

# Féléves doktoranduszi beszámoló

(4. félév, 2022/2023 tavaszi félév)

**Horváth Zoltán (ZILZIS)**

**Témavezető: Dr. Bérczi Szaniszló**

**Fizika Tanítása Doktori Program**

**2023. június**

## 1. Irodalomfeldolgozás, előadás-részvételek, ismeretterjesztés

A félév során az irodalomfeldolgozás jelentős részben olyan cikkekre és segédanyagokra korlátozódott, melyek a konkrét, alább részletezett kutató- és szakköri munkát támogatták. A tudományos publikációk mellett így sok online videót és ismeretterjesztő anyagot dolgoztam fel – egyedül vagy szakkörös diákjaimmal –, melyek együttes száma meghaladta az 40-et – főként űrkutatási, mérés-technikai, programozási és pedagógiai témákban.

A Fizika Tanítása Doktori Program valamennyi (online) előadása is segítségemre volt a félév során – különös tekintettel a témámhoz kapcsolódó „Csillagászat és űrkutatás” tárgy, valamint a „Fizika tanítása IV.” pedagógiai ismeretei. Korábbi félévben a „Számítógépek sokoldalú alkalmazása a fizika tanítása során” tárgyban Dr. Piláth Károly által tartott előadás és általa létrehozott hiánypótló weboldal (<https://pilath.wordpress.com>) nagy segítségünkre volt, diákjaim az ott található cikkek feldolgozásával oldottak meg több problémát.

Diákjaimmal az alábbi konferenciákon, előadásokon és szakmai programokon vettünk részt a félév során:

- CanSat Hungary 2023 II. találkozó (Budapest, 2023. márc. 18.) előadás többek között Detre Örs Hunortól, Max Planck Institute for Astronomy kutatóintézetéből, a James Webb Space Telescope MIRI vezető mérnökétől
- Látogatás a Paksi Atomerőműben és a Karbantartó Gyakorló Központjában (KGYK) (Paks, 2023. márc. 23.)
- Előadások csillagásztól és asztrofizikusoktól a Athletica Galactica Kárpát-medencei Középiskolai Csillagászati és Asztrofizikai Versenyen országos döntőjén (Bakonybélben 2023. március 25-26.)
- Dr. Adam Reiss (2011-es fizikai Nobel-díjas): „Az Univerzum tágulásának meglepő története” (MTA Székház, 2023. ápr. 19.)
- Dr. Pálfalvi László: Extrém nagy térerejű THz-es impulzusok - újfajta részecskegyorsító? (Pécs, 2023. máj. 7.)
- Látogatás Bábaapátiba, a Nemzeti Radioaktív Hulladéktárolóhoz (Bábaapáti, 2023. máj. 8.)



1. ábra: Dr. Adam Reiss (2011-es fizikai Nobel-díjas) fizikussal és csillagászzal és szakkörös diákokkal 2023. ápr. 1-én az MTA székházban



2. ábra: Diákokkal Pakson egy kiállított reaktorkamránál

## 2. Publikáció, megjelenések

A negyedik félévben a tervezett jelentős publikációk egy része elmaradt, részben betegség, részben az esemény elmaradása (Fizikai Anket), részben az intenzív versenyezés miatt, ugyanakkor az eredmények egy része szakköri, iskolai, illetve verseny anyagokban, valamint beszámoló formájában dokumentálva lettek és az alábbi módon lettek bemutatva:

- Szakköri előadások, prezentációk (több mint 40 dia)
- Doktoranduszi összefoglaló beszámoló a témavezetőnek (Bp., 2023. ápr. 23.) (63 dia)
- CanSat Hungary 2023 verseny Critical Design Review (CDR) (2023. febr. 26.) (20 oldal)
- „Repülő, okos „konzervdoboz” - Beszámoló a 2022/2023 évi CanSat verseny CanSa(in)tlmre csapatáról” cikk a Budai Ciszterci Szent Imre Gimnázium Pingvin magazinjában (várható megjelenés: 2022. június) (2 oldal)
- „Napelemes építőjáték alkalmazása a középiskolai oktatásban – A mechanikától az űrkutatásig” (még nem benyújtott cikk) (tervezett megjelenés: Fizikai Szemle, 2023) (6 oldal)

## 3. Szakköri, pedagógiai tevékenységek és eredmények

A múlt félévben megkezdett kutatói és pedagógiai munkát ebben a félévben is a diákok bevonásával szakköri tevékenység keretében végeztem.

