



## Tejútrendszer mentén

IX. rész

### 4. A Tejútrendszer szívében – a centrum és környéke

A Tejútrendszerünkhöz hasonló, távoli galaxisok világító tömegének eloszlását ugyan jól szemügyre tudjuk venni – közzismert, hogy többnyire fényes, kompakt magjuk/magkörnyéki régiójuk van – azonban a titkok mélyére esetükben az irtatlan távolságok miatti elégtelen szögfelbontás miatt nem hatolhatunk. Saját csillagrendszerünk centruma ugyan jóval közelebb van hozzánk, azonban ezt por és gázfelhők szövevénye takarja el. Ezen a legutóbbi időkig csak korlátozottan, rádió tartományban tudtunk áthatolni.

A centrum-környéki régiók mélyére ereszkedés első lépcsőfoka a 3 kpc-es kar. Ez felőlünk nézve gyűrűszerűen övezi a centrális vidéket – van egy felénk eső íve, és egy túlsó íve is. Alapvetően semleges hidrogén gáz alkotja, ami szintén részt vesz a Tejútrendszer középpontja körüli rotációban – azonban emellett 53 km/s radiális sebességgel távolodik is a magtól kifelé. A rejtélyes, nemrég felfedezett „küllő” még ezeken belül található. A 3kpc-es kar tőlünk átellenes oldalán, közte és a centrum között fedeztek fel szintén rádiótávcsövekkel egy gyorsan távolodó ívet, amely 135 km/s sebességgel távolodik.

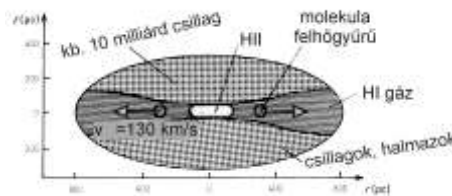
A következő lépcsőfok a 3 kpc-es karon belüli „magbeli korong”, amely egy gyorsan forgó, ellapult gázfelhő, nagyjából 1-1,5 kpc külső átmérővel.

Ebben a centrális,  $0,8 \times 1,5$  kpc-es ellipszoidális térrészben kb. 10 milliárd csillag található, és ezen felül kb. 10 millió Naptömegnyi gázdiszk, amely belül kb. 80 pc, kívül 250 pc vastag. Belsejében egy kb. 75 pc átmérőjű, tórusz alakú molekuláris gázgyűrű található, amelynek középtengelye kb. 270 pc-re van a centrumtól. Ez a gyűrű szintén kifelé tágul, mintegy 130 km/s sebességgel, és egyúttal rotál a centrum körül 50 km/s sebességgel. Ez egyben az eddig ismert legnagyobb molekulakomplexum!

Egzotikus molekulákat nemigen találni benne, túlnyomó részben  $H_2$  alkotja.

A legbelső tartományt a centrum közvetlen környékének nagy tömegű, fiatal, forró csillagainak UV sugárzása ionizálja (ld. a 23. ábrán a középső világos színtű, HII feliratú részt). Különös érdekesség, hogy a centrum körüli, viharos mozgásoktól átszótt tartományokban is folyik (ill. legalábbis a kozmikus léptékű közelmúltban még folyt) csillagkeletkezés!

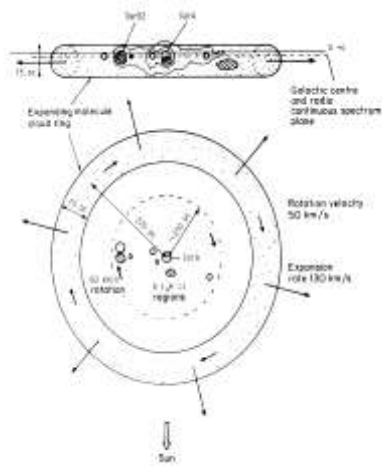
Ezen belül jó 100 pc-en keresztül „üres”, csillagközi anyaggal nem kitöltött térrész következik.



