

# Féléves doktoranduszi beszámoló

(1. félév, 2021/2022 őszi félév)

**Horváth Zoltán (ZILZIS)**

**Témavezető: Dr. Bérczi Szaniszló**

**Fizika Tanítása Doktori Program**

**2022. január**

## 1. Irodalomfeldolgozás

A kutatási témában való jártasság megszerzésének és az adott területen történő kutatás pillanatnyi állásának, aktuális eredményeinek a megismeréséhez elengedhetetlenül szükséges a szakirodalom minél szélesebb körű megismerése. Ez még nagyobb hangsúlyt kap a doktori tanulmányok elején.

Ennek megfelelően igyekeztem magyar és angol nyelven az elmúlt 20 évből meríteni az elolvasott, részben vagy teljes egészben feldolgozott vagy felhasznált cikkeket, olykor doktori értekezést, szabadalmat vagy egyéb kiadványt az alábbi területekről. 1. Korábbi Hunveyor projektek, kísérletek és műszaki megoldások; 2. Arduino platform megismerése különösen mérések céljára; 3: Egyes konkrét mérések elméleti alapja és megoldási lehetőségei (pl. talajnedvesség-mérés); 4. Planetáris felszíni környezetek megismerése – különös tekintettel a Marsra

A fenti témákban feldolgozott írott anyagok mellett számtalan rögzített előadást, ismeretterjesztő filmet, marsi környezetet vagy Mars-szondát bemutató videót tanulmányoztam, s ezek egy jelentős részét a diákokkal együtt végeztük. Az írott irodalom és a videók hivatkozásainak listája az Irodalomjegyzékben található.

## 2. Szakmai konferencia- és előadás-részvételek

Az írott irodalom és a korábbi konferenciafelvételek feldolgozása mellett az aktív részvételt biztosító alábbi konferenciákon és előadásokon vettem részt:

- 63. Országos Fizikatanári Ankét és Eszközbemutató (Vác, 2021. október 22-25.)
- GIREP Webinar 2021 (2021. november 10-12., Málta, on-line)
- „Holdközetek és meteoritok” választható tárgy (ELTE)
- Leszállások a Marson, MANT konferencia-előadás, Horváth András (BME, online)
- Fizika Tanítása Doktori Program valamennyi előadása (online) (Fizika tanítása I. (Klasszikus fizika: mechanika, hőtan); A fizika történelmi, nagy kísérletei; A relativitáselmélet alapjai; Fizika a kémiában)

## 3. Publikáció, megjelenések

Az első félévben inkább az irodalomkutatás a fő szerep, a publikációs tevékenység csak az ezt követő kutatás eredménye lehet, a későbbi félévekben. Valódi publikálás nem történt, ugyanakkor néhány előadás, prezentáció, illetve a munkám bemutatását szolgáló cikk született:

- Tanszéki bemutató prezentáció (2021. szeptember 28., ELTE)
- Plakát: „Irány a Mars!” szakkör meghirdetése (2021. szeptember)
- „Mars közelben a Szent Imrében” interjúcikk a Budai Ciszterci Szent Imre Gimnázium, Pingvin újság (Sipos Zsombor 9.C) (2021. december) (3 oldal)
- Szakköri előadások, prezentációk (több mint 100 dia)
- Beszámoló a 63. Országos Fizikatanári Ankétról (5 oldal)

## 4. Szakköri, pedagógiai tevékenység és eredmények

A fizikatudományi és egyszersmind pedagógiai jellegű kutatás és munkát nem lehetne diákok bevonása nélkül megvalósítani. A speciális, nem minden diák figyelmét felkeltő, nem általános, minden tanuló számára kötelező érvényű téma feldolgozása – nevezetesen a mérőszondákkal építése és ezekkel kapcsolatos tervezés, kísérletezés legjobb formája egyértelműen a szakköri keret és tevékenység.

### 4.1. Célkitűzések, keretek és munkaformák

A szakköri tevékenységnek többes célja van, melyeket – némi kompromisszumokkal – szükséges kitűzni és mindvégig ezekre törekedni:

- Doktori kutatási cél:
  - Diákok tudásának, természettudományokhoz való viszonyának, képességeiknek vizsgálatá
  - Máshol is alkalmazható program kidolgozása
- Célok a diákok részére:
  - Fizika, informatika, kémia, földrajz tudás bővítése, elmélyítése, gyakorlatiassá tétele
  - Mérnöki problémamegoldás
  - Egyéni és társas képességek, készségek fejlesztése



1. ábra: A "Irány a Mars!" szakkör meghirdető plakátja

A szakkör formájával kapcsolatban az alábbi követelményeket határoztam meg (kutatási, pedagógiai, motiváció szempontok alapján):

- Hossza és rendszeressége: heti legalább 1x90 perc (Rövidebb időtartam alatt a lényegi munka arányai, így az előrehaladás mérték feltehetően csekély lenne.)
- A résztvevők 2-4 fős munkacsoportokban dolgoznak egy-egy részterületen, problémán (Így mindenki aktívan részt tud benne venni, ugyanakkor van segítség, inspiráló társ.)
- Munkaformák:
  - Előadások (ismeretátadás – részben meghívott előadókkal)
  - Ismeretterjesztő (videók, cikkek, hírek) tartalmak elemzése
  - Közös és egyéni tervezés és kísérletezés
  - Terepgyakorlatok és külső helyszínek látogatása (Valódi mérési környezet, nem csak iskolához kötődő, még emlékezetesebb élmények.)
  - Otthoni projektmunkák (A tevékenység rendszerességének és időtartamának kiterjesztése.)
  - Konzultációk (kiscsoportban felmerülő problémák és született eredmények megbeszélése)

## 4.2. Feladatok dekompozíciója

### 4.2.1. Az eszközök

A kutatási tervből, a célkitűzésekből kiindulva meghatároztam, milyen fő komponenseket kell megvalósítani:

- Statikus űrszonda-modell (Hunveyor): Helyhez kötött (nagyobb eszközökkel megvalósítandó) mérések
- Kutatóautó robot (rover) (Husar): Távirányítható; kisebb helyigényű és/vagy összetett mozgássorozatot igénylő mérések

A fenti két egységnél megvalósítandó feladatok: Távvezérlés; Mérés, kísérletek; Előfeldolgozás; Adattovábbítás.

- Planetáris terepasztal, melyen aktívan befolyásolhatók az alábbi paraméterek: Dőlésszög; Folyadékbefecskendezés; Mágneses tér változtatása; Szélesebesség

### 4.2.2. Mérések

A szakköri diákokkal az alábbi lehetséges mérendő paramétereket azonosítottuk, illetve csoportosítottuk (összhangban, illetve kiterjesztve a kutatási tervben foglaltakat):

A fenti 11 paraméter mérésére több mint 25 mérési eljárási ötletet vázoltak fel a diákok, melyeket egyenként ki kell dolgozni, s vizsgálni, hogy az adott környezeti feltételek mellett (hőmérséklet, nyomás, stb.) és kis méretben melyek megvalósíthatók, melyek adnak nagyobb pontosságot, s melyek elegendően megbízható, biztonsággal kivitelezhető megoldások.




Talaj	Légkör	Egyéb
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Talajnedvesség</li> <li>• Kémhatás</li> <li>• Szemcseméret</li> <li>• Talajsűrűség</li> <li>• Mágneses szemcsetartalom</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hőmérséklet</li> <li>• Nyomás</li> <li>• Szélesebesség</li> <li>• Lebegő por</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mágneses tér</li> <li>• Gravitációs gyorsulás</li> </ul>

1. táblázat: Mérendő paraméterek és csoportosításuk

### 4.2.3. Platformok a mérésekhez

A mérések elvégzéséhez – annak módjától függően – valamilyen szenorra szükség van, amely egy adott paraméter számszerű mérését, digitalizálását végzi. Ezen szenoroknak a vezérléséhez, kiolvasásához, az adatok feldolgozásához elengedhetetlen egy olyan elektronikus platform, amely ezekre alkalmas.

A fentiek figyelembevételével 3 olyan erre alkalmas platformot azonosítottam, amelyhez többféle szenor érhető el, gyors sikereket lehet elkönyvelni és a diákok elektronikai és informatikai tudásához is jól illeszkedik.

Arduino / Raspberry	LEGO	Mobiltelefon
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Alaplap” sok interfésszel</li> <li>• Rengeteg olcsó szenor és motorok</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Alaplap” sok interfésszel</li> <li>• Sok gyári szenor és motorok</li> <li>• Bármilyen LEGO-val összeépíthető</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kompakt feldolgozó és kommunikációs egység</li> <li>• Sok beépített szenor</li> </ul>

2. táblázat: Szenzor és vezérlő platformok

## 4.3. Elvégzett feladatok és eredmények

### 4.3.1. Szakköri csapat

A kezdeti (2021. szeptember-október) 19 főből csupán 3 hagyta el egyéb feladatai miatt a szakkört a félév során, míg 2 fő csatlakozott, 1 fő pedig időpint ütközés miatt otthon végzi a szakköri munkát. A 18 főből 3 lány, 15 fiú, 2 diák 6. osztályos, öten 9-esek, a tízen 10-esek, és egy 11-edikes.

A csapat egésze széles érdeklődésű, a kezdeti felmérés alapján sokan a fizika, űrkutatás, csillagászat, elektronika, programozás vagy éppen a kémia iránt érdeklődnek, és vannak közöttük olyanok, akik több éves tapasztalattal is rendelkeznek Arduino, Raspberry vagy LEGO platformok használatában, programozásában.

A diákok érdeklődésük és tapasztalataik alapján 2-4 fős csapatokat alkottak, mely csapatok egy-egy platform megismerésére vagy mérés, komponens kidolgozására vállalkoztak. A továbbiakban e területeken végzett munkát és eredményeket mutatom be.



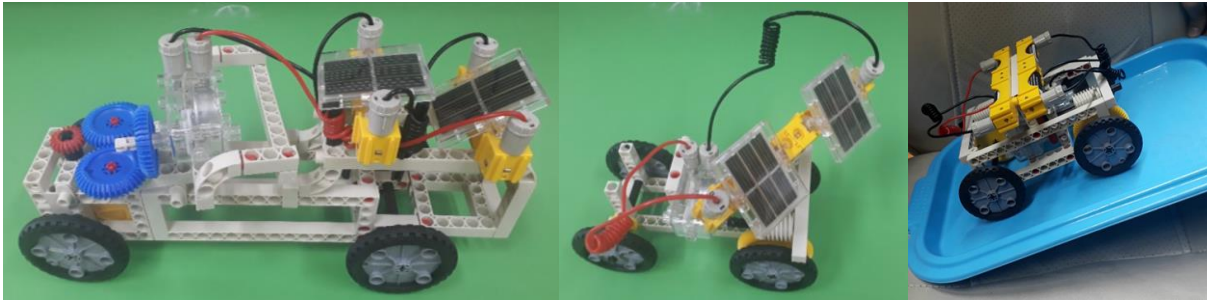
2. ábra: Fantáziakép egy korábbi Hunveyor és Husar felhasználásával

### 4.3.2. Mechanika és meghajtás – konstruktóri csapat

A „konstruktóri” csapat feladata a mechanikai és meghajtás témakörébe tartozó feladatok, problémák megoldása, így a statikus váz, a mozgó alkatrészek, az elektromotorok és azok tápellátása.

A csapat feladata egy napelemeket is tartalmazó, Technic LEGO-hoz hasonló „Solar” építőjátékból a játék leírásából megépített, ám működésképtelen jármű optimalizálása volt. Az eredeti napelemmel meghajtott és mechanikai irányváltóval ellátott autó nem működött (elemmel sem), mert rendkívül sok súrlódó és lötyögő áttételt tartalmazott, és a súrlódási és gördülési ellenállás együttesen a meghajtó elektromotor forgását gátolták. Ezt kapta meg a csapat, hogy építsen a rendelkezésre álló alkatrészekből egy működő, optimalizált megoldást.

A 7 főre kiegészülő csapat a feladat kiadását követően 2 részre vált, egyik a napelemcellák működésével és azok soros, valamint párhuzamos kapcsolásával kezdtek foglalkozni, míg a másik csapat egy új, sokkal könnyebb vázát épített, a 4 fogaskerék-áttétel helyett pedig egyetlen (az építőkészletben található) csigahajtóművet épített be, ezzel egy sokkal közvetlenebb meghajtást és a korábbi áttétel-arány 40-szeresét tudták elérni. Ezzel ugyan lassan mozgott az eszköz, de megmozdult, sőt akár egy 20°-os lejtőn is képes volt felkapaszkodni. A napelemek pedig új dönthető és teljesen körbeforgatható konzolt kaptak, hogy a jármű mozgásának irányát a Nap helyzetétől teljesen függetleníteni lehessen, a napelemeket mindig merőlegesen lehessen a Nap irányához képest állítani.



3. ábra: Az eredeti (v1.0), az újragondolt (v2.0) napelemes, valamint az akadálymászásra optimalizált (v3.0) autó

Meglepő volt látni, hogy részletes gépészei és elektronikai ismeretek, pontos problémamegfogalmazások és megoldási tervek nélkül, csupán az intuícójukra hagyatkozva hogyan oldották meg a problémát csupán 60 perc alatt!

Jól mutatta, hogy a megoldás valóban intuitív módon született, hogy amikor rákérdeztem, csak igen lassan, sok gondolkodás után tudták megfogalmazni, hogy mi volt a probléma az eredeti konstrukcióval, mint ahogy az is, hogy mit miért csináltak. Ezek után arra kértem őket, hogy a fentieket gondolják át, és hasonlítsák össze a két verziót előnyös és hátrányos tulajdonságuk alapján. Ennek egy letisztult változata szerepel alább.

A fenti kísérlet alkalmas lehet a mérnöki intuíciónak, tudattalanul használt fizikai törvények és beépült tapasztalások mérésére, a kérdések és a táblázat pedig a folyamat tudatosítására, a további hasonló helyzetben az ad-hoc megoldás helyett a mérnöki gondolkodás tudatosabb használatára. A feladatmegoldásnak csoportos kielemezése pedig a fizika több területének (mechanika, súrlódás, energetika, elektromágnesség, félvezetők,...) gyakorlati alkalmazását hozza testközelbe.

Készült egy újabb (v3.0) verzió is, melyben már 2 motor, 2-szer annyi napelem szerepelt, és így egy kétszer olyan teljesítményű szerkezetet hoztak létre. Ez az általam adott optimalizálási szempontok alapján valósult meg: 1. Még meredekebb lejtőt és nagyobb akadályokat is tudjon megmászni; 2. 4-kerék-meghajtású; 3. nagyobb fajlagos (tömegre vetített) teljesítmény; 4. minél mélyebb súlypont kialakítás (elektromotorok súllyesztése); 5. alváz legmélyebb pontja minél magasabban (közel a tengelyhez);

Az így kialakított eszköz (a téli kevés napfény miatt ceruzaelemes meghajtásra átválva) a kb. 25°-os (enyhén bordázott műanyag) lejtőt is meg tudta mászni, ennek növelésének is főként a megcsúszó gumikerék jelentette akadályát.

### 4.3.3. Hunveyor-16 analízis, Arduino platform érzékelői

Hudoba György jóvoltából a szakköri csapat hozzájárult a Székesfehérváron összeállított Arduino-alapú Hunveyor-16 űrszonda-modellhez. A diákok feladata volt annak felderítése, hogy milyen komponenseket tartalmaz az eszköz, milyen módon kapcsolódnak ezek egymáshoz, és milyen mérések elvégzésére alkalmas.

Igen tanulságos volt, hogy 5 diák némi arduinós és elektronikai tapasztalattal milyen módon oldja meg a feladatot. A mobiltelefonjukkal az egyes komponenseket áramköri IC-k típuszámát befotózva és az Interneten rákeresve állapították meg az egységek funkcióját – csupán 1 óra alatt. Az alkatrész és funkciólista mellett készült a bekötéseket tartalmazó műszaki rajz és a modulok kapcsolatát bemutató blokkdiagram is.



4. ábra: Diákok és a Hunveyor-16

A csapat feladata volt továbbá egy Arduino alaplap- és egy szenzor lista összeállítása, hogy a kompatibilitás, az érzékenység és az ár alapján milyen eszközöket szükséges bevásárolni. A további méréseket 3 Arduinoval végeztük.

### 4.3.4. Talajjellenállás és ellenállásmérés Arduinoval

A korábban bemutatott mérhető paraméterek közül sok egyszerűen egy alkalmas szenzorral, annak kiolvasásával történhet. (hőmérséklet, nyomás, páratartalom)

Bár van kereskedelmi forgalomban elérhető talajnedvesség szenzor az Arduino platformhoz, mégis célszerűnek láttam, ha ennek fizikai mélyére ásunk.

A diákok a talaj nedvességtartalmának mérésére a következő megoldásokat javasolták: 1. préseléssel; 2. centrifugálással; 3. vezetőképesség vizsgálatával (két, talajba leszúrt elektróda közötti ellenállásméréssel és referenciaadatok használatával); 4. talajmintából történő párologtatással (megfelelő hőmérsékleten és nyomáson) a., páratartalom vagy b., a minta tömegcsökkenésének mérésével.

A fentiekből kitűnik, hogy kb. 15 főként 9-10. osztályos tanuló milyen ismeretekkel és kreativitással rendelkezik.

A lehetőségek közül a vezetőképesség mérést választottuk, amit felszültség- és árammérés segítségével mindenféle szenzor nélkül is meg tudunk mérni egy Arduino laplappal.

Több kísérleti elrendezést állítottunk össze, melyekben 4,5V-os elemmel vagy nagyobb 50 V-os tápegységgel, miután Ohm törvénye alapján megállapították, hogy a nagy ellenállású talajban az észlelhető áramerősség méréséhez minél nagyobb feszültséget szükséges használni. (Felmerült, hogy a Hunveyor szondán a GM-cső meghajtására használt 400V-os feszültségforrást erre is fel lehetne használni.)

A vizsgálatok kiterjedtek a különböző szennyezettségű víz, és a különböző méretű és formájú elektródák esetén az ellenállások mérésére, és egy újszerű „szivacs-talajmodell bevezetésére is. Felismertük ugyanis, hogy homokkal vagy más talajjal nehéz dolgozni, egyrészt „koszol”, másrészt egyszer használható, mivel sokáig tart még újra kiszárad egy új méréshez.

A megoldást egy háztartási mosogatószivacs jelentett, ami a talajhoz képest nagyon hasonlóan viselkedik: időbe telik, amíg a felületi feszültség és a kapillaritás miatt behatol, illetve keresztülhalad a nedvesség a két elektróda közötti térrészen. A mérési eredmények is jól igazolták, a keresztülszivárgás jelenségét, az ellenállás folyamatosan csökkent, ahogy e térrészbe behatolt és szétterjedt a víz, majd némi stagnálás után az ellenállás lassú csökkenésnek indult, ahogy a térrészből elszivárgott a folyadék.

A fent vázolt kísérlet és sok referenciaadat felvételének további vizsgálata alkalmassá teheti a módszert nem csak a vezetőképesség és így a víztartalom meghatározására, hanem a talaj megnedvesítésével a talaj szerkezetére is következtethetünk a szivárgás közben felvett „ellenállásprofil” segítségével.

Az Arduinóval foglalkozó csapat ezzel párhuzamosan megkezdte annak tesztelését, hogy egy Arduino alaplappal hogyan lehet nagy (jelelemzően talajban) ellenállások mérését. Több referenciaadat felvételével számíthatóvá vált az Arduinónak, mint feszültségforrásnak a belső ellenállása, és ennek figyelembevételével és egy feszültségosztó ellenálláspár felhasználásával sikerült néhány megahomos ellenállás esetén is viszonylag pontos ellenállásértékeket mérni. Ennek további javítása és a mérési tartomány kitolása folyamatban van.

#### 4.3.5. Husar-18 – LEGO rover

A LEGO platform kiváló a gyors sikereke eléréséhez, ugyanis sokan ismerik az építőjátékot, melyben szinte bármilyen konstrukció gyorsan összerakható, és ezt szervomotorok és a LEGO által gyártott szenzorok (UH-os távolságmérő, nyomókapcsoló, mikrofon, színmeghatározó egység, stb.) és az ezekhez kapcsolódó, kijelzővel, bluetoothos és USB-s interfésszel rendelkező programozható vezérlő és tápegység segítségével.

A LEGO rover csapat a félév során sok újraépítés és programozás után egy LEGO Husar-18 rovert készített el, ami az alábbi tulajdonságokkal rendelkezik:

- Kb. egy nagyobb cipősdoboz méretű
- Lánctalpas, ami segíti a jó talajfogásban
- A lánctalp a mindig a menetiránynak megfelelően elől megemelkedik, hogy nagyobb kiemelkedésre is fel tudjon kapaszkodni (pl. lábfej, 5 cm-magas lépcsőfok)
- Helyben megfordulás (ellentétes lánctalpmozgással)
- Mobiltelefonról vezeték nélkül (Bluetoothon keresztül) irányítható, állapota lekérdezhető
- Tartalmaz egy a „hasából” lefelé leereszthető, és forgatható fúrószerkezetet (későbbi mintavétel céljára), amely észleli, ha talajhoz ért, így mely kismértékben talajkeménység-vizsgálatra is alkalmas
- További 3 szenzor csatlakoztatásra alkalmas



3. táblázat: A LEGO és konstruktóri csapat egy része és a Husar-18 LEGO rover

#### 4.3.6. Aktív planetológiai terepasztal

A kutatásom fontos része, hogy a célkitűzésben leírtak szerint egy aktív planetológiai terepasztal is elkészüljön. A fent részletezett aktív befolyásolási követelményeknek megfelelően az alábbi paraméterekkel is tulajdonságokkal kell rendelkeznie: 1. 180 cm x 240 cm méret; 2. Nagy teherbírású, impregnált faváz; 3. Rugalmas, átlátszó polikarbonát alj és falak; 4. Élvedő és merevítő lécek és rudak; 5. Rögzíthető kerekek

Bár a Szent Imre Gimnázium vállalta fedezi a terepasztal költségeit, sajnos két asztalosmester sem készítette eddig el betegségre, illetve a vállalkozás felfüggesztése miatt), így a kivitelezés a következő félév feladata.



5. ábra: Áramerősség-mérés a szivacsmodellen 4,5 V elemmel és vízcseppentővel