

Opponensi vélemény

Tóth Imre

Az ekliptikai üstökösök fizikai tulajdonságai és eredete

c. akadémiai doktori értekezéséről

Tóth Imre szakmai pályafutását az MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutató Intézetében kezdte 1981-ben. Részes volt a Halley-üstökös helyszíni vizsgálatát célul tűző nemzetközi VEGA űrprogram televíziós képfelvévő rendszere elkészítésének.

1984-től az MTA KTM Csillagászati Kutatóintézetének tudományos munkatársa.

1986-tól részt vett a tudománytörténeti jelentőségű képfelvételek kiértékelésében, az üstökösök és mag-körülkötő kóma tanulmányozásában.

1993-tól napjainkig a francia CNRS marseille-i asztrofizikai kutatóintézetével együttműködve üstökösökről űrcsillagászati eszközökkel készített megfigyelések tudományos kiértékelésével foglalkozik. Egyetemi doktori fokozatot (dr. Univ.) 1989-ben, PhD fokozatot (*Summa cum laude*) 2004-ben szerzett.

2005-ben az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Detre László-díjjal tüntette ki.

Szakterülete az üstökösök fizikai tulajdonságainak vizsgálata, a Naprendszer egyszerű felépítésű őseredeti kis égitestjei fizikai jellemzőinek kutatása, az üstökösökkel való fejlődési kapcsolatuk tanulmányozása.

Az egyszerű felépítésű őseredeti kis égitestek vizsgálata a Naprendszer kutatás egyik frontvonala. A kutatási terület az utóbbi három évtizedben megjelent űreszközök és helyszíni vizsgálatokat végző űrszondák révén igen jelentős eredményekkel gazdagította ezeket az égitestek a bolygórendszerünkben betöltött szerepéről szerzett ismereteinket. Ezek a vizsgálatok a más csillagok körüli bolygórendszerek kialakulásának és fejlődésének jobb megértését is elősegítik.

A doktori értekezés fejezetei

Az értekezés a bevezetéssel és összeggzéssel együtt 15 fejezetből, valamint irodalomjegyzékből áll, 188 számozott oldalt tartalmaz és magyar nyelven készült.

A **2. fejezet** az előszó és általános bevezetés után, átfogó és részletes tudománytörténeti visszatekintésben vázolja az üstökösökről alkotott ismereteket a kezdetektől napjainkig. Bemutatja az üstökösök fizikai lényegét jelentő mag, mint égitest-típus felismeréséhez vezető utat, kitér a világviszonylatban is fontos korai magyar tudományos eredményekre (Konkoly Thege Miklós és Gothard Jenő tevékenysége a XIX/XX. század fordulóján) illetve a KKI RMKI VEGA űrprogramjának eredményeire.

A **3. fejezet** az üstökösök magokról alkotott mai képet ismerteti és a modern üstökös kutatás alapvető kérdéseit tárgyalja. Az értekezés első három fejezetében leírtak a tudományterület első átfogó, tudományos igényű összeállított magyar nyelvű (fizika- és csillagásztörténeti) ismertetése.

A **4. és 5. fejezetekben** az értekezés tárgyát képező tudományos kutatás célkitűzései és az alkalmazott vizsgálati módszerek szerepelnek.

A **6. fejezetben** a jelölt részletesen bemutatja ekliptikai üstökösöknek a Hubble Űrteleszkóppal, az ISO valamint a Spitzer infravörös űrtávcsővel végzett megfigyelések eredményeit. A megfigyelt üstökösök egy része a későbbi helyszíni űrszondák vizsgálatok cél-objektumaként fontos űrmisszióknak az előkészítését is jelentették és segítették a NASA CONTOUR, Deep Impact, Stardust, Comet Odyssey, valamint az ESA Rosetta programjának tervezését.

A **7. és 8. fejezetek** az észlelési adatok alapján ismertetik az ekliptikai üstökösök fázisfüggvényét, albedóját, illetve a ma megfigyelhető méreteloszlását.

A **9. fejezetben** a jelölt a NASA Spitzer űrteleszkópjával a SEPPCoN programban végzett észlelésekből további ekliptikai üstökösökről nyert megfigyeléseket és eredményeket ismerteti.

A **10. fejezetben** jelölt az ekliptikai üstökösök eredetét, a lehetséges forrásvidékeket kutatja. A megfigyelt színindexek statisztikai elemzésével az égitestek fizikai tulajdonságainak vizsgálatára alapozott új megközelítéssel mutat rá a lehetséges ősz-égitesteknek, az ekliptikai üstökösöknek a külső Naprendszerben feltételezhető forrásvidékére.

