

Bírálat

Tóth Imre

Az ekliptikai üstökösök fizikai tulajdonságai és eredete

c. az MTA Doktora cím megszerzéséért készített disszertációjáról

Összefoglalás:

A disszertáció, hivatkozásokkal együtt, 188 oldal terjedelmű magyar nyelven írt dolgozat. Az első 40 oldal részletes, de olvasmányos bevezetőt ad az üstökösök kutatásának múltjáról és indokolja annak fontosságát a modern csillagászatban. Ezt hangsúlyozandó leginkább azt emeli ki, hogy a jelenlegi elképzelések szerint az üstökösök a Naprendszer korai állapotára jellemző ősz-eredeti anyagot tartalmaznak, így vizsgálatukkal betekintést nyerhetünk közvetlen csillagászati környezetünk múltjába valamint általános következtetéseket vonhatunk le a bolygórendszerek kialakulására vonatkozóan. Miközben a modern csillagászat és kozmológia már a milliárd fényév távolságban lévő galaxisok evolúciójának megértését vagy az Ősrobbanás körülményeinek felderítését ostromolja, kijózanító belegondolni, hogy milyen meglepően keveset tudunk az „orrunk előtt lévő” Naprendszerről. Csupán 20 év telt el csupán azóta például, hogy bebizonyosodott, hogy a Neptunon túl létezik egy kis égitestekben gazdag régió, az úgy nevezett Kuiper-öv, mely végül a bolygó-fogalom átértelmezését is kikényszerítette. Ezen gondolatok tükrében a dolgozat célkitűzése mindenképpen időszerű és fontos.

Egy rövid fejezet ismerteti a célkitűzéseket, majd következnek a tézisekhez kapcsolódó eredmények. Elsőként azt a módszert ismerteti a szerző, melyet az üstökösök magjának és kómájának fényének szétválasztásához használ (1. tétel) majd a termális infravörös tartománybeli megfigyelésekhez használt fotometriai módszert ismerteti (2. tétel). Ezt követi a többszín-fotometriai vizsgálatok valamint a porkibocsátási aktivitás meghatározásának módszertani ismertetése.

A tömör ismertetők után 55 oldalon keresztül ismerteti mintegy 32 üstökös-megfigyelést, és a megfigyelések elemzését, melyek közt megbúvik a 7. tétispontban kiemelt 73P/Schwassmann-Wachmann 3 szétesett üstökös C magtöredékének megfigyelése. Noha nyilvánvalóan a hosszú évek alapos munkájának gerincét ezek a konkrét aprólékos vizsgálatok adják, a disszertáció olvasója könnyen belefárad az újabb és újabb üstökösök néha hasonló, néha kicsit különböző elemzéseinek ismertetésébe. A dolgozat terjedelme így is a megengedett maximális terjedelem közelében jár, talán lehetett volna ezt a részt valamivel tömörebben is bemutatni. Mindenképp kiemelendő azonban, hogy a szerző több Hubble Űrtávcső észlelési projektben is aktívan részt vett, és fáradhatatlanul elemzi az újabb és újabb adatokat.

A fenti észlelésekre támaszkodva a 7. fejezettől kezdve találhatjuk meg az elemzések eredményeit. Először az üstökös magok fázisfüggvényét és albedóját elemzi röviden a szerző (4. tétel), majd az üstökös magok méreteloszlását (3. tétel) mely a dolgozat olvasása alapján a témakör egyik központi kérdésének

tekinthető. Ennek kapcsán indokolható az 1. tézis fontossága, hiszen még a naptávol-pontban is gyakorta zavarja kóma, vagy kitörés a mag méretének meghatározását. A 10-12 fejezetekben bemutatott két utolsó tézis általánosabb kérdéseket feszeget, hogy mi lehet az ekliptikai üstökösök eredete (5-6 tézis), illetve, hogy az üstökösök kis gravitációját és esetlegesen laza szerkezetét figyelembe véve hogyan modellezhető a forgástól való széteséssel szembeni stabilitás (8. tézis). A dolgozatot egy rövid kitekintő fejezet zárja, mely nem titkolja, hogy a terület nagyon sok kérdésének megválaszolása még várat magára.

A dolgozatot a szokásoknak megfelelően a köszönetnyilvánítás után részletes irodalomjegyzék zárja, mely magában foglalja a tézispontokhoz kapcsolódó 34 publikációt, melyek közül 23 jelent meg az SCI által is indexelt nemzetközi referált folyóiratban. Tudományos fokozata utáni műveire 233 hivatkozást sorol fel a szerző, teljes idézettsége 870.

