

4. félévi beszámoló

Ollé Hajnalka (olle.hajnalka@gmail.com)

Fizika Tanítása PhD. program

Témavezető: Kovács Tamás

A dolgozat címe: **Korszerű csillagászati kép kialakítása a középiskolai oktatásban**

Bevezetés: Dolgozatomban a természettudománynak azon szeletével foglalkozom, mely a diákok számára testközelbe hozhatja a kutatás lehetőségét és örömét. Akaratlanul is részese a mindennapoknak pl. hírportálokon keresztül, ezek azonban a jelenségeket különösebb háttér ismeretek, magyarázat nélkül mutatják be. Fontosnak tartom, hogy a diákok fejében kialakítsuk a kritikus gondolkodás igényét, egy olyan szemléletet, mely nem pusztán a tényeken alapul, hanem kényszeríti a diákot, hogy összefüggéseiben nézzen egy adott problémára. A csillagászat egy dinamikusan fejlődő, és változó területe a fizikának. Éppen ezért a mai generáció, pörgős életviteléhez különösen közel áll. Rengeteg tananyaggal összekapcsolható, ezáltal színesíti a fizikaoktatást, és bővíti annak gyakorlati hasznát.

Az embernek mindig vannak elképzelései arról, hogy egy hosszabb lélegzetvételű projekt miként fog lezajlani. Gondosan megtervezi, lépésről lépésre, s közben bízik abban, hogy az elhalandozások ellenére a terv gerince végig megmarad. Visszaolvasva az előző három félévi beszámolómat, úgy gondolom, hogy az eredeti elképzelés jó úton halad. Az alapgondolat, melyből kiindultam az volt, hogy a diákok számára az utat mutassam meg, minként juthatnak el többé-kevésbe önálló munkával olyan felismerésekig, mely nem csak az akkori tanulmányaikat befolyásolják, hanem a világszemléletüket formálja, illetve a problémamegoldó képességüket fejlessze a jövőben. Ehhez korszerű kutatási módszereket vettünk sorra. Megismerkedtünk a fizikának olyan területeivel, melyek nem követik szorosan a tantervet, mégis egyértelmű kapcsolódási pontokat teremt a látszólag különböző tudományterületek között. Ezáltal egy átfogó képet alakít ki a diákokban a természettudományról, és az együttműködésről. Részletesen foglalkoztunk a numerikus módszerek alkalmazásának lehetőségével (természetesen csak középiskolai szinten), gyakorlati, észlelési lehetőséggel, dolgoztunk adatbázissal, építettünk detektort. A következő bekezdésben ezeket összefoglalva ismertetem.

Előző három félévben elért eredmények összegzése:

1. **Fedési exobolygók észlelése:** A feladat során igyekeztünk arra koncentrálni, hogy olyan gyakorlati tapasztalatot szerezzenek a diákok, mellyel önállóan képesek a távcsövet használni. Megismerik az adott optikai rendszer lehetőségeit, és ezt úgy használják ki, hogy végeredményül egy értékelhető adatsort kapjanak. Mivel ez egy összetett feladat, a felkészülést, illetve az eszközpark megtervezését is viszonylag korán elkezdtük. A kezdeti nehézségeken túl jutva elkészítettük az első fotóinkat. Négy fedési exobolygó rendszert vizsgálunk, a HAT-P-23-at, a TrES-3-at, a WASP-2-t, illetve az XO-3-at. A fényképek elemzését a diákokkal kezdtük, ők végezték az asztrometriát, melynek segítségével megkeresték a szóban forgó csillagot. A tejút közelsége miatt nem egyszerű a feladat, hiszen rengeteg csillag van egy képen, ráadásul ezek a rendszerek tipikusan 10 magnitúdó körüliek, tehát halványak.

Maga a fényképezés folyamata is sok új helyzet elé állította őket. Megismerkedtek az égi koordinátákkal, a iskolában tanultaknál sokkal részletesebben át kellett gondolniuk a Föld mozgását, helyzetét, illetve az égbolton való tájékozódás is sokkal rutinosabban megy nekik. A projekt még folyamatban van, mert szeretnénk találni egy olyan módszert, mellyel a fényképek a középiskolások számára is feldolgozhatóvá válhatnak.