A **11. fejezet** a kisbolygók fő-övezete üstököseire vonatkozó új eredményekkel foglalkozik. A jelölt azonosította a kvázi-Hilda üstökösök lehetséges új tagjait. A Themis-zónához tartozó 133P/Elst-Pizarro fő-öv üstökös szezonális aktivitási koncepciójára alapozva meghatározta a test forgástengelyének térbeli irányát.

A **12. fejezetben** jelölt a Naprendszer primitív kis égitesteknek, köztük az ekliptikai üstökösöknek a gyors forgástól származó felmorzsolódással szembeni stabilitását vizsgálta. Megállapította, hogy a megfigyelt primitív kis égitestek zöme kis belső tömegsűrűségű, laza szerkezetű - nagy porozitású és poros-jég aggregátum felépítésű - ellenére is stabilak, a gyors forgás ellenére sem morzsolódnak fel.

A **13. és 14. fejezeteket** jelölt a gyors tudományos-technikai fejlődés tükrében vizsgálja a kutatási terület horizontján már körvonalazódó, megoldásra váró feladatokat és kitekintést ad az üstökös kutatás további lehetőségeiről. 8 pontban részletezi a dolgozatban bemutatott eredmények lehetséges hasznosítását, továbbfejlesztését.

A **15. fejezet** a dolgozatban tárgyalt eredmények tömör összefoglalását és a téziszűzet „Új tudományos eredmények- az értekezés tézise” című fejezetét tartalmazza.

Tóth Imre dolgozatában az ekliptikai üstökösök magjának fizikai tulajdonságaival és eredetével kapcsolatos, a korábbiaknál megbízhatóbb mérési eredményeket, előremutató módszereket és gondolatokat közöl. Kutatásainak új eredményeit nyolc tézispontban foglalta össze, ezek közül a legfontosabbakat kiemelve:

- *Új módszert dolgozott ki az üstökösök fényének közvetlen detektálására és a módszert alkalmazta az űrteleszkópokkal az optikai tartományokban és a termális infravörösben végzett üstökös megfigyelésekre. A mag és kóma fényének elkülönítése lehetővé teszi az üstökösök és a kóma nagy pontosságú fotometriai vizsgálatát. Az űreszközökkel végzett nagy számú ekliptikai üstökös-megfigyelésből meghatározta a magok méretét, közelítő alakját, forgási periódusát, albedóját, fázisfüggvényét, valamint az üstökösök por kibocsátási aktivitásának mértékét. Eredményei hozzájárultak a NASA és ESA üstökös-szondák programjának tervezéséhez illetve azok sikeres végrehajtásához. (1-2. tézispont)*
- *Az eddigi leggazdagabb megfigyelési mintából meghatározta az ekliptikai üstökösök magjának méreteloszlását, ahol a kumulatív eloszlásfüggvény a kis méretű magok hiányát mutatja. Az ekliptikai és Oort-felhővel kapcsolatos üstökösök méreteloszlásának egybevetéséből megállapította, hogy az Oort-felhő üstökösökének szignifikáns méreteloszlás vizsgálatához további megfigyelésekre van szükség. (3. tézispont)*
- *Azonosította az ekliptikai üstökösök lehetséges őseit. Az értekezésben a korábbi elképzelésekhez képest új következtetés, hogy az ekliptikai üstökösök ősei valószínűleg nem elsősorban a klasszikus Kuiper-öv objektumok, hanem a legvalószínűbb ősek a plutinók lehetnek. A jelölt vizsgálatainak eredményeként rámutatott arra, hogy a földközeli objektumok inaktív üstökösök az ekliptikai üstökösök fejlődésének végállapotai lehetnek. (5. tézispont)*
- *Megvizsgálta a fő kisbolygó-övezet Themis és Hilda-zónájának kiválasztott objektumainál feltételezhető „üstökös aktivitást”. A 133P/Elst-Pizarro alakjának, forgásának és szezonális aktivitásának vizsgálatából becslést adott a forgástengely lehetséges térbeli irányára. Frissítette a kvázi-Hilda üstökösök listáját. (6. tézispont)*
- *Elsőként végezte el egy üstökösök legbelső részének nagy pontosságú fotometriáját, meghatározta annak több fizikai tulajdonságát: a 73P/Schwassmann-Wachmann üstökös három részre szakadt magja C jelű magtöredékének méretét, lehetséges tengely körüli forgásidejét, színindexeit, por kibocsátási aktivitását. (7. tézispont)*
- *Új, az ekliptikai üstökösök alakjára és belső szerkezetére vonatkozó eredményeket közölt. Az alak-modell és különböző belső szerkezeti modellek felhasználásával megvizsgálta az üstökösöknek a gyors forgás miatt feltételezhető felmorzsolódás elleni stabilitását. Kimutatta, hogy a megfigyelt kis tömegsűrűségű, nagy porozitású, por-jég aggregátumból összetett belső szerkezetű üstökösök a gyors forgás ellenére sem esnek szét. A vizsgálat során feltételezett anyagszerkezetet a NASA Deep Impact űrkísérlet eredménye megerősítette. (8. tézispont)*

Az értekezés alapjául szolgáló tudományos közlemények

A **Tóth Imre** által jegyzett 128 tudományos közlemény közül 47 referált szakfolyóiratban jelent meg, 3 könyvfejezet, 1 IAU szimpóziumra meghívott összefoglaló közlemény és 74 pedig egyéb publikáció (konferencia, konferencia kiadvány).

Szakmai kapcsolatrendszerének jellemzője, hogy a közlemények többségének külföldi társszerzője is van. 24 publikációban első szerzőként szerepel, ezek közül 12 közleménynek egyedüli szerzője. A munkáira vonatkozó független idézetek száma 870.

Az értekezés külalakja, nvelvezete

A dolgozat külalakját tekintve mindenben teljesíti a mai informatikai felszereltség mellett elvárható minőséget, ábra-anyaga gazdag. Képi illusztrációi tetszetősek, informatívak és relevánsak. Minden ábránál korrektül feltünteteti az ábra forrását, megjelöli eredetét. A dolgozat nvelvezete, megfogalmazásai világosak, érthetőek, sok esetben akár a tudomány iránt érdeklődő nagyközönség számára is közérthetőek.

A dolgozat minősítése

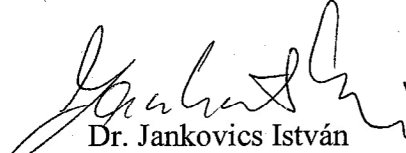
Az értekezés rangos nemzetközi tudományos szakfolyóiratokban, illetve könyvfejezetekben publikált, hiteles adatokat tartalmaz, amelyek a 870 független mértékadó hivatkozás tanúsága szerint jelentős eredeti tudományos eredménnyel gyarapították a tudományos szakterületet. A benyújtott dolgozat és mellékletei mind a tartalmi, mind a formai követelmények tekintetében megfelelnek a doktori eljárás lefolytatására vonatkozó előírásoknak.

Tóth Imre doktori értekezése hiteles adatok alapján készült és a korábbi tudományos fokozat megszerzését követően jelentős eredeti tudományos eredményekkel gyarapította a tudományterületet. A munka hozzájárul a tudományterület továbbfejlődéséhez. Az értekezés minden tézispontját a jelölt új tudományos eredményének fogadom el. Javaslom a doktori cím megadására szóló kérelem elfogadását és a benyújtott értekezés védelemre bocsátását.

A dolgozattal kapcsolatos kérdések

1. Milyen esetben nem alkalmas az értekezésben ismertetett módszer az üstökös magjának és a kóma fényének „szétválasztására” azaz mikor nem lehet az üstökös magját detektálni az értekezésben ismertetett módszerrel?
2. Az értekezés 61. oldalán levő (27) számú képlettel a Halley-üstökösre meghatározott porszemcse méreteloszlást használja az ekliptikai üstökösök porkibocsátása méretének kiszámításakor a (26) képletben. A Halley-üstökös tudvalevően más típusú. Okkal vetődik fel a kérdés: mennyire jogos a Halley-üstökösre vonatkozó por méreteloszlási függvény alkalmazása az ekliptikai üstökösök porkibocsátási aktivitásának kiszámításakor?
3. Az értekezés 152. oldalán megállapítja, hogy a „*Sirono-Greenberg (2000) modellben a belső összetartó erők minden esetben nagyobbak, mint a Greenberg és mások (1995) eredeti modelljében*”, amit a 74. ábra (156. oldalon) szemléltet. Mi lehet ennek a különbségnek a fizikai magyarázata?

Szombathely, 2013.február 15.


Dr. Jankovics István
az MTA Doktora