A kérdésekre adott válaszoktól függetlenül a disszertáció téziseinek mindegyikét önálló tudományos eredményként ismerem el és javaslom a mű nyilvános vitára bocsátását.

Elírások/nyomdai hibák (javított szavak aláhúzva):

1. Az általam kapott példányban a 85-127. oldalak kétszer szerepelnek bekötve
2. A nyomtatásban némelyik ábrán a feliratok túl kicsik, és/vagy nehezen olvashatóak.
3. 2.o. alul: Naprendszer
4. 31.o. fenn: hivatkozás (? 1948, vélhetően Wesselink) hiányzik
5. 32.o. 4. pont: „felszínéről való”
6. 40.o. 2. bek. „...Naprendszer belseje felé tartó kis égitestek... „
7. 41.o. 2. bek. „... adatok szerint az üstökösök kékebbek, mint ...”
8. 55.o. 2. bek. alul: „... 0.01 magnitúdó”
9. 71.o. utolsó előtti sor: „szűrőivel”
10. 120.o. 2.bek. 1. mondat: „darabjaira”
11. 120.o. 58.ábraaláírás: „Mivel az Oort-felhővel kapcsolatos Hale-Bopp üstökös(nek) kivételesen túl nagy méretű a magja, ezért nem szerepel itt a 12 km-es rádiusz (a) határú (az) ábrákon”
12. 121.o. 3. sor: „javaslom”
13. 133. o. alul: „... összefüggő (k,h) komponensek ...” ill. „... komponensek által kifeszített síkokon ...”
14. 135. o. utolsó előtti sor: „... egy kör mentén helyezkedik el ...”
15. 136. o. fölül 8. sor: „... az excentricitáson keresztül ...” ill. kicsit utána „... Lagrange-féle ...”
16. 159.o. alul: „... színe, albedója, fázisfüggvénye ...”
17. 160.o. 3.bek.: „... lehetséges térbeli irányának ...”

Egyéb apróbb tartalmi/stiláris hibák, megjegyzések:

1. Előszó utolsó mondatában a „genetikai” jelző, kicsit furcsa, noha a *genesis* szó eredeti jelentése kétségtelenül általánosan a *származásra, eredetre* vonatkozik, a szót, legalábbis az utóbbi években a biológia kisajátította.

2. 33-34.o: a felsorolásban a 3. pont stilárisan nem kapcsolódik jól az előző két ponthoz. Míg az 1. és 2. konkrét állítások az üstökösök tulajdonságaira, addig a 3. pont, mint nem helytálló „felejtendő legendaként” csupán általánosságokat fogalmaz meg pl. „Ismerjük az üstökös magok alapvető fizikai tulajdonságait”. Szerencsésebb lett volna ezeket egyszerűen folyó szövegben megállapítani, mint ahogy a következő bekezdésben részben meg is történik.
3. 35. és 37. oldalakon is szerepel a „Naphoz képest semleges (szürke), illetve kék szín”. Mit takar pontosan a fenti összehasonlítás? Milyen értelemben a „Naphoz képest” szürke/kék az üstökös? - Rendben, később az 59. Oldalon magyarázatot kapunk.
4. 72. o. A 28. ábrán a V szűrőben mért magnitúdó nem mutatja a periodicitást, a gyenge jel-zaj viszony miatt. A kapcsolódó szöveg alapján az előző oldalon „... V szűrő(i)vel felvett fénygörbét ...” viszont úgy tűnik, mintha látni kellene.
5. 88. o. 41. ábra méret összehasonlítás a Nappal egy MTA doktori disszertációban kicsit „naiv” (noha tényleg szép kép), nyilván mindenki el tudja képzelni a Nap méretével való összehasonlítást, érdekesebb lett volna pl. a mag és kóma egymáshoz való viszonyát mutató képpel szemléltetni. (pl: Stevenson, Rachel; Kleyna, Jan; Jewitt, David: Transient Fragments in Outbursting Comet 17P/Holmes, The Astronomical Journal, Volume 139, Issue 6, pp. 2230-2240 (2010) Fig. 1.)
6. 128-129. o. 62-63. ábrák mellett/helyett szemléletesebb lenne talán a nyers színindex-színindex ábrákat (B-V vs. V-R, esetleg megfelelően beforgatott B-V,V-R, R-I 3 dimenziós ábra) használni az egyes alcsoportok elkülönülésének bemutatásához.

Kérdések:

1. A 35. oldalon olvasható, hogy „Nagyobb transzneptun-objektumok és üstökösök magok esetén felmerül a belső radioaktív fűtés lehetősége, mely átalakítja az őseredeti anyagot ...”. Milyen radioaktív folyamatról van szó? Mennyiben befolyásolja ezt az üstökös tömege?
2. 46.o. „Az első, radarral megfigyelt üstökös a 2P/Encke volt (1980), amelyet az arecibo-i 305 méteres rádióteleszkóppal figyeltek meg radar üzemmódban az S-sávban(12,8 cm). Ráduszára akkor 2,2 km-t határoztak meg. ... Az utóbbi években arecibo-i radart jelentősen modernizálták, amelynek következtében például 1/20-ad részére csökkent a szükséges integrációs idő (dt). 2003 novemberében a 2P/Encke üstökösét újból megfigyelték a földközelsége idején a felújított arecibo-i radarral az S-sávban. A radar keresztmetszetre 0,84 km²-t kaptak, hasonlóan az 1980-ban mért értékhez. ... A radar megfigyelések egy 9,2 km hosszú (elnyújtott alakú) magot jeleznek.”
Hogyan egyeztethetőek össze a két mérés adatai (2,2km rádiusz vs. 0.84km² radar keresztmetszet – 9,2km hossz)? (Hivatkozások hiányoznak.)
3. (47-48.o. kitekintő kérdés) Mi táplálhatja nagy naptávolság esetén egyes üstökösök kómáját? Mekkora az üstökösök hőmérséklete itt, és ez elegendő-e a röviden megemlített CO szublimációhoz.
4. 50-51.o. : Míg a 10. képletben B() a mag és kóma együttes, a pont-szórási függvénnyel konvolvált fényességprofilját jelenti, addig a 11. képletben, ha jól értem csupán a kóma nem konvolvált fényességprofilját. Ez utóbbi a felírt modell alapján hatvány lecsengést mutat,

melynek képe log-log ábrán egyenes lenne. Mi magyarázza, hogy a kapcsolódó 18. ábrán a kóma radiális profilja (vékony folytonos vonal) nem egyenes? (Lehet, hogy csak a fenti jelöléskeveredés miatt nem érthető.)

5. Ugyanehhez: Mennyire tekinthető a gömbszimmetrikus kiáramlási modell realisztikusnak? Mennyiben zavarhatja ezt az üstökös-magoknál általában megfigyelhető elnyúlt alak? Az üstökös gravitációs tere lehet-e hatással a kiáramlásra? Befolyásolja-e az illesztett modellt az, hogy milyen hullámhossz tartományban végezzük az észlelést, pl. bizonyos színekben a kóma jobban/kevésbé átlátszó? Vannak-e zavaró háttérobjektumok vagy a látótérben közeli égitestek (pl. csillagok, galaxisok), amelyek fényére korrigálni kell?
6. 19. ábra és hozzá tartozó szöveg: Igazolható-e független adatokkal, hogy a becsült 5%-os hiba helytálló? Amennyiben igen, minek tulajdonítható a megadott hibát figyelembe véve szignifikánsnak tekinthető finomskálás fluktuáció a 19. a. ábrán? Úgy tűnik, itt sikerült elég nagy felbontású képet készíteni, történt-e kísérlet annak meghatározására, hogy a kóma egyes szögtartományokra (irányokra) vett lecsengése valóban mindig hatványfüggvénynek tekinthető?
7. 55. o. Hogyan vezethető le a Hubble úrtávcsővel végzett mérésekre a k_n -ben 5%-os illetve a rádiuszban 2%-os hiba (1km esetén 0.02km) a jelzett 0.01 magnitúdó hibából? Milyen észlelt magnitúdó tartományban érvényes ez? Az in situ méréssel összevetve (pl. 67.o 19P/Borrelly) inkább 10% körüli hiba tűnik reálisnak. Milyen tényezők okozhatják a becsülnél nagyobb hibát?
8. 61. o. A 29. Képlet után a porszemcsék méretének integrálásánál a lehetséges alsó mérethatárnak $a_0=10^{-15}$ cm van megadva. Ha ez nem elírás, akkor mi indokolja az atomok tipikus méreténél is kisebb integrálási határ választását?
9. A 118. o. 34. képlet egy negatív kitevőjű hatványfüggvényt határoz meg a kumulatív méreteloszlás-függvénynek. A negatív kitevőjű hatványfüggvények nem korlátosak a 0-ban, így egzakt formában nem alkalmasak kumulatív valószínűség eloszlásnak. A kapcsolódó 58. ábra alapján látható, hogy az Oort-felhővel kapcsolatos és a földközeli objektumok rész-populációját alkotó inaktív üstökösökre egyáltalán nem is teljesül az összefüggés és az ekliptikai üstökösökre is csupán az objektumok mintegy felére igaz. Log-log skálán szinte tetszőleges függvény kisebb szakaszaira illeszthető egyenes.
Nem egyértelmű az alábbi „cenzúrázás” sem: „*Mivel az Oort-felhővel kapcsolatos Hale-Bopp üstökös(nek) kivételesen túl nagy méretű a magja, ezért nem szerepel itt a 12 km-es rádiusz (a) határú (az) ábrákon*”. A Hale-Bopp adatpontja csupán az ábrákon nem szerepel, vagy a kumulatív eloszlás számolásából is ki lett hagyva? Valószínűnek tartom, hogy a (33)-(34) képletek mögötti elmélet rövid ismertetése indokolhatná, hogy miért kell „erőltetni” a hatvány-formula illesztését az adatokra a látható nehézségek ellenére.
10. 120.o. 2.bek. 1. mondat: „*Fontos eredménynek tartom, hogy csak a HST megfigyelések mutatták ki a kilométeresnél kisebb üstökös magokat és ezek eredeti, vagyis nem darabjaira szétesett ekliptikai üstökös magjai.*” Kérem pontosítsa a mondatot és fejtse ki, hogy mi alapján tekinthető a kijelentés bizonyítotttnak.
11. 133-136. o. ill. 65. ábra: A „kilógó” kvázi-Hilda üstökös jelöltek kiválasztásához a jobb felső ábrán a $k-h$ síkon rajzolt kör szolgál. Lehet tudni, hogy milyen elméleti eloszlást követnének a pontok?

Mi a koordináták várható hibája? Ránézésre nem Gauss jellegű az eloszlás. Mi indokolja mégis, hogy a határoló sugárnak a standard deviáció kétszeresét választotta? Az ábra alapján úgy tűnik, hogy egy origó középpontú kör esetén nem lennének kilógó pontok, viszont az eloszlásban továbbra is megmaradna egy aszimmetria. Van-e kitüntetett szerepe az origónak? Hogyan határozta meg a berajzolt kör középpontját, amely eltér az origótól?

12. A 11.2 fejezethez (136-141.o.) A 133P/Elst-Pizarro csóvjára Toth (2000) által eredetileg javasolt ütközési eredet helyett úgy tűnik, hogy inkább egy szezonálisan a Nap felé forduló aktív területről való kiáramlás az elfogadott. A disszertációban nem találtam pontos adatokat, de úgy tűnik, hogy az objektum forgási periódusa nagyságrendekkel rövidebb a keringési időnél, azaz a feltételezett aktív terület sokkal gyakrabban fordul a Nap irányába mint amilyen gyakorisággal az aktivitás észlelhető. A pálya excentricitása alapján kiszámolható hőmérséklet-ingadozás elegendő ahhoz, hogy alátámassza a modellt?
- A 66. ábrán (különösen b. ill c.) ugyan tájolás nem található, de a többi objektum elmosódottsági irányából az sejthető, hogy a csóva nem az üstökösök gázcsóvjára esetén tipikus Nappal ellentétes irányba mutat, hanem a pálya mentén helyezkedik el. Mint ahogy a fejezet bevezetőjében is szerepel, gázemisszió nem észlelhető. Ennek hiányában mi táplálhatja a jól látható valószínűleg porból/törmeléből álló csóvát?
13. Mi várható a közeljövőben az új, gyors, nagyfelbontású érzékeny távcsövek (pl. LSST, Pan-STARRS) megjelenésével az üstökös-kutatás területén? Hány üstökös elemzésére lesz szükség? Mennyiben hajtható végre ez az eddigi egyedi-aprólédos eljárásokkal? Mennyire automatizálható pl. a szerző által a mag és kóma szétválasztására kidolgozott módszer?

Budapest, 2013 január 3.

Csabai István