2. **Ködkamra (a kimeríthetetlen):** Lehetőségek szempontjából egyelőre tényleg úgy tűnik, hogy kimeríthetetlen. A cél az volt, hogy bárki számára elérhető ködkamrát építsünk olyan eszközökből, mely szinte bármelyik háztartásban megtalálható. Így született meg – kb. negyedik próbálkozásra – a kompakt, megbízhatóan működő, könnyen szállítható verzió, melyből bármelyik fizikatanár kb. 10 perc alatt működő ködkamrát mutathat be az osztályban. Ennek alapjául egy 17x24cm alapú, 15cm magas, teljesen átlátszó műanyag halszállítót választottunk, mely bármelyik állatkereskedésben beszerezhető. Praktikus, mert van teteje, így a szárazjégen kívül minden belefér, tehát könnyen szállítható. Az aljába több rétegben filcet erősítettünk, és készítettünk hozzá egy powerbank-ról működtethető kétoldali megvilágítást is. Segítségével több tipikus vonalfajta megörökítettünk fényképen és videón, és ezeket elemeztük is. Remek demonstrációs eszközzé nőtte ki magát, mely picit megfoghatóbbá teszi a diákok számára a mikrorészecskék világát. Rengeteget tanultunk a megépítés során, úgy a diákok, mint én magam is.

Ködkamránkat a Bay Zoltán Kutatóintézetrel együttműködve az RM@Schools projektbe benyújtott diákpályázatok közül a legjobb háromba választották. Ez azt jelenti, hogy a leírásunk alapján elkészítik, és más tanárok számára is elérhetővé válik. A projekt egyelőre folyamatban van, június végére kell elkészítenünk a 3 nyelvű (magyar, angol, szlovák) részletes leírást.

3. **A három test-probléma modellezése Euler-módszer segítségével:** Ebben az esetben az volt a cél, hogy a diákokat megismertessem a numerikus módszerek alkalmazásának fontosságával, felismerjék aényt, hogy ezek a módszerek közelítő jellegűek, de mindenképpen eredményesen alkalmazhatók a kutatások, modellezések során. Szándékosan olyan problémák elé állítottam őket, melyek megoldása középiskolai módszerekkel is lehetséges. A diákok készítettek egy python programot, mely egy olyan rendszert modellezett, ahol két csillag körül kering egy bolygó. A folyamat során megismerkedtek alapvető égi mechanikai problémákkal, és a lehetséges megoldásukkal. Szembesültek azzal, hogy az Euler-módszer tényleg nem ad pontos közelítést, így maguk is eljutottak arra a megállapításra, hogy a probléma komolyabb körütekintést igényel a numerikus megoldás során.
4. **Spektroszkóp készítése és használata:** A spektroszkópia egy nagyon elhanyagolt területe a középiskolai fizikának (és kémiának is). Mindenképpen nagyobb hangsúlyt kellene fektetni rá, hiszen a felhasználási területe gyakorlatilag határtalan. A ködkamrához hasonlóan olyan eszközökből építettünk spektroszkópot, mely mindenki számára elérhető. Az első képek el is készültek, bár a minőségük még megkívánta, hogy átépítsük az eszközt. Ezt március elején kezdtük, így sajnos, azóta is szétszerelve fekszik a szertár asztalán. Az online oktatásban inkább az elméleti háttér elmélyítésére fektettük a hangsúlyt, de bízom benne, hogy hamarosan megvalósíthatjuk az elképzelésünket.

Elsődleges célunk, hogy csillagok spektrumát rögzítsük, és elemezzünk, ezáltal olyan fizikai folyamatok tisztázódnak a diákokban, melyen hagyományos módszerekkel nehezen érhető meg.

Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése:

Már a kezdeti terveim között is szerepelt, hogy a diákjaimat megismertetem egy olyan adatbázissal, melynek adatait valamely ismert űrtávcső szolgáltatta, ezzel közelebb hozva számukra a tényleges kutató munkát, adatok elemzését. Kétségtelenül vannak olyan diákok, akiket az adatelemzés nem hoz lázba. Szerencsére a diákok érdeklődési köre nagyon sokrétű, így találtam két elszánt diákot (igazából ők kerestek meg), akik megszállottan foglalkoztak-foglalkoznak a témával.

Ha ellátogatunk a Mikulski Archive for Space Telescopes (MAST) weboldalára (http://archive.stsci.edu/kepler/data_search/search.php), akkor egy mindenki számára elérhető, könnyen kezelhető adatbázissal dolgozhatunk. Itt a böngészőben megjeleníthető az objektumok fénygörbéje, melyet gyakorlatilag rögtön elemezhetünk. Ezt kihasználva, összesen 53 diák bevonásával meghatároztuk a HAT-P-7b (Kepler-2) exobolygó rendszer paramétereit. Elsődleges célom az volt, hogy egy szemléletes képet mutassak nekik arról, hogy csillagászok miként elemeznek egy-egy fénygörbét, ezzel is érzékeltetve azt, hogy egy látszólag kusza adathalmazban mennyi használható információ rejlik. Másrészt kíváncsi voltam, mennyire pontosan lehet ezeket a paramétereket meghatározni középiskolai módszerekkel. Az eredmény meglepően pontos lett, de ne szaladjunk előre.

A diákok ugyanannak az objektumnak, különböző időpontokhoz tartozó fénygörbéjét vizsgálták. Mindenki egyénileg dolgozott. Ezt úgy tudtam megoldani, hogy 10-12 fős csoportokban az iskola informatikai szaktantermében mindenki saját gépet kapott. Vázoltam nekik a célt, és megmutattam az adatbázis használatát. Meghatározták a tranzit kezdetének és végének időpontját (azaz a tranzit hosszát), a relatív fluxus-csökkenést, és két egymás követő tranzit közepének időpontját. Az adatokat egy Excel táblázatban gyűjtöttük, majd elemeztük.

A fizikai paraméterek meghatározásánál középiskolai módszereket használtunk. A feladat összetett, hiszen a Kepler-törvényen kívül a rendszer geometriai elrendezését is át kell gondolni, ez vezeti el őket olyan felismerésekhez, amik előtte nem voltak triviálisak. Néhány egyszerűbb összefüggést kihasználva meghatároztuk a fedés hosszát, a bolygó és csillag sugárányát, a keringési időt, a pálya fél-nagy tengelyét, és a csillag tömegét. Minden esetben összevetettük az irodalomban jelenleg elfogadott értékekkel. Egyébként az is egy fontos része a kutatásnak, hogy tudatosítsuk bennük, az interneten fellelhető források között muszáj válogatni, illetve, hogy az ilyen jellegű mérésekből adódó paramétereket folyamatosan pontosítják.

Az eredmények átgondolása után egy átfogó elképzelésük lett arról, hogy is nézhet ki a Kepler-2 rendszer, ráadásul a paraméterek meghatározásához a csillag sugarán kívül kizárólag a fénygörbére volt szükségünk.

Az eredményeinket egy táblázatba foglaltam össze, mely az irodalmi értékeket is tartalmazza, így látható, mennyire alkalmas a módszer a paraméterek meghatározására.

1.Táblázat: A diákok, HAT-P-7b (Kepler-2) rendszer paramétereire vonatkozó becsléseit tartalmazza. Az irodalmi értékekkel összevetve, egyértelműen látható, hogy a módszer alkalmas bizonyos bolygórendszerek paramétereinek meghatározására.

HAT-P-7b (Kepler-2)

Paraméter	A diákok által becsült érték	Irodalmi érték
Fedés hossza (τ)	$0,1667 \pm 0,009$ nap	$0,1669 \pm 0,003$ nap
Bolygó és csillag	$0,0807 \pm 0,0036$ (ábrából)	
sugáraránya (r/R)	$0,0772 \pm 0,0052$ (adatokból)	$0,077590 \pm 3 \times 10^{-5}$
Keringési idő (T)	$2,201631 \pm 0,011335$ nap	$2,204737 \pm 1.7 \times 10^{-5}$ nap
Pálya fél-nagy tengelye (a)	$0,0366 \pm 0,0011$ CSE	$0,03796 \pm 0,00063$ CSE
Csillag tömege (M_*)	$1,4823 \pm 0,4107$ naptömeg	$1,500 \pm 0,03$ naptömeg

A táblázatban szereplő adatok közül a bolygó és csillag sugáraránya kis magyarázatra szorul. Ott két érték szerepel. Az első esetben azt az értéket tüntettem fel, amit a diákok a böngészőben megjeleníthető interaktív fénygöréből becsültek meg. Mivel ez az érték picit pontatlannak tűnt, úgy gondoltuk megközelítjük a problémát egy másik módszerrel is. A MAST weboldalán van lehetőség arra is, hogy az adatokat letöltsük, és saját magunk elemezzük őket. Mi is ezt tettük. Témavezetőm, Tamás segítségével a letölthető fits formátumú állományból egy python programmal, Excelben is könnyen kezelhető adatokat nyertünk ki. Ezt a python programot és egy rövid használati útmutatót mindenki számára elérhetővé tettük (<http://www.mgds.eu/exo/exo.zip>), így mások is alkalmazhatják az oktatás során.

A weboldarról 2 típusú adatsor tölthető le. Az egyik 30 percenkénti (long cadence data - LC), a másik percenkénti (short cadence data - SC) adatrögzítéssel állítja elő fénygörébe szükséges adatállományt. Az SC adatok letöltésével egy durván 45ezer soros táblázatot kapunk, ami még az elszánt tanulót is próbára teszi. Kezelhetősége az Excelben is meglehetősen bonyolult, könnyű elveszni a részletekben, így a diák jó eséllyel elveszti az érdeklődését. Ezen megfontolásból inkább az LC adatok elemzését ajánlom. Ebben az esetben egy kb. 500 soros táblázatot kapunk, melynek kezelése, szerkesztése lényegesen egyszerűbb. Ezen adatokat elemezve kaptuk eredményül a táblázatban szereplő másik ($0,0772 \pm 0,0052$) értéket a bolygó és csillag sugárarányára.

Mindezeket összevetve, számomra meglepően jó becslést tudtunk adni a Kepler-2 rendszer paramétereire. Viszont, ami még ennél is fontosabb, hogy a cél elérése után az említett két diák nem hagyta abba a munkát, és a közös Teams csoportunkba nap mint nap frissítik a

táblázatokat, mert ha egy kis szabadidejük van, olyan rendszereket keresnek, amelyeknél eredményesen alkalmazható a módszer.

Publikációk:

Mi rejlik a fényképen, avagy fénygörbe analízise az osztályban – Fizikai Szemlébe beküldve, a bírálók támogatják a megjelenést.

A tervezett cikkek címe:

Exobolygók fedésének megfigyelése középiskolai szemmel.

Láttatok már részecskét? (Ködkamra eszközkészlet tanároknak) (Kézirat)

Szerzők: Ollé Hajnalka, Kovács Tamás

Tervezett folyóirat: Fizikai Szemle

How to „do science” with Star Analyser SA100 in the classroom?

Szerzők: Ollé Hajnalka, Kovács Tamás

Tervezett folyóirat: The Physics Teacher

Tanulmányi tevékenység az aktuális félévben: A ELTE Fizika Doktori iskola, Fizika Tanításának Programján belül a B-modul látogatása. Ezen kívül elnyertem a CERN magyar fizikátár továbbképzésre a lehetőséget, de járványügyi helyzet miatt 2021-re halasztották.

Konferenciák az aktuális félévben:

1. TUDOK (Tudományos Diákkörök Országos Konferenciája) – online formában 2020. Június 12-13.

Szakmai közéleti tevékenység: „Tudományos Dumaparty” elnevezésű beszélgető estek szervezése.