26. ábra

A Tejútrendszer centrum körüli sűrű térségének vázlatos felépítése (oldalnézet)

A legbelső, 150 pc sugarú térrész mélyén található az égbolt egyik legintenzívebb emissziós rádióforrása, a Sagittarius A (*Sgr-A*), ami valójában három forrásból tevődik össze: a közel pontszerű A komponenstől keletebbre fekvő nem-termális eredetű és a nyugatabbra fekvő termális forrásból. Valószínűleg ezek sem szeparált felhőtömegek, hanem egy „legbelső gyűrű” részei, amely 60 km/s sebességgel vesz részt a centrum körüli rotációban. A gyűrű egyes részei OH molekuláris, ill. HI és HII területek. A Chandra röntgen űrtávcsővel készült felvételek alapján nagyjából 10 ezer évvel ezelőtt a centrális régióban bekövetkezett szupernova robbanás maradványai lehetnek.



27. ábra

*A Tejútrendszer centrum közeli üres térség vázlatos felépítése (oldal+felülnézet)*



13. képmelléklet

*A Sgr-A környezete a Chandra űrtávcső felvételén (1999-2009 között készült 43 felvétel alapján). A színezés a sugárzás energiájával kapcsolatos: vörös: 2-3,3 keV, zöld: 3,3-4,7 keV, kék: 4,7-8 keV. A kép látómezejé a centrum távolságában kb. 110 fényév.*

A Sgr-A igen kompakt forrás. Interferométerként összekapcsolt rádiótávcsövekkel 0,002 ívmásodpercnél is kisebb kiterjedésűnek mérték, ami a 25-26 ezer fényévnyi távolságból (*abonnan mi szemléljük*) csupán 2 fényórányi kiterjedést jelent (*ez a Naprendszerünkbe belyezve alig a Jupiter-Szaturnusz pálya közötti méretű térrészt ölel fel*). Bár a rádiótávcsövek igen hasznosak voltak a centrális térség tanulmányozásában, a centrum „végső” titkát mégsem ezekkel sikerült feltárni. Annyi azonban a megfigyelt centrum-közeli gyűrűk rotációs sebességei radiális csökkenésének Kepler-féle mozgásként történő értelmezéséből is kiderült: a centrumtól a molekuláris gyűrűig terjedő térségben összesen 6 millió Naptömegnyi anyagmennyiségnek kell lenni. Ez oszlik szét a belső térség különféle objektumai között, és ha azokat számba tudnánk venni, megkapnánk a Sgr-A alig kétmilliárd km-es térségébe zsúfolódó tömeg értékét.

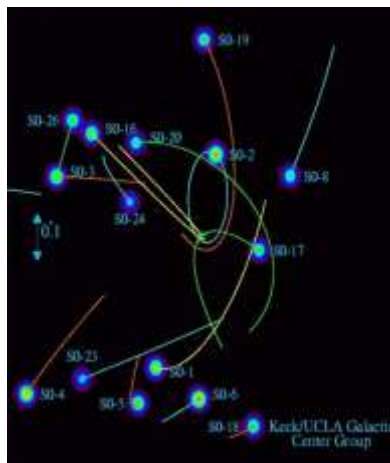
A megoldás mégsem így adódik, hanem a technika fejlődésével direkt meghatározás is lehetővé vált, így a feladat megfordult: a Sgr-A újonnan megállapított tömegének meghatározásából a belső térség más módon csak pontatlanul meghatározható tömegeire tudunk következtetni. A megoldást az infravörös távcsövek hozták, ugyanis amint korábban is említettük: a Tejútrendszer fősíkjában elterülő portömegek fényszórása a távolabbi IR hullámhosszakon alig okoz fénycsökkenést. Így a centrum-közeli szűk tar-

ományban a rádiósugárzáson kívül még infravörös hullámhosszakon is láthatunk és fel is bonthatunk szeparált forrásokat. Ezek egy része természetesen a már eddig említett HII régióknak felel meg, más részük a por által re-emittált, rövidebb hullámhosszú elektromágneses sugárzás, végül pedig természetesen nagyszámú, idezsúfolódott csillagoknak a csillagközi térben távcsövénkig megtett hosszú úton szétszóródott fényének eltorzult maradéka. Ezek a legutóbbi időig, az adaptív optikával ellátott IR leképezésig csak összemosódott foltként voltak felbonthatóak, az elmúlt 10 évben azonban sikeres kísérletet tettek nemcsak azonosításukra, de centrum körüli asztrometriai pályájuk meghatározására is. Közelítőleg, egyszerű kepleri kéttest-problémaként értelmezve az egyes csillagok kimért keringési idejét és vetületi ellipsziseikből meghatározott fél nagytengelyeinek nagyságát – sikerült megbecsülni a vonzó centrum tömegét. Erre  $2,87 \pm 0,15 \cdot 10^6$  Naptömeg adódott. Ez a 2003-ban publikált eredmény a csillagászati észleléstechnika egyik csúcseredménye (*T. Ott és társai*).

Könnyen rámondjuk, hogy ilyen kis térrészben ekkora tömeg fekete lyuk kell, hogy legyen, azonban a tudomány működésének elvei alapján ettől még ódzkodnunk kell: további lehetőségek is rendelkezésre állnak, más, kevésbé ismert anyagformák is előfordulhatnak – pl. bozonszillag, fermiongömb, sűrű magvú speciális halmaz is lehetséges.

Persze, a fekete lyukakra vonatkozó jelenlegi elképzeléseinknek megfelelően események is mutatják magukat: pl. 2001-ben a Chandra űrtávcső a Sgr-A olyan röntgenkitörését észlelte, amely során néhány perc alatt sokszorosára nőtt a röntgenfluxus, majd órák múlva az eredeti értékre állt vissza. Valószínűsíthetően a fekete lyukba spirálózó anyag által formált akkréciós korongba ekkor behullt, a becsapódáskor többmillió fokosra hevült anyag termikus sugárzása ért el hozzánk. Ha fekete lyuk, bizonyosan nem egy egykori hagyományos csillag végső kollapszusának terméke (*de talán még a hiányzó III. populációs egykori hipercsillagok sem voltak ekkorak*), hacsak több millió naptömegnyi anyagot be nem gyűjtött környezetéből a Tejútrendszer fejlődésének első néhány millió éve során. További tisztázásra váró kérdések még a centrumban és közvetlen környékén megfigyelhető asztrofizikai folyamatok, és különös módon még ebben a nagy energiákkal jellemzett térségben is tettenérhető a csillagkeletkezés tényének magyarázata, becsülhető zajlásának üteme.

1999-ben a HST infravörös kamerájával a centrumtól alig 100 fényévnire (30 pc-ra) két igen nagy tömegű, fiatal nyílthalmazt fedeztek fel, amelyek korára 2 ill. 4 millió év adódott. Tehát csillagkeletkezés a kozmikus időskálán mért közelmúltban is történt itt, noha a centrum körül nagy sebességgel keringő, és még nagyobb sebességgel kifelé



14. képmelléklet

*A Tejútrendszer legbelső 0,1 fényévnnyi tartományának óriáscsillagai pályájának adaptív optika segítségével kb. 10 év alatt megfigyelt ívei (kiegészítve a 2011-re várható szakaszokkal). Jól látható, hogy ezen idő alatt csak a legbelső S0-2 jelű csillag fejezett be egy teljes keringést.*

áramló gáztömegben nehéz elképzelni azt, hogy a viszonylag hosszú idejűnek gondolt, nyugalmasabb mozgásokat igénylő csillaggá alakulás számára megfelelőek legyenek a feltételek. Ezen felül további érdekesség, ami még inkább megnehezíti a helyzet tisztázását: a két halmaