

ÉRDI BÁLINT

A sárkány-konfigurációk

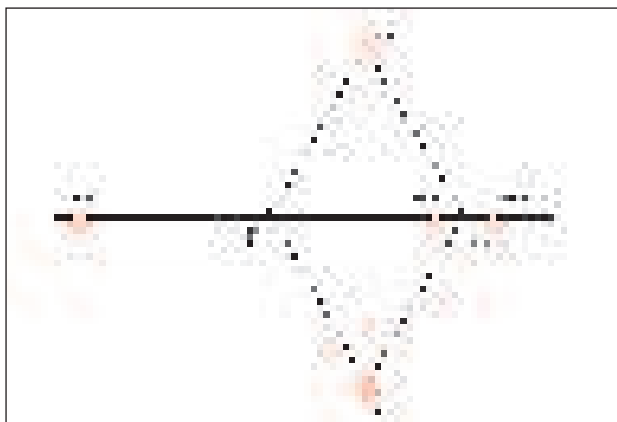
A sárkány-konfigurációk a négytestprobléma újonnan meghatározott megoldásai. A háromtestproblémára régóta ismert Lagrange-megoldásokkal együtt ezek jelentik az N-test probléma eddig felfedezett egzakt analitikus megoldásait.

A centrális konfigurációk problémája

Az N-test probléma az égi mechanika alapkérdése: hogyan mozog N pontszerű test a Newton-féle kölcsönös gravitációs vonzóerők hatására? A Naprendszerben az égitestek mozgását jó közelítéssel, ezzel a modellel vizsgálhatjuk. Az $N=2$ esetre a megoldást már Newton meghatározta, ennek matematikai összefüggéseivel lehet leírni a bolygók zavartalan (más bolygók hatásától mentes) mozgását a Nap körül. A köztudatban ezek a szabályok Kepler törvényeiként ismertek. $N>2$ esetén már igen nagy nehézségekbe ütközünk. Annak kiszámítása, hogy a bolygók milyen hatással vannak egymásra, komoly matematikai problémákat jelent. Ezzel az égi mechanika egy külön területe, a *perturbációszámítás* foglalkozik. Alapjait a legnagyobb matematikusok, Euler, Lagrange, Laplace, Gauss fektették le. Ezekkel a módszerekkel olyan összefüggések vezethetők le, melyekkel az égitestek mozgása a megfigyelésekkel összhangban írható le. Ezek az összefüggések azonban nem egzaktak, csak közelítő jellegűek, így az egyenletekben szereplő konstansokat időnként módosítani kell, hogy a megfigyelésekkel egyező eredményeket kapjunk. A legérzékenyebb bolygó erre a Neptunusz, ennek mozgáselméletén nagyjából száz évenként kell kicsit módosítani. (Érdemes megemlíteni, hogy egy bolygó mozgáselmélete több száz tagból álló egyenleteket jelent, de ez is csak közelítés.)

A probléma gyökere az, hogy az N-test probléma $N\geq 3$ esetén nem integrálható. $N=2$ esetén minden lehetséges kezdőfeltételre (kezdeti hely- és sebességkoordinátákra) meg tudjuk mondani, mi fog történni. $N>2$ esetén azonban általában ez nem lehetséges, nincsenek olyan egzakt összefüggések, melyekből bármely kezdőfeltételre meg tudnánk mondani, milyen pálya fog létrejönni. A XIX. század végén H. Poincaré francia matematikus bizonyította be, hogy a háromtestprobléma nem integrálható. Arra is rámutatott, hogy a háromtestproblémában igen „vad” pályák is kialakulhatnak, megtéve ezzel a kezdőlépéseket a ma „divatos” káoszelmélet felé.

A kaotikus jelenségek vizsgálata napjaink égi mechanikájának egyik kulcsfontosságú területe. Az égitestek mozgásának a Kepler-



1. ábra. A Lagrange-pontok. P_1 (pl. a Nap) és P_2 (pl. a Föld) mellé egy harmadik P_3 testet (pl. egy űrszondát) az L_1 pontok valamelyikébe kell elhelyezni, hogy Lagrange-megoldás jöjjön létre

törvények által sugallt óraműszerű pontosságra egyáltalán nem teljesül, a Naprendszerben lépten-nyomon kaotikus viselkedési formákra bukkanunk. A káoszelmélet alapjául szolgáló Kolmogorov–Arnold–Moser-tétel szerint minden nem lineáris, legalább két szabadsági fokú dinamikai rendszerben reguláris mozgások mellett kaotikus trajektóriák is lehetségesek. A káosz olyan helyeken lép fel, ahol a mozgás igen érzékeny a kezdőfeltételek kis változásaira. Ekkor az egymáshoz igen közeli pontokból kiinduló trajektóriák exponenciálisan távolodnak egymástól (a kaotikus viselkedést éppen ezzel a jelenséggel definiáljuk). Kaotikus tartományban a megoldást nem lehet pontosan kiszámítani sem analitikus, sem numerikus eszközökkel. (Előbbi esetben a megoldást jelentő végtelen sorok divergensnek lesznek, míg a numerikus megoldásnál a numerikus integrálás hibája nő exponenciálisan.) Kaotikus tartományban a pályák kaotikusságának mértékét lehet csak jelezni különféle mérőszámokkal. Rövidebb-hosszabb távon a káosz minden égitest mozgását befolyásolja. Legnyilvánvalóbb példa a kaotikus viselkedésre a Szaturnusz egyik szabálytalan, kisméretű holdjának, a Hyperionnak a kaotikus rotációja, mely a pályamenti keringés és a tengelyforgás kölcsönhatásából származik, és amely már néhány hónapos időskálán jelentkezik.

J. Laskar francia csillagász szerint a Naprendszerben a belső bolygók mozgása is kaotikus. Ez azt jelenti, hogy például ha a Föld valamelyik helykoordinátájában 10 méteres hibát vétünk, másképp fogalmazva két Földet indítunk el 10 méteres különbséggel, akkor 100 millió év múlva ezek 150 millió km-re lesznek egymástól. (A vizsgálatok azt mutatják, hogy az exponenciális hibaterjedés miatt a bolygók mozgásának numerikus integrálással való pontos

nyomon követése csak mintegy 20 millió évre lehetséges.) Szintén Laskar nevéhez fűződik az a széles körben ismert eredmény, hogy a Hold szerepet játszhatott a földi élet kialakulásában azáltal, hogy jelenlétével stabilizálja a Föld tengelyforgását. A Hold nélkül felborulna a földi éghajlat, a forgástengely dőlésszögének kaotikus ingadozása miatt.

Az említettek fényében nagy jelentőségű az N-test probléma centrális konfigurációinak vizsgálata. Egy nem integrálható probléma esetén a periodikus megoldások jelenthetik az egyedüli egzakt megoldásokat, melyek tetszőlegesen hosszú ideig érvényesek, ezek mintegy kirajzolják a probléma csontvázat. A centrális konfigurációk speciális periodikus megoldások. Centrális konfiguráció akkor jön létre, ha minden egyes testre ható eredő erő átmege a rendszer tömegközéppontján. Ekkor a testek mindegyike a tömegközépponthoz képest Kepler-féle mozgást végez. A mozgás során a testek konfigurációja állandó, a testek által formált alakzat foroghat és méretét változtathatja, ám mindig önmagához hasonló marad. Donald G. Saari amerikai matematikus a centrális konfigurációkat a XXI. század problémájának nevezi. Szerinte ahhoz, hogy egy probléma ezt a minősítést kiérdemelje, három feltétel szükséges: legyen alapvető jelentőségű, nehéz legyen megoldani, amit az jelez, hogy sok kiváló elme kudarcot vallott vele, és a probléma lényege könnyen megért-



2. ábra. A sárkány-alakzatok. Balra a konvex, középen és jobbra az első, illetve második konkáv konfiguráció. E és E' az egyenlő tömegű testeket jelölik, α és β az A, illetve B test szögkoordinátája. A C pont az E, E', A testek tömegközéppontját jelöli

hétő legyen a nem szakemberek számára is. A centrális konfigurációk problémája ilyen.

Ugyanakkor a probléma nem új. $N=3$ esetére a centrális konfigurációkat már régóta ismerjük. 1767-ben L. Euler felfedezte, hogy három test mozoghat úgy, hogy közben mindig egy egyenes fektethető rajtuk keresztül, ezek az egyenes vonalú Euler-megoldások. 1772-ben Lagrange általánosabban megmutatta, hogy a három Euler-féle eset mellett három test úgy is centrális konfigurációt alkothat, hogy közben egyenlő oldalú háromszögek csúcsaiban helyezkednek el. Ez két további esetet jelent. A háromtestproblémában tehát öt centrális konfiguráció létezik, ezeket Lagrange általánosabb tárgyalásmódja miatt Lagrange-megoldásoknak nevezik. Az **1. ábrán** ezeket az L_1 pontok jelölik. A P_1, P_2 testek mellé P_3 -at az L_1 pontok valamelyikébe kell tenni, hogy Lagrange-megoldás jöjjön létre. A tömegek tetszőlegesen lehetnek. P_1 és P_2 helyzetének ismeretében az L_4 és L_5 pontok helyzete egyértelmű, azonban a probléma nehézségére jellemző, hogy az L_1, L_2, L_3 pontok helyzetét egy-egy ötöd fokú algebrai egyenletből kell kiszámítani. A megoldás a helykoordinátákra tehát egyedül a Lagrange-féle háromszög-megoldások esetén explicit. A testeket a megfelelő pozícióba helyezve, és ezeknek olyan kezdősebességet adva, melynek nagysága a tömegközépponttól számított távolsággal arányos, iránya pedig minden test esetén a helyvektor irányával azonos szöveget zár be, a három test centrális konfigurációnak megfelelő mozgást fog végezni.

$N \geq 4$ esetén az egyenlő tömegeket tartalmazó szimmetrikus elrendezéseken kívül keveset tudunk a centrális konfigurációkról. $N=4$ esetén egy térbeli megoldás létezik, négy egyenlő tömeg egy szabályos tetraéder csúcsaiban elhelyezkedve alkothat centrális konfigurációt. Az N -test problémában a centrális konfigurációk fontos szerepet játszanak. Kimutatták, hogy tömegpontok ütközések a rendszer centrális konfiguráció felé tart (ez lehet úgy, hogy minden tömeg-

pont ugyanazon időpontban egy pontba esik össze, vagy ugyanazon időpontban több különböző pontba). Másfelől a végső mozgások is (egyre növekvő időtartamokra) centrális konfigurációk felé tartanak. Ha minden testnek azonos lenne a szögsebessége, és így a rendszer merev testként forogna, akkor is centrális konfiguráció valósulna meg. Maxwell (aki

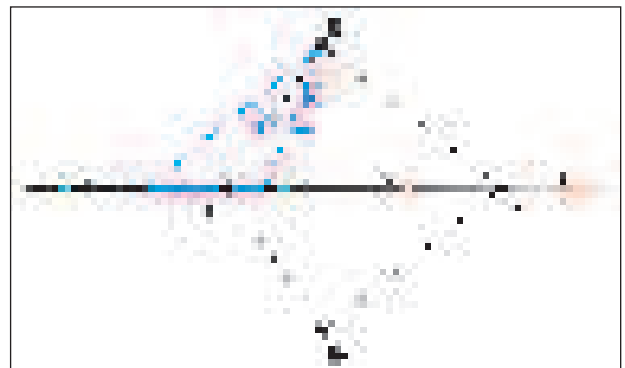
ekkor már elektromágneses kutatásain dolgozott) 1855-ben így magyarázta a Szaturnusz gyűrűinek stabilitását (a gyűrűk azonos tömegű sziklákból vagy holdakból állnak, melyek egyenletesen oszlanak el a gyűrűk mentén), és ezzel elnyerte az Adams-díjat (amit J. C. Adams tiszteletére alapítottak, aki U. J. Leverrier mellett szintén előre jelezte az új bolygót, a Neptunuszt). A centrális konfigurációknak tehát alapvető szerepük van az N -test rendszerek viselkedésének megértésében, és a részeredmények is fontosak lehetnek. S. Smale amerikai matematikus a XXI. század legfontosabb matematikai problémáinak listáján szerepelteti annak a kérdésnek a vizsgálatát, hogy minden N -re véges-e a centrális konfigurációk száma (tetszőleges tömegek mellett)?

Az utóbbi évtizedben, nem utolsósorban Saari és Smale inspiráló cikkeinek hatására, megújult lendülettel folyt a centrális konfigurációk kutatása, azonban csak részeredmények születtek, igazi áttörés nem következett be.

Tengelyszimmetrikus centrális konfigurációk a négytestproblémában

Ennek a problémakörnek a vizsgálatához járultunk hozzá a *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* folyóiratban megjelent cikkünkkel (Érdi és Czirják 2016). Ebben teljes megoldást adtunk a síkbeli négytestprobléma centrális konfigurációinak problémájára egy olyan szimmetrikus esetben, amikor két test tömege egyenlő, a másik két test pedig az első kettőt össze-

kötő szakasz felező merőleges egyenesén, mint szimmetriatengelyen foglal helyet. A négy test tehát egy deltoid csúcsait alkotja, innen ered a sárkány-konfiguráció elnevezés. A két egyenlő tömeg szimmetrikusan helyezkedik el a szimmetriatengelyhez viszonyítva. (Léteznek más szimmetrikus konfigurációk is, amikor két-két egyenlő tömeg egy szimmetrikus trapéz csúcsait alkotja, ezeket azonban nem vizsgáltuk.) A megoldás lényege az, hogy a szimmetriatengelyen elhelyezkedő testek pozícióját a külső testekhez képest szögkoordináták adják, és ezek egyszerű analitikus kifejezései szolgáltatják azokat a tömegeket, melyekkel az adott konfiguráció centrális lesz. A derékszögű helykoordinátákra és a tömegekre levezetett egyszerű egyenletek explicit, ezeket analitikus megoldásokat jelentenek a négytestproblémára. Érdemes ezt azal összevetni, hogy a háromtestprobléma Lagrange-megoldásai közül csak a három-

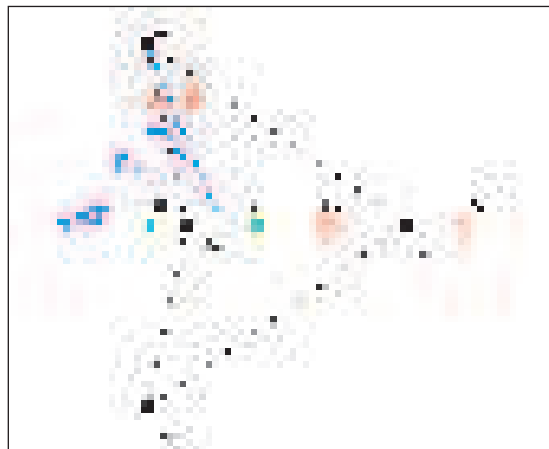


3. ábra. A konvex esetben az A test szögkoordinátája 30-60 fok, a B testé 15-60 fok között változhat. Az A test helyzetét rögzítve a B test egy széles tartományban változtathatja helyét, ezt az ábrán a szaggatott kék vonalak jelzik

szög-megoldások explicit, ekkor tudjuk pontosan a testek koordinátáit, már az egyenesvonalú megoldások esetében is, mint korábban említettük, egy-egy ötöd fokú algebrai egyenletet kell megoldani a testek koordinátáinak meghatározásához.

A centrális konfigurációk vizsgálatakor a fő nehézséget az okozza, hogy az eredő erők centralitását kifejező egyenletekben az ismeretlenek (a koordináták és a tömegek) igen bonyolultan vannak jelen, törtkifejezések nevezőinek törtkitevőjű hatványaiiban. Az eddigi vizsgálatokban ezt úgy próbálták áthidalni, hogy ismeretlenek a testek közti távolságokat és a testek, mint csúcsok által meghatározott háromszögek területeit tekintették a koordináták helyett. Ez az út azonban igen bonyolult egyenletekre vezetett, melyeknek vizsgálata még numerikusan is nehéznek bizonyult. Az áttörést az az ötlet hozta meg, hogy a szögkoordináták bevezetésével a nevezők egyszerűvé, és a tömegektől függetlenné váltak, ez pedig megnyitotta az utat az inverz probléma

vizsgálatához: nem azt kell nézni, hogy adott tömegeket hova kell elhelyezni, hanem azt, hogy adott helyhez milyen tömegek tartoznak. Inverz problémákat korábban is vizsgáltak, de azok éppen olyan bonyolultak voltak,



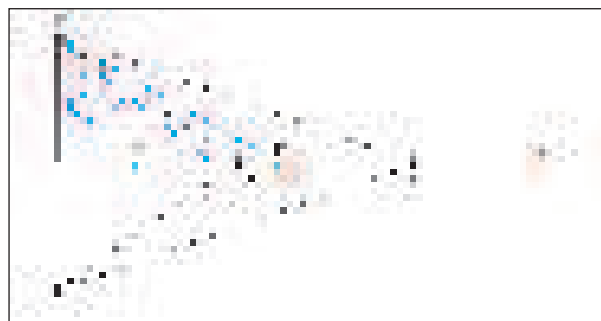
4. ábra. Az első konkáv esetben az A test szögkoordinátája 45–60 fok, a B testé 0–30 fok között változhat. Itt is A minden helyzetéhez a B pozícióinak egy kiterjedt tartománya tartozik

mint a direkt problémák. A szögkoordináták bevezetésével azonban az inverz probléma egyszerűvé válik, a tömegekre egyszerű másodfokú egyenletek adódnak, melyekre analitikus megoldás vezethető le (mivel az együtthatók a szögek trigonometrikus függvényei, a levezetés sok ötletet igényel). Ezekből az analitikus megoldásokból a teljes probléma feltérképezhető, minden lehetséges konfigurációt meg lehet adni. (Ez jól mutatja az analitikus megoldások előnyét a numerikusokkal szemben: a numerikus megoldás mindig csak egy rész megoldást jelent, az analitikus pedig az összeset megadja.)

Alapvetően háromféle sárkány-konfiguráció létezik, egy konvex, amikor a négy test konvex deltoidot alkot (a szimmetriatengelyen lévő testek a két egyenlő tömeget összekötő szakasz két oldalán helyezkednek el), és két konkáv, amikor a testek a szimmetriatengelyen az egyenlő tömegekhez képest egy oldalon vannak. A két konkáv esetet a különbözteti meg, hogy a két egyenlő tömegű test (E és E') és a szimmetriatengelyen lévő külső test (A) közös tömegközéppontjához (C) képest a negyedik testet (B) hova helyezzük (C-hez képest „balra” vagy „jobbra”) (2. ábra). Mind-egyik esetben a szögkoordináták csak bizonyos tartományokban változhatnak (tehát a sárkány alakja nem lehet akármilyen), és a lehetséges centrális konfigurációk egyetlen paramétertől függő családokként írhatók le. A megoldás az egyes testekre az össztömeghez viszonyított tömegarányokat ad, így egy adott konfiguráció végtelen sok tömeg esetén megvalósulhat, ha ezek aránya megfelelő.

A konvex esetben az α szög 30° – 60° , β 15° – 60° közötti értékeket vehet fel oly módon, hogy α -t egy $30^\circ + \kappa$ értéknél rögzítve β a $30^\circ - \kappa$ és $30^\circ + 2\kappa$ közti tartományban változhat, ahol κ 0° és 15° közé esik. Minden α -hoz végtelen sok β rendelhető, tehát végtelen sok konvex konfiguráció létezik (3. ábra). Egy adott κ -család esetén β növelésével a tömegek úgy változnak, hogy kezdetben az össztömeg az egyik (az ábrán A-val jelölt) testbe koncentrálódik, majd ennek tömege csökken, a másiké (B) nő, míg egyenlőkké nem válnak. (Feltehető, hogy A a nagyobb tömegű test. Ha B tömege lenne nagyobb, az a szimmetria miatt nem jelentene új konvex konfigurációt.) A család két-két egyenlő tömegeből álló, rombusz alakú konfigurációban végződik. Ha mindkét szög 45° , a konfiguráció négyzet, ekkor mind a négy tömeg egyenlő. Ha κ értéke 0° -hoz közeli, B tömege mindig igen kicsi, határesetben pedig ($\kappa=0^\circ$ -ra) a konfiguráció átmegy a Lagrange-féle szabályos háromszög megoldásba (B tömege 0 lesz, a többi három test alkotja a háromszöget).

Az első konkáv esetben α 45° – 60° , β 0° – 30° közötti értékeket vehet fel úgy, hogy α -t $45^\circ + \kappa$ -nál rögzítve β $0^\circ - 2\kappa$ között változhat (κ mind a konvex, mind a konkáv esetekben 0° – 15° közti érték lehet) (4. ábra). Egy adott κ -család esetén a tömegek úgy változnak, hogy az A test tömege 0-ról indulva β növekedésével elér egy maximumot, majd le-



5. ábra. A második konkáv esetben az A test szögkoordinátája 60–75 fok, a B testé 30–60 fok közötti értékeket vehet fel. Az A és B testek pozíciói a korábbiakhoz hasonló módon változnak

csökken 0-ra. B tömege egy minimális értékről indul, mely β növekedésével 1-hez tart. B kezdeti minimális értéke κ -tól függ, 1-től indul ($\kappa=0^\circ$) majd κ növekedésével csökken és 0-hoz tart. Minden családnál a kiinduló konfiguráció egy Euler–Lagrange-féle egyenesvonalú megoldás, melyet a két egyenlő tömegű test és B valósít meg, hiszen A tömege 0.

A második konkáv esetben α 60° – 75° , β 30° – 60° közötti értékeket vehet fel úgy, hogy α -t $60^\circ + \kappa$ -nál rögzítve β $30^\circ + 2\kappa$ és 60° között változhat (5. ábra). Egy adott κ -család esetén az A test tömege hasonlóan változik, mint az első konkáv esetben. B tömegének változása azonban ellentétes, értéke 1-ről indul és β növekedésével egy minimális értékhez tart. Ez a minimum κ növekedésével 1-ről csökken 0-ra. Minden családnál a befejező konfiguráció egy Lagrange-féle háromszög-megoldás, mely a két egyenlő tömegű testből és B-ből áll.

A konkáv konfigurációk egy speciális esete az $\alpha=60^\circ$, $\beta=30^\circ$ elrendezés. Ekkor B a másik három test által alkotott háromszög súlypontjában van, és mivel ezek jelen esetben egyenlő tömegűek, a súlypont tömegközéppont is. A tömegközéppontban helyet foglalva B tömege tetszőleges lehet, így az is előfordulhat, hogy mind a négy tömeg egyenlő, vagy B tömege igen nagy, a másik háromé pedig igen kicsi (lásd Maxwell és a Szaturnuszgyűrűk). Négy egyenlő tömeg esetén egyébként három konfiguráció lehetséges. Egyrészt a már említett, két szabályos eset (négyyszög és egyenlő oldalú háromszög), míg a harmadik megoldást az $\alpha=61^\circ,18$ $\beta=33^\circ,04$ (közelítő) értékeknél kapjuk.

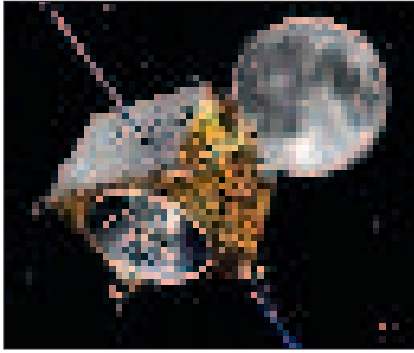
Mit hoz a jövő?

Mint látható, a sárkány-konfigurációk igen változatosak, melyek határesetként tartalmazzák a háromtestprobléma Lagrange-féle megoldásait is. Megismerésük egy olyan területre nyújtott betekintést, mely korábban ismeretlen volt. Ez azonban csak a kezdet,

a kapott megoldás széles távlatokat nyit a további kutatások számára. Jelenleg nem látható pontosan, hogy ezek milyen irányokban folytatódnak, néhány példát azonban lehet említeni. Nem tudjuk még, milyenek a stabilitási viszonyok, melyek a stabil és instabil konfigurációk. Érdekesekek lehetnek az egyensúlyi pontok körüli mozgások is. A sárkány-konfigurációk kiindulópontot jelenthetnek a centrális kon-

figurációk további eseteinek vizsgálatára számára, akár négy, akár több test esetén. Talán űrhajózási alkalmazások is lehetségesek lesznek. A jövőt illetően érdemes a Lagrange-megoldások példáját feleleveníteni.

Több mint 130 év telt már el a Lagrange-megoldások megtalálása után, amikor 1906-ban M. Wolf Heidelbergben felfedezett egy



A SMART-1 szonda


szokatlanul távoli kisbolygót, melyet röviddel később C. Charlier, a kor neves égi mechanikusa a Nap–Jupiter-rendszer L_4 Lagrange-pontja közelében mozgó égitestként azonosított. A kisbolygó az Achilles nevet kapta, és ez lett az első természetben előforduló példa a Lagrange-megoldásokra, egyben az első ismert képviselője a trójai kisbolygók ma már több, mint 6000 tagot számláló családjának (2016. májusi adat: 4084 L_4 és 2201 L_5 körüli kisbolygó kering a Nap–Jupiter-rendszerben). A nagybolygók többségének van trójai kísérője: a Földnek egy (a 2010 TK7 jelű kisbolygó az L_4 körül), a Marsnak négy, az Uránusznak egy, a Neptunusznak 12 ilyen útátársa van (a trójai elnevezés arra utal, hogy ezen kisbolygók egy részét a trójai háború szereplőiről nevezték el). A Szaturnusz esetében trójai kisbolygót még nem találtak,

ám holdjai közül a Dione-nek egy, a Tethys-nek két trójai társa van. Az exobolygók esetében is napirenden szerepel a trójai exobolygók vagy holdak utáni kutatás, s bár ilyet még nem találtak, sok cikk foglalkozik kimutatásuk lehetséges módszereivel. A Lagrange-megoldások tehát a gyakorlati csillagászati vonatkozásokban fontos szerephez jutottak.

A Lagrange-megoldások egy másik alkalmazása az űrkutatással kapcsolatos. A Nap–Föld-rendszerben az L_1 és L_2 Lagrange-pontok (melyek mintegy 1,5 millió km-re vannak a Földtől a Nap irányában, illetve a Földnek a Nappal átellenes oldalán) űrobszervatóriumok helyéül szolgálhatnak. Az L_1 pontból előnyös a Nap–Föld-rendszer megfigyelése (példaként lehet említeni az ISEE-3, ACE, SOHO, LISA Pathfinder műholdakat, utóbbi gravitációs kutatással foglalkozik), az L_2 pont pedig űrobszervatóriumok telepítésére alkalmas a nagy látómező miatt (innen nézve a Nap, Föld, Hold közel egy irányban látszik). Ismert példák a WMAP, a Herschel- és a Gaia űrtávcsövek, illetve a tervezett James Webb-űrtéleszkóp és a PLATO. Valójában ezek az űreszközök az L_1 és L_2 pontok körüli kváziperiodikus pályákon keringenek, melyeket időnként korrigálni kell.

Az L_1 és L_2 pontok instabilak, így végtelen sok pályán lehet e pontok felé eljutni, illetve onnan eltávozni (ezek kapcsolatban állnak a Poincaré-féle „vad” pályákkal),

és igen kis energiárfordítással lehet egyik pályáról a másikra áttérni. A Lagrange-pontok tehát a minimális energiájú pályák lehetőségét kínálják, cserébe azonban a menetidő igen hosszú. A gyakorlatban is használják már a bolygóközi szupersztrádát (ITN=Interplanetary Transport Network). A NASA Genesis szondája 2001-től 2 évig a Nap–Föld-rendszer L_1 pontja körül gyűjtötte a napszél anyagát, majd átirányították az L_2 pontba, végül visszatért a Földre. 2003–2006-ban az ESA ionhajtóműves SMART-1 szondája a Föld–Hold-rendszerben használta ki az L_1 és L_2 pontokhoz kapcsolódó minimális energiájú pályák által nyújtott előnyöket.

A sárkány-konfigurációk lehetséges alkalmazásainak feltárása a jövő feladata. 

Irodalom

- B. Érdi, Z. Czirják: Central configurations of four bodies with an axis of symmetry. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, 2016, Vol. 125, 33-70.
- D.P. Hamilton: Celestial mechanics: Fresh solutions to the four-body problem. *Nature*, 2016, Vol. 533, 187-188.
- D.G. Saari: Central configurations – a problem for the twenty-first century. *Exped. Math. MAA Spectrum*, 2011, 283-295.
- S. Smale: Mathematical problems for the next century. *Math. Intell.*, 1998, Vol. 20, 7-15.

Elhunyt Fülöp Lajos

Június 5-én, vasárnap délután, életének 96. évében elhunyt Lajos bácsi, aki 1985 és 2005 között volt a Természet Világa tervezőszerkesztője. Ő formálta igazi szakértelemmel, szerető gondossággal folyóiratunk írásait, képeit egységgé. Olyan tervezőszerkesztő volt, aki el is olvasta a tördelésre kezébe adott cikkeket.

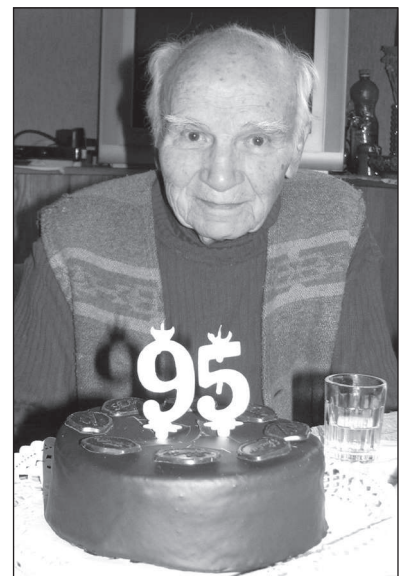
Műveltségével, bölcs emberségével minket is formált, a lap olvasószerkesztőit. Példát adott munkabíráásával, derűjével, szakmaszeretettel. A megküzdött, nehéz élete alakíthatta ilyen nemessé.

1920. szeptember 20-án született Maroskeresztúron. 1921-ben, családjukat kiutasították Romániából. Szüleivel és Margit nővérével együtt közel egy évig vagonban éltek, míg végül Kaposváron telepedtek le. A Csurgoi Református Főreál Gimnáziumban érettségizett, 1940-ben. A II. világháborúban orvostanhallgatóként egészségügyi szolgálatot teljesített.

A háború után nem folytathatta egyetemi tanulmányait, megélhetési okokból munkát kellett vállalnia. A Geofizikai Intézetnél helyezkedett el, segédkutatói munkakörben. Itt ismerte meg feleségét is, akivel 55 éven át éltek boldog házasságban.

1964-től a Nők Lapja tördelészerkesztője lett. Munkáját még számos ifjúsági lap és az Élet és Tudomány számai is örzik. 1984-ben nyugdíjas lett, a munkát azonban nem hagyta abba. Ezután még húsz évig volt fontos láncszeme a Természet Világát építő közösségnek.

Munkáját több kitüntetéssel is jutalmazták: többszörös Kiváló Dolgozó, a Munka Erdemrend ezüst fokozatának birtokosa, a TIT elnöke pedig 2000-ben a társulat Aranykoszorús Jelvénye elismerésben részesítette magas színvonalú munkájáért. Nyolcvan éves volt akkor, és még öt évig dolgozott a Természet Világáért. Nevét, munkája eredményét örökre megőrzik lapszámaink.



S. GY.

Múlt évben még köszöntöttük