### 3.1. A féléves célkitűzések, keretek, szakköri csapat

Az elmúlt félév pozitív tapasztalatainak megfelelően ebben a félévben is főként szakköri keretek között – vezetett előadásokkal, egyéni és csoportmunkával, mentorálva, segítve az egyének és csoportok előrehaladását – folytattuk a megkezdett munkát a célkitűzések mentén.

A félév során a CanSat verseny további feladatokat is adott, de igyekeztünk az ott megszerzett tudást és megoldásokat más kutatási és alkalmazási területekre is azokat transzformálni. Másrészt a CanSat-tól független kutatási területeken is értünk el újabb eredményeket. Ezek bemutatása a teljesség igénye nélkül a további fejezetekben következik.

A 4. félévben az előző félévihez képest a szakköri csapatban jelentős változás nem történt, 2 fő – főként tanulmányi okokból kevesebbet vett részt az alkalmakon, de 9. és 10. évfolyamról 1-1 érdeklő többször résztett a szakkörön.

### 3.2. Fizikai mennyiségek mérése és kapcsolata – CanSat IRU és felszíni alkalmazása

A CanSat versenyhez az előző félévben elektronikai komponensekből készült egy olyan érzékelőkből és vezérlőből álló fedélzeti rendszer, amely hasonlóan a repülőgépekhez, műholdakhoz az aktuális pozíció, sebesség és gyorsulást követi nyomon és számolja a paramétereiből. Ez az ún. Inertial Reference Unit/Module (IRU/IRM). A mi rendszerünk az alábbi komponenseket tartalmazza:

- 3-tengelyű gyorsulásmérő
- 3-tengelyű giroszkóp
- 3-tengelyű magnetométer
- Precíziós nyomásmérő
- GPS-vevő
- ESP32 (vezérlő)

A félév során meghatározásra került, hogy mely fenti összetevők, milyen adatokat mérnek, s ezekből milyen fizikai és matematikai összefüggésekkel lehet más paramétereket származtatni. Ezt mutatja a 4. ábra. Táblázatban szereplő jelölések a következők: M (measured) – közvetlenül mért mennyiség; C (calculated) – számított mennyiség; C\* - nem teljes értékűen számított mennyiség (pl. csak 1 dimenzióra); \*\* a gyorsulás komponenseire kell bontani: gravitációs + lineáris + centrifugális + tangenciális. A C-vel és C\*-gal jelölt számítások jelentős része meghatározásra került. Például a mért gyorsulásvektor numerikus integrálásával a pillanatnyi sebesség adódik, vagy továbbintegrálásával a pozíció. A forgás szögsebességét a gyorsulásmérőkből származó adatokból, de még egyszerűbben a giroszkópokból vagy akár a fényintenzitás periodikus változásából is megkaphatjuk.

↓Megjelenítendő	BMP280 #1/#2			MPU9250 #1/#2			GPS			fény
	Mért →	p	T	hum	a	ω	B	x	v	
h – magasság	C				C			M		
x – koordináta					C			M	C	
v – sebesség	C				C			C	M	
a – gyorsulás**	C*				M	C*	C*	C	C	
φ – irány/dőlés					C	C	M			
ω – szögsebesség					C	M	C			C*
B – szöggyorsulás					C	C	C			C*
p – nyomás		M			C			C		
T – hőmérséklet			M							
hum – páratartalom				M						
φ – fényintenzitás										M
csomagsebesség										
státusz										

3. ábra: A CanSat szenzori, mért és számított adatai

A fenti összetevők, milyen adatokat mérnek, s ezekből milyen fizikai és matematikai összefüggésekkel lehet más paramétereket származtatni. Ezt mutatja a 4. ábra. Táblázatban szereplő jelölések a következők: M (measured) – közvetlenül mért mennyiség; C (calculated) – számított mennyiség; C\* - nem teljes értékűen számított mennyiség (pl. csak 1 dimenzióra); \*\* a gyorsulás komponenseire kell bontani: gravitációs + lineáris + centrifugális + tangenciális. A C-vel és C\*-gal jelölt számítások jelentős része meghatározásra került. Például a mért gyorsulásvektor numerikus integrálásával a pillanatnyi sebesség adódik, vagy továbbintegrálásával a pozíció. A forgás szögsebességét a gyorsulásmérőkből származó adatokból, de még egyszerűbben a giroszkópokból vagy akár a fényintenzitás periodikus változásából is megkaphatjuk.

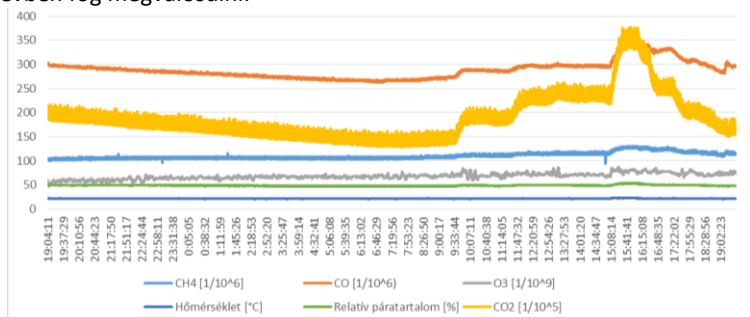
A fentiek segítségével egy redundáns fedélzeti rendszer jön létre, néhány komponens kiesése esetén is még a paraméterek jelenős része rendelkezésre fog állni Ezek keresztül a diákok valamennyi kinematikai (és adott esetben dinamikai) összefüggést és a változók közötti összefüggést jobban megértik.

Ezt a rendszert egy nem repülő, csupán talajfelszíni mozgó szonda (rover) esetén is fel lehet használni. Mivel egy távoli égitesten nincsen helymeghatározó rendszer (GPS), ezért az elmozdulás, sebesség mérésére ez egy alkalmas rendszer lehet, különösen akkor, ha feltételezhető, hogy nem mindig tapad az úrjármű a talajhoz, azon néha megcsúszik (pl. kipörög a kerék, domboldalon megcsúszik). További alkalmazási terület lehet a talajszint-feltérképezés. Az IRU által szolgáltatott pozícióból, magasság- és dőlés-adatokból igen finom felbontású domborzati térkép rajzolható ki miközben az eszköz mozog a felszínen. Ennek megvalósítása a következő félévben fog megvalósulni.

### 3.3. Légköri mérőállomás

A légkör összetételére és a nyomgázok mérésére egyaránt szükség lehet roveres és CanSat-es mérés esetén is. A korábbi félévben megkezdett együttműködés az MTA Energiatudományi Kutatóközpontjával tovább folytatódott, így egy pilot projektben építünk egy gázszenzort, mely eddig az alábbi műszerekkel volt ellátva:

- CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, O<sub>3</sub> gázszenzorok + Arduino: A 4 különféle gáz mérésére szolgáló szenzorokat egy Arduino olvassa ki és egy csatlakoztatott laptpra menti el az adatokat.
- méretfrakcionált aeroszol koncentráció mérő: 8 méretfrakcióban 0,35 és 40 μm között méri a szálló részecskék koncentrációját, COM-porton keresztül lementi, és valós időben mutatja.
- Radon-mérő: óránkénti felbontásban méri a levegő aktivitását (a radon koncentrációját), melyet Bluetoothon lehet lekérdezni.



4. ábra: 24 órás adataisor a fizikaszertárban elhelyezett légköri mérőállásról (CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, O<sub>3</sub>, hőmérséklet, páratartalom)

A mostani félévben ebből készítettünk egy mérődobozt, mely mind hálózatról, mind a beépített akkumulátorcellákról képes működni, és a légköri paramétereket mérni. Az eszköz vezérlését Arduinóról ESP32-re cseréltük le, hogy több funkcióval ki lehessen bővíteni:

- Hőmérséklet, nyomás és páratartalom: Immár ezeket is méri az eszköz. A megoldást a CanSat-ből kölcsönöztük.
- Adattárolás: A másodpercenként mintavételezett adatokat egy SD-kártyára menti ki, így az adatok számítógép nélkül is tárolásra kerülnek, és üzemzavar esetén is megmaradnak. A megoldás ugyancsak a CanSat-ből származik.

- Adattovábbítás: Az ESP32 vezérlő integrált WiFi-vel rendelkezik, így a mintavételezett adatot vezeték nélkül (vagy USB-n keresztül) egy Raspberry PI 4-miniszámítógépnek küldi, hogy azon keresztül bármikor lekérdezhető legyen.

Tervezzük, hogy az iskola honlapján keresztül az aktuális mérési adatokat, illetve a historikus adatokat diagram formájában valós időben elérhetővé tesszük. Ezáltal bárki nyomon tudja követni a Villányi út 27-nél lévő légköri paramétereket.

A közel vízhatlan doboz a kültéri méréseket is lehetővé teszi, de a túlmelegedés és az aktuális állapotú levegővel való ellátást egy a doboz oldalába szerelt kis fordulatszámú ventilátor látja el.

Továbbiakban tervezzük az eszközt felszerelni még több nyomgáz kimutatására szolgáló szenzorral, valamint az ugyanezen gázokat mérő további érzékelőkkel, hogy a több információból még pontosabb eredményeket kaphassunk, és segítse az eszközök kalibrálását. Szintén szerepel a tervek között egy Gieger-Müller-számláló és egy fényintenzitás-mérő integrálását, végül egy roverre telepítését.

### 3.4. Terepasztal-fejlesztések és mérésre alkalmas homok előállítás

A felszíni méréseket a továbbiakban egy erre a célra létrehozott planetáris terepasztalon kívánjuk végezni. Ehhez a korábbi megfontolások alapján elkészítettük egy modelljét. Felépítése egy hatalmas fiókéhoz hasonlít, melyet a későbbi mágneses mérések miatt fából készítettünk el. Hogy a nedvesség ne szivárogjon bele impregnálószer helyett végül nejlonrétegeket alkalmaztunk a bélelésére. Ezen keresztül a töltőanyag (pl. homok) könnyen cserélhetővé vált. Mozgatására 2 személy javasolt, így könnyen megdönthető, vagy egy nagyobb asztalra is felhelyezhető. A töltőanyagba, a nejlon-rétegek közé vagy alá elhelyezhetők pl. mágnesek vagy felszint, homok mélységet, fúrást vagy talajellenállást befolyásoló tárgyak.

A terepasztal megtöltésére közönséges, egykori folyami homokot használtunk, ám ez tiszta formában (a méréseket nem befolyásoló módon) nem állt rendelkezésre, így a diákok egy több lépésből álló tisztítási folyamatot dolgoztak ki:

1. Mechanikai szűrés: fonom szitával a nagy mesterséges szennyeződésektől, kisebb kavicsoktól tisztítjuk meg
2. Vastalanítás: a homokban meglepően sok mágnesezhető anyag volt, így erős neodímium-mágnesekkel a szitálás során és többszöri mágneseken való átöntésével a homoknak, abból sikerült ezeket eltávolítani
3. Fajsúly-szétválasztás: A szitáláshoz hasonló mozdulatokkal a könnyebb szennyeződések a homok tetején a nehezebbek az edény alján gyűlnek össze. Ezeket a felszín és az alsóbb rész eltávolításával vonjuk ki.
4. Átmosás: Áztatással, bő vizes atmoszással, majd szárítással a vízben oldó szennyeződésektől és a vízzel azonos vagy kisebb sűrűségű további szennyeződéstől lehet megszabadulni.

A fenti eljárással körülbelül 10 kg megtisztított homokot kaptunk – hozzávetőleg kétszer akkora tömegű tisztítatlanból –, melyet már homogénnek, szennyeződésektől mentesnek mondhatunk.

### 3.5. Mágneses forrás keresése

A egy égitest felszínén – vagy a terepasztalon – érdekes lehet megismerni a lokális mágneses viszonyokat, eltemetett mágneses területeket vagy akár korábban a felszínbe csapódott vasmeteoritokat keresni. Egy ezt megvalósító eszközt sikerült megalkotni micro:bit platform felhasználásával. Egy micro:bit kisautóra két micro:bit került elhelyezésre. Mindkét eszköz rendelkezik mágneses indukcióvektor mérő szenzorral. Az egyik másikkal átküldi az általa mért adatot, mely ezt a sajátjával összehasonlítja. Ez alapján eldönti, hogy melyik nagyobb érték, tehát melyik van közelebb egy mágneses objektumhoz, és a kisautó abba az irányba mozdul el, így előbb-utóbb megtalálja a forrást. Bár a megoldás nem minden körülmény esetén működik, mégis az egyszerű elvet követve jó és érdekes feladat, amit némi segítséggel egy 4. és egy 8. évfolyamos diák közösen meg tudtak oldani. A legtöbb iskolában van micro:bit, a teszteléshez terepasztal nélkül is egy iskolai padba helyezett mágnes is megteszi, így mindez könnyen megvalósítható. Érdekes lehet megvizsgálni, hogy hogyan befolyásolható az autó iránya, milyen mágneselrendezéstől és autópozíciótól függ, és nem fog megindulni.

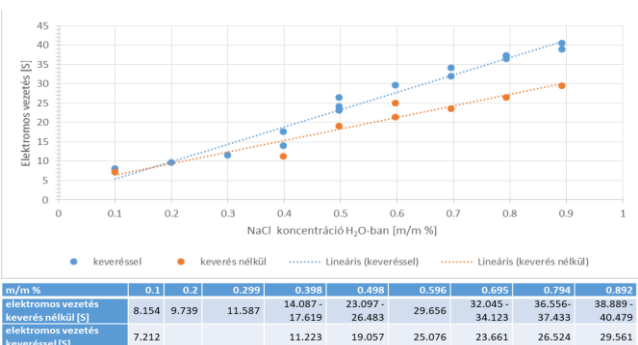


6. ábra: Micro:bit kisautó

### 3.6. Talajnedvesség vezetőképesség mérésével

Az előző félévekben is a talaj nedvességtartalmának vizsgálatára vezetőképesség-vizsgálatokat végeztünk. Ezek eredményeit és további vizsgálati szempontokat az alábbiak szerint lehet összegezni:

- Folyadék vezetőképességének mérése
  - függés az elektródák geometriájától
  - függés az ionkoncentrációtól
- Talaj nedvességtartalmának vizsgálata
  - szivacs / homok – szemcseméret szerint
  - vezetőképesség nedvességtartalom-függés
- Átszivárgás időprofil felvétele



7. ábra: Elektromos vezetékesség a NaCl koncentráció függvényében keveréssel és anélkül is lineáris

- Járulékos eredmények
  - Felületi feszültség mérése
  - Keverés hatása
  - Vízbontás határfeszültsége
  - Tömegmérés pontosságának növelése

A további vizsgálatokhoz különböző folyadékok (pl.: NaCl-oldat, csapvíz, ásványvíz, alkohol) és talajtípusok és -modellek (pl. homok, lösz, sóder, apró- és nagylyukú szivacs) kombinációjaként előálló talajok referenciafelvételére van szükség. Az egyik kézenfekvő vezetőképességet (ionokat) biztosító folyadék a víz NaCl-os oldata. Ennek koncentráció-függő vezetőképessége, mint referencia az alábbi vizsgálatoknál használható:

- NaCl-ot tartalmazó vizes talaj nedvesség-tartalmának és NaCl koncentrációjának mérése
- Tetszőleges ionokat tartalmazó talaj nedvességtartalmának mérése
- Nem nedves talajban található ionkoncentráció, illetve vízben oldódó, ionos vegyület koncentrációjának mérése
- Talaj szerkezetnek (szemcseméret, kapillaritás) vizsgálata

A NaCl vizes oldatában a vizsgálataink alapján – a várak megfelelően – sókoncentrációval egyenes arányos változik a vezetőképesség. Érdekes, hogy keveréssel – valószínűleg az ionok mozgását elősegítve – szignifikánsan megnő a vezetés az elektródok között.

Ha tisztított homokban a csapvíz koncentrációját növeljük, akkor ott is egyes arányosságot tapasztalunk. (A homokban pár csepp víz nehezen keveredik el, többszöri átkeveréssel lehet csak megfelelő eredményt elérni, ami következtében viszont a víz némileg ki is párolog.)

#### 4. Pedagógiai és versenyeredmények

A CanSat Hungary 2023 versenyben a 6 fős csapat (10-11. évfolyamból) a 3. fordulóig jutottak (bekerülve az országos 22 csapat közé), és vettek részt a 2023. március 18-ai II. találkozón, és mutathatták be az elkészült CanSat-megoldásaikat a zsűrinek és a többi versenyzőnek. Sajnos a zsűri – a biztonsági megoldások ellenére – a szárnyak nyitását nem ítélete elég biztonságosnak, így nem kerülhetett be a csapat a 10 döntősbe, akiknek a CanSat-jük kilövésre is kerül. Ennek ellenre a csapat pozitívan értékelte a munkáját és hatalmas tapasztalatszerzést.

Idén másodszor indult két 10-es diákom az Athletica Galactica Kárpát-medencei Középiskolai Csillagászati és Asztrfizikai Versenyen, a Nemzetközi Csillagászati és Asztrfizikai Olimpia hazai válogatóján, ahol 3 fordulót teljesítése után mindketten az országos döntőbe jutottak. Végül a Bakonybélben 2023. március 25-26-án megrendezett döntőn, a 11-12-esekkel együtt versenyezve a 13. és 16. helyen, korosztályukban a 4. és 5. helyen végzetek. A sok élmény, tapasztalat, előadásokon és gyakorlatban szerzett tudás mellett több barátira is szert tettek. Az elméleti felkészülésben Kálmán József, amatőr csillagász, a gyakorlati felkészülésben – két észlelési alkalommal – Sztakovics János tanár úr (ELTE, EKKE) segített minket.

A Mikola Sándor Országos Középiskolai Tehetségkutató Fizikaverseny pécsi, május 7-9. között megrendezett döntőjébe két 10. évfolyamos diákom jutott (további 2 fő csupán 1-1 ponttal maradt le), ahol végül 37. és 43. helyezést érték el. Egy másik szakkörös diákom a Fizika OKTV országos döntőjén 11-dikesként az előkelő 21. helyet érte el.

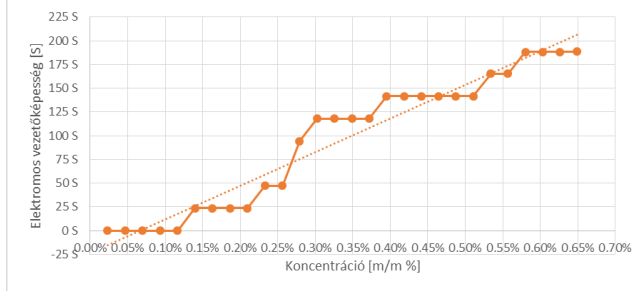
A Jedlik Ányos Országos Fizikaversenyen 19 diákom indult el, ebből 14-en az országos döntőben is részt vettek. A 9. évfolyamon kettő 3. hely született, míg a 7-dikesek között az országos 4. első helyezett közül kettő az én tanítványom volt, és további 9 fő ért el 3-6. helyezéseket. A kiváló eredményekért a versenybizottság a verseny legjobb tanárának választott.

A szakkör és a versenyeredmények alapján 3 sikeres pályázat is történt:

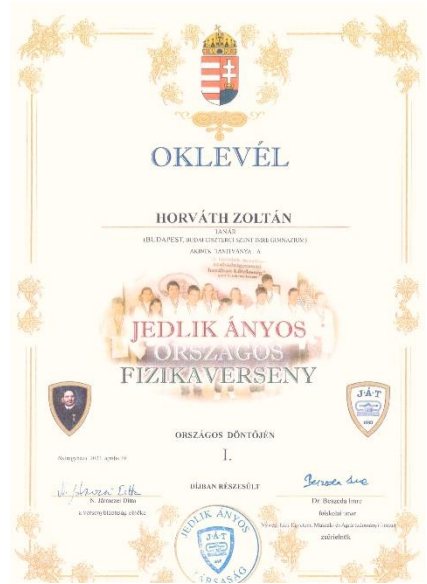
- Egyik diákom az AstroCamp 3 hetes nemzetközi úrtáborába (2023. augusztus 6-27., Porto, Portugália) nyert felvételt, a Portugálián kívüli 10 EU-s hely egyikét szerezte meg.
- Másik szakkörös az Izmiri nemzetközi úrtáborba (NASA licenc alapján) (2023. augusztus 27. és szeptember 2., Izmir, Törökország) megy a másik 9 hazai kiválasztottal az Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) és a Külgazdasági és Külügyminisztérium (KKM) Úrpolitikaért és Úrtevékenységért Felelős Főosztálya támogatásával.
- Harmadik diákom az ASSIST program keretében 1 évet tölt el az Egyesült Államokban ösztöndíjjal.

A fentiek alapján elmondható, hogy igen nagy eredmény, hogy a humán beállítottságúnak tartott Budai Ciszterci Szent Imre Gimnáziumból a diákjaim közül csak ebben a félévben 24 országos döntős eredmény született fizikából, asztrfizikából, csillagászatból és űrkutatásból.

A program pedagógiai sikerének gondolom, hogy bár a szakkörön van némi lemorzsolódás, 12 diák jelezte, hogy jövőre részt kíván venni a szakkörökön, hogy az érdeklődésén felül még több hasonlóan szép eredményt érjen el!



8. ábra: Homok vezetőképessége a benne lévő csapvíz mennyiségének függvényében



9. ábra: Jedlik Ányos Országos Fizikaverseny tanári I. hely