bonyolult, komplex probléma, amelyre a HUNVEYOR-4 projekt szintén megoldást jelent.

Természetesen senki nem gondolja komolyan, hogy ezt az űrszondát kilőjük az űrbe. Nem az a cél, hogy egy kész és tartósan működő berendezés jöjjön létre! A valódi cél maga az építési folyamat, pontosabban az építés közbeni tanulás, akár a szonda új eszközökkel való bővítése, akár a már meglévő egységek esetleges ismételt újratervezése és megépítése révén. Ennek megfelelően maga a HUNVEYOR-4 űrszonda modell az évek során sokat változott, és jelenleg is folyamatosan alakul, de továbbra is a fentiekben megfogalmazott oktatási célokat szolgálja. Ez irányú tevékenységeimről és a projekt előrehaladásáról több fórumon is beszámoltam.

A szonda fizikai környezetének tágabb és alaposabb vizsgálatát szolgálják a mobil robotok. Ennek fényében a HUNVEYOR projekt szorosan kapcsolódik a már mintegy tíz éve folyó Magyarok a Marson - Magyar Alkalmazott Mérnöki Tudományok elnevezésű robotépítő versenyhez, mely rendezvénysorozatnak három esetben is társszervezője voltam, és így számos hallgatót tudtam ezen a versenyen való részvételre buzdítani.

A fizika alapfogalmainak jobb megértése és a gyakorlatban való alkalmazhatósága érdekében a lehetőségeimhez képest igyekszem az előadásaimon demonstrációkkal színesíteni a tananyagot. Ennek keretében az órai előadások életszerűbbé tételére szemléltető kísérleteket dolgoztam ki, melyek közül a dolgozatomban kettőt mutatok be, nevezetesen különböző, stabil és instabil mágnes-golyó konfigurációk vizsgálatát, a mágneses tér metszeteit láthatóvá tevő eszköz, a mágnesfilm használatával. A másik ismertetett kísérletben a radioaktív, illetve részecske sugárzást újszerű módon szemléltetem. A módszer kvalitatív értékelésre is lehetőséget nyújt, mellyel egyben a földi légkör kozmikus sugárzás elleni védő szerepét is demonstrálni tudom.

A Földön kívüli élet és intelligencia kutatásának első lépéseként a földszerű bolygók keresése az aktuális tudományos kutatás célja. Ez a téma folyamatosan erős érdeklődést vált ki, még a hétköznapi emberekben is. Erre alapozva kidolgoztam egy áttekintő, oktató feladatsort. Ugyanakkor összefoglaltam a megoldásukhoz szükséges háttérismereteket is. A 24 kidolgozott feladat az egyszerűtől a bonyolultabb felé haladva számszerűen érzékelteti a Föld-szerű bolygók kimutathatóságának nehézségeit. Az egyszerűbb feladatokat alapfokon, a nehezebbeket tehetséggondozás keretében tartom feldolgozhatónak. A feladatok többségének megoldásához egyszerű algebrai, geometriai és trigonometriai ismeretek elegendőek, az anyag egyes részei viszont túlmutatnak a középiskolai oktatás keretein.

A Naprendszeren kívüli bolygók keresésének leggyümölcsözőbb módszere a csillagok fényességváltozásának analízise. Az exobolygó átvonulás (tranzit) fénygörbe előállításához, vizsgálatához és a paraméterekkel való kísérletezéshez nem szükséges feltétlenül drága és bonyolult programok használata, az egy bárki által elérhető táblázatkezelő használatával is megoldható. Ennek demonstrálására Excel-ben készítettem egy egyszerű szimulációs programot, amely megtalálható a dolgozat

mellékletét jelentő adathordozón. A program leírását, működési elvét és használatát a dolgozat harmadik fejezete tartalmazza.

Egy, a Fizika Tanítása Doktori Iskola keretében 2011-ben történt országos szintű felmérés azt vizsgálta, hogy a végzős középiskolások körében, milyen kép alakult ki bennük a fizika egyik legalapvetőbb fogalmáról, az energiáról. Ezt a 15 kérdést tartalmazó kérdőívet több éven keresztül kitöltettem mind a villamosmérnök, mint az informatikus és menedzser szakon tanuló hallgatóimmal, valamint néhány, már húsz éve gyakorló mérnökként dolgozó egykori diákkal is. A helyi körülményekhez igazodva a kitöltés és értékelés módján kissé változtattam. A középiskolás felmérés során nyert adatokat a módosított értékelési módszerrel is feldolgoztam, és megállapítottam, hogy a kétféle módszer ugyanazt az eredményt szolgáltatta. A vizsgálat eredményéről a dolgozatom negyedik fejezetében számolok be.

A kutatás célkitűzései

Doktori munkám során az alábbi célokat tűztem magam elé:

- 1, Felkutassak egy olyan témát és kidolgozzak egy olyan programot, amely a BSC villamosmérnök szakon tanuló egyetemi hallgatókban felkelti és fenntartja a természet iránti kíváncsiságot, amely öntevékenységgel motivált tanulás révén alkalmas a tanulók fizikai ismereteik elmélyítésére.
- 2, A bevezetőben említett, az oktatásban kialakult állapot ellensúlyozására érdekesebbé és szemléletesebbé tegyem az oktató munkám.
- 3, A tehetséges diákok számára kidolgozzak egy részletes magyarázatokkal ellátott feladatsort, amely egy tananyagon kívüli aktuális kutatási témát, konkrétan a Naprendszeren kívüli Földszerű bolygók keresését, illetve annak nehézségeit számszerűen mutatja be.
- 4, Felmérjem és nyomon kövessem a BSC képzésben részt vevő egyetemi hallgatók energia fogalmának alakulását.

Doktori dolgozatomban a több évtizeden keresztül folytatott oktató és pedagógiai kutató munkámról, annak tapasztalatairól és eredményeiről számolok be. Bemutatom, hogy céljaim, a fizikai ismeretek kibővítése és elmélyítése tanulói projekt vezetéssel, új szemléltetési lehetőségek keresésével és alkalmazásával, iskolán kívüli oktatással

elérhető. Egyes esetekben a tudásszint vizsgálata, illetve annak változása különböző felmérések és kérdőívek eredményeinek elemzésével történt.

Tézisek

1. A HUNVEYOR-4 robotszonda építő tanulói projekt:

1a, Tapasztalati tényként megállapítottam, hogy egy kísérleti gyakorló űrszonda modell építésére való pusztán felhívás a diákok számára önmagában még nem volt elegendő motiváció a feladatmegoldásra. A türelmi idő lejárta után a leszálló egység fémvázát is rendelkezésre bocsátva viszont már több hallgató is jelentkezett a munkára. Ebből azt a következtetést vontam le, hogy még a műszaki érdeklődésű, elkötelezettnek feltételezhető BSC hallgatókat sem fogja meg egy általános témakiírás. A diákok önálló kezdeményező képessége szerény, szükségük van arra, hogy fantáziájukat konkrétumokkal ragadjuk meg. Ezen keresztül egy megkezdett témába már alkotóan be tudnak kapcsolódni.

A feladat kiírása a következőképp hangzott: képzeljük el, hogy egy Földön kívüli égitestre (Holdra, Marsra, a Jupiter, vagy akár a Szaturnusz egyik holdjára) kutató űrszondát küldünk, melynek feladata egy jövőbeli kolónia megalapításának előkészítése. A feladat megoldásához tehát a helyszínen különböző méréseket és elemzéseket kell végezni, és a mérési adatokat feldolgozás és értékelés céljából a földi központba kell juttatni. A megépített űrszondának ezért részben önállóan, részben távolból, Interneten keresztül irányíthatónak kell lennie.

1b, Megmutattam, hogy a hallgatók tanácsaim figyelembe vételével képesek önállóan megtervezni egy űrszonda funkcióit, kiválasztani a megfelelő korszerű elektronikai elemeket. Bizonyítékát adtam, hogy ezek felhasználásával a hallgatók képesek saját fejlesztésű mérőeszközöket építeni, azokat rendszerré integrálni, amely bizonyos korlátok között felér a mintának tekintett Surveyor-7 holdszonda tudásával, esetenként további eszközökkel és kommunikációs lehetőséggel bővítve meg is haladja azt.

Az űrszonda modell feladata, hogy környezetéről mind vizuális, mind számszerű információt és adatokat gyűjtsön. A Surveyor-7 szonda alapvető funkciója fényképfelvételek készítése és a talaj analízise volt. A HUNVEYOR-4 ezen alapfeladatokon túl számos további eszközzel bővült, melyek a holdtól eltérő körülmények, például a Mars felszínén végzendő mérésekhez lennének alkalmasak. A hallgatók útmutatásommal terveztek és építettek egy hőmérsékletet, szélirányt, szélsébséget, a levegő páratartalmát és összetételét, a környezeti

zajszintet valamint a légnyomást mérni tudó meteorológiai állomást. Készítettek még villámdetektort, a megvilágítás erősségét és spektrális összetételét is mérő egységet, valamint rezgésmérőt a kipattanó földrengések detektálására. A fentiekén kívül a HUNVEYOR-4 műszerei közé a hallgatók integráltak egy félvezető alapú részecskesugárzás detektort, építettek egy egyszerű talajvizsgáló LED spektrométert, és egy pormérőt is. Mindez a hallgatók részéről az adott fizikai mennyiségekkel való intenzív foglalkozást, az ismeretek elmélyítését szolgálta.

A szonda elektronikája a fémvázba szerelt PC alaplap köré épült, melyet a diákok kiegészítettek és rendszerré integráltak az általuk tervezett és épített speciális vezérlő egységekkel és érzékelőkkel. Ez jelenti az erőforrások és prioritások kezelését, a vezérlő és az egyes eszközök, az operációs rendszer és a vezérlő, valamint a felhasználó és a szonda közötti kommunikációt.

Ic, Azt tapasztaltam, hogy projekt munka révén a hallgatók fizikai ismeretei a műszerépítésen keresztül gyarapodtak, mélyültek.

A villamosmérnöknek készülő hallgatók fizikai ismeretei informális módon, részben a projekt vezetőjével és egymással való megbeszélések, részben a vonatkozó szakirodalom önálló tanulmányozása révén lényegesen gyarapodtak. Fizikai ismereteik elmélyítése a mérnöki tevékenység gyakorlását célzó, különféle detektorok, és komplett egységek tervezésén, építésén, tesztelésén valamint azok rendszerbe szervezésén és vezérlő programjaik fejlesztése révén valósult meg. A gyakorló villamosmérnökök számára fontos a kreativitás. Az ismereteik gyarapodásával a kreativitásuk is nőtt. Az alábbiakban felsorolok néhány példát:

- A hőmérséklet mérését egy termisztoron eső feszültség mérésére vezették vissza. A termisztor ellenállása, tehát a rajta mérhető feszültség is a hőmérséklettel fordítottan arányosan változik. Ezt a változást érzékeli a mikrokontroller, amely A/D átalakítás után továbbítja a mért értéket.
- A fényerősségre a foto-ellenálláson mért feszültség jellemző.
- A fény spektrális összetételét detektorként használt vörös, sárga, zöld, kék és UV LED-ek feszültsége adja meg.
- A szélirány és szélsébség mérése az induktivitás változását jelző közelítés detektorokkal történt. A szélsébség meghatározásához az érzékelőből érkező impulzusokat számolja a mikrokontroller.
- A LED spektrométer a különböző színű LED-ekkel megvilágított testről visszavert fény mennyiségét méri
- A pordetektor a beépített lézer szórt fényét detektálja. A szóródott fény intenzitása jellemző a jelen levő por mennyiségére.

1d, A Hunveyor-4 építése révén rendszerszemléletet alakítottam ki a hallgatókban.

Korábban a hallgatók a kapott feladatuk megoldása során csak az adott eszköz fejlesztésére koncentráltak. A HUNVEYOR-4 esetében még azt is figyelembe kellett venni, hogy a külön-külön megtervezett és megépített eszközöknek egy egységes rendszerben kell működniük. Mivel minden eszköznek energiaigénye van, parancsokat fogadtat és adatokat szolgáltat, szükség van a szonda erőforrásainak allokációjára, hiszen nem működhet minden egyszerre, és nem is kommunikálhatnak egyszerre. A feladatot a hallgatók az I2C busz alkalmazásával oldották meg, mely révén egy vezérlő egység kommunikál mind az egyes eszközökkel, mind az operációs rendszerrel. Ugyanakkor maga, a külvilággal az Internet révén kapcsolatban levő szonda is része egy nagyobb rendszernek, amelyhez illeszkednie kell.

1e, A megépült Hunveyor-4 kísérleti gyakorló űrszonda modell használatával a korábbi zárt téri laboratóriumi kísérleteket szabadtéri fizikává tágítottam.

A „Szabad téri fizika” elnevezésű programban a kísérletek és mérések a szabadban, természetes körülmények között zajlanak, minden fajta zavaró körülménnyel fűszerezve, a maguk komplexitásában, nem pedig a „steril” laboratóriumban. A hallgatók ezt terepgyakorlatok alkalmával tapasztalták meg. A talajminta vevő robotkar segítségével a minta vastartalmát határozták meg, melyet az időnként feltámadó széllekek zavartak. A diákok a mérés elvégzése során szembesültek annak komplexitásával. Mindez gazdagította a tanulók mérésről alkotott képét, ezen kívül már maga az iskolai környezetből való kiszakadás is maradandó élményt jelentett számukra, elősegítve ezzel a látott és hallott tapasztalatok megjegyzését.

1f, Bebizonyítottam, hogy a Hunveyor-4 robotszonda megteremtette a BSc szintű oktatás számára az eddig hiányzó, több paraméter távvezérelt együttes mérését.

A robotszonda a környezetének paramétereit tudja mérni. Ezen paraméterek mérésére gyakran egyszerre van szükség, esetenként olyan helyen és olyan időszakban, ami a hagyományos oktatás számára nem megvalósítható. A HUNVEHOR-4 robotszonda erre is megoldást jelent. Ezt bizonyítja a MARS-2013

terepgyakorlaton való sikeres szereplése. Az osztrák űrkutatási szervezet (Österreichisches Weltraum Forum - ÖWF) 2013. február 1. és 28. között a Marrakesh-ben székelő Ibn Battuta Centerrel közösen egy nemzetközi, integrált marsi analóg terepgyakorlatot szervezett. A terepgyakorlat színhelye az Észak-Szahara (Marokkó), a marsi körülményeket sok szempontból jól közelítő sivatagi terület volt, melyen a HUNVEYOR-4 is részt vett. Műholdas internet összeköttetésen keresztül több környezeti paraméter (pl. fényerősség, hőmérséklet, páratartalom) és az összeköttetés minőségét jellemző parancs futásidő együttes mérése valósult meg.

Kapcsolódó publikációk: [1], [2], [3], [4], [5],

2. A fizikai jelenségek szemléltetése

2a, A mágnesség tanításánál bevezettem a térirányt jelző mágnesfilm használatát, amely kiválóan alkalmas a mágneses golyók, és az azokból álló különféle konfigurációk erőterének bemutatására, a mágneses térerősség fogalmának elmélyítésére.

Ritkaföldfém (elsősorban neodímium) ötvözetek segítségével igen erős mágnesek készíthetők. A láthatatlan mágneses dipólusok kölcsönhatásai révén a diákok különféle kristályrácsokat és kristályhibákat tudnak modellezni. A mágneses teret speciális módokon, kolloidális nikkellrészcskéket tartalmazó mágnes-film, illetve a vasfolyadék (ferrofluid) segítségével láthatóvá tudjuk tenni. A mágnes-filmmel a tér síkmetszeteit vizsgálhatjuk, a vasfolyadék három dimenzióban mutatja a mágneses tér erővonalait. (Órai demonstrációra azonban csak az első jöhet számításba.) A három dimenzióban néha nehezen elképzelhető, nehezen tárgyalható, nehezen mérhető mágneses teret ezzel az egyszerű segédeszközzel teszem szemléletessé, hozom közelebb a tanulókhöz. A diákok az azonos építőelemekből (mágnes-golyócskákból) egy-, két- illetve háromdimenziós alakzatokat tudnak létrehozni. A láthatóvá tett mágneses mintázatokban e közben szimmetriákat és szimmetriaműveleteket (eltolás, tükrözés, forgatás) ismernek fel.

Kapcsolódó publikációk: [6], [7].

2b, A részecskesugárzás bemutatására, mérésére és analizálására kidolgoztam egy egyszerűen alkalmazható szemléletes, a mérést hallás, látás és adat értékelés révén egymást többszörösen megerősítő, a diákok számára maradandó élményt jelentő módszert.

A részecskesugárzás detektálásának számos módja létezik, és néhány az oktatásban demonstrációs kísérletek számára jól használható. A részecske detektálását ezek a - jellemzően GM csövet tartalmazó eszközök egy kattanással jelzik, a részecskesugárzás intenzitását pedig a percenkénti kattánások száma jellemezi. Módszeremben az az új, hogy a szemléltetéshez és értékeléshez egy hangfeldolgozó programot, az ingyenesen letölthető AudaCity-t használom. A módszer előnyei: korábban, akár mobil telefonnal felvett hangfájlok is elemezhetők, a beütések visszahallgathatók, gyakoriságuk kirajzolódik a képernyőn, a különböző felvételek vizuálisan azonnal összehasonlíthatók, a beütések időpontjai kimenthetők, és pl. Excel segítségével további feldolgozásnak és elemzésnek (pl. időbeli aktivitás változás vizsgálat), vethető alá.

Kapcsolódó publikáció: [8].

3. A Naprendszeren kívüli Föld-szerű bolygók keresésének nehézségei

Kidolgoztam egy feladatsort, mely kvantitatív számolások révén mutatja be egy Föld-szerű bolygó megtalálásának fizikai feltételeit. A számszerű eredmények segítenek megérteni a kutatás nehézségeit. A téma alkalmas a fizikai ismeretek emelt szintű elmélyítésére. Az anyag összeállítását az inspirálta, hogy tudomásom szerint ilyen részletekbe menő kvantitatív eredményeket is felmutató oktatási anyag a témában még nem készült.

Összehasonlítási alap hiányában általánosan elfogadott az a vélemény, hogy a Naprendszeren kívül életet olyan helyen találunk, ahol a körülmények a földihez hasonlóak. Ezt a körülményt, valamint a fizika adta lehetőségeket és korlátokat figyelembe véve szakköri foglalkozások, vagy emelt szintű fizika oktatás keretében középiskolás diákok által is megoldható feladatsort dolgoztam ki. A feladatok és megoldásuk az egyszerűtől a bonyolultabb felé haladnak, ugyanakkor a megoldásukhoz szükséges adatokat és az elméleti háttérismereteket (pl. hullámoptika, Planck-féle sugárzási törvény) is közlöm.

A közvetlen megfigyelés lehetőségeinek vizsgálata során megtárgyalt fogalmak: diffrakciós kép, Airy-korong, a távcső felbontóképessége, Rayleigh-kritérium, légköri szcintilláció hatása. Röviden szó esik a CCD detektorokról is. Az indirekt módszerek közül az asztrometriai, a fotometriai és a spektroszkópai módszert veszem górcső alá. Az ismeretek rögzítésére 24 kidolgozott számolási feladat szolgál. Számszerű eredményt adó példákon mutatom be, mi olvasható ki a fénygörbékből, milyen elképesztő mérési pontosság szükséges, mi utal a bolygó pályaalakjára, hogy használható a Doppler és a Rossiter-McLaughlin effektus az exobolygó keringési irányának a csillag forgástengelyével bezárt szögének meghatározásához.

A konkrét számításokhoz a Naprendszer és a Hubble űrtávcső adatait használtam fel. A feladatokat a csillagász szakkör középiskolás korosztályú tagjai útmutatással sikeresen megoldották.

4. Az energiafogalom felmérése

4a, Az Eötvös Loránd Tudományegyetemen a doktori iskola keretében kidolgozott energiatesztet felhasználtam a BSC hallgatók tudásának felmérésére. A teszt segítségével kimutattam, hogy az előzetes feltételezésekkel ellentétben a műszaki felsőoktatásba bejutott diákok energiafogalma nem jobb, mint az átlagos végzős középiskolai tanulóké, viszont egy fél éves fizika kurzus elvégzése után észrevehető javulás volt tapasztalható.

A 15 kérdést tartalmazó kérdőívet a félév legelső hetében több éven keresztül kitölttettem a villamosmérnök, informatikus és menedzser szakon tanuló, a fizika kurzust épp akkor kezdő hallgatókkal. A vizsgálataim során összesen 327 darab műszaki pályát választott egyetemista által kitöltött tesztlapot dolgoztam fel, a következő szempontok szerint: a) a helyesen megválaszolt kérdések száma, b) tárgyi tudást igénylő, c) szemléletet igénylő, d) számolási/feladat megoldó készséget igénylő kérdésekre adott helyes válaszok száma. A fizika kurzust kezdők eredményeit összevettem a középiskola befejezése előtt álló 374 tanuló eredményével. Gyakorlatilag ugyanazt a teljesítményt mutatta mindkét csoport. A fél éves fizika kurzus hatékonyságának vizsgálata érdekében a vizsga előtt ismét kitölttettem a tesztet. Ezen pedagógiai mérés eredménye mintegy 26%-os javulást mutatott.

4b, Megállapítottam, hogy a már húsz éve gyakorló villamosmérnökök ismeretanyaga gazdagabb, szemlélete kissé jobb, de feladatmegoldó készségük ugyanolyan rossz, mint az aktív hallgatóké.

További összehasonlítás céljából a tesztet 20 évvel korábban végzett gyakorló villamosmérnökök egy csoportjával is kitölttettem. A 33 darab tesztlap alapján az érett felnőttek a jóval fiatalabb aktív hallgatókkal összehasonlítva mind tárgyi tudás, mind szemlélet tekintetében kissé jobb eredményt mutattak. Ami a számolást igénylő, kvantitatív eredményt kívánó válaszokat illeti, lényegében egyformán rosszul teljesítettek. A többi kérdés esetében valószínűleg a nagyobb élettapasztalat billentette javukra a mérleget.

Terveim a jövőre nézve

Oktatói, ismeretterjesztői és szervező tevékenységem a megszerzett tapasztalatok figyelembe vételével kívánom folytatni. Nagy hangsúlyt fektetek az ismeretterjesztő, felvilágosító munkára, de különösen az egyetemi hallgatók fizika oktatására, projekt témák felkínálására.

A HUNVEYOR projekt keretében megvalósítandó feladat a szonda hosszú távú autonóm működésének megvalósítása. Ez egybe hangzik a korszerű, a megújuló energiaforrások használatára való figyelem felkeltésével, és számos helyen kapcsolódik a fizikához. A „leszálló egység” képességeit nagyban kibővíti egy mobil felderítő egység, egy műszer kocsi, mely rádiós összeköttetéssel tud kommunikálni az űrszondával. További lehetőséget nyújt, ha a HUNVEYOR-t a kutatandó környezetet szimuláló terepasztra tudnánk elhelyezni. A tereptárgyak helyének változtatásával, a terepasztra más szegmensébe helyezésével a „földi irányítók” egy dinamikus változó környezetben mindig más helyzet elé kerülnének. Ezzel többszöri használat esetén sem válna unalmassá a tárgyak felkutatása, s akár vetélkedők rendezését is lehetővé tenné. Mivel ez az oktatási kísérlet azt mutatja, hogy a projekt módszer sikeresen működtethető, arra törekszem, hogy a módszert beemeljem a reguláris oktatásba. Reményeim szerint ott is hasonlóan jó eredménnyel járna.

A fizika oktatás szemléletesebbé tételére egyik tervem egy Foucault-inga létesítése, és mozgásának detektálása, számítógépes feldolgozásra alkalmas módon. Tervezem továbbá a hőmérsékleti sugárzás, különös tekintettel a Wien-féle eltolódási törvény kimutatását CCD kamera segítségével, és számítógépes feldolgozással.

A tézisek alapjául szolgáló publikációk az első említés sorrendjében.

[1] Hudoba, Gy.: A HUNVEYOR-4 gyakorló űrszonda építése, *Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan*, ELTE TTK, 2011., pp. 336-340.

[2] Hegyi S., Bérczi Sz., Cech V., Császár-Cs. P., Hudoba Gy., Varga T.: A Hunveyor-Husar modellépítést támogató elektronikus tanulási környezet, *"Lehetőségek és alternatívák a Kárpát-medencében" (modszertani tanulmányok)*, Könyvrészlet, pp. 512-519, 2011.

[3] Hudoba, Gy.: The HUNVEYOR Project, an integrated science education program, *Physics Competitions Vol. 14 No 2 (2012) pp. 66-74.*

[4] Hudoba, Gy.: Építsünk űrszondát! - fizikatanítás érdekesen, *A Fizika, matematika és művészet találkozása az oktatásban, kutatásban*, Marosvásárhely, 2012. augusztus 15-18., pp. 229-234. ELTE, TTK, Bp. 2013.

[5] Hudoba, Gy.: Űrszondamodell-építés - út a fizikához, *Fizikai Szemle, LXIV. évf. 2014. május*, pp. 169-170.

<http://wwold.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz1405/HudobaGy.pdf>

[6] Hudoba, Gy.: Amazing magnetic balls, *IOP Science, Physics Education Volume 48 (2013) Number 4, (Front line section)*, pp. 424-425.

http://iopscience.iop.org/0031-9120/48/4/F02/pdf/0031-9120_48_4_F02.pdf

Video Abstract: <http://iopscience.iop.org/0031-9120/48/4/F02>

[7] Hudoba, Gy.: Csodálatos mágnesgolyók, *Acta Carolus Robertus, 2013.* (Károly Róbert Főiskola), pp. 89-95.

[8] Hudoba György: A Novel and Expressive Way of Detection and Evaluation of Particle Radiation in Physics Education, *Kitekintees - Perspective* (magyar-román-szlovák periodika), Szent István Egyetem Gazdasági Kar, Békéscsaba 2011., pp. 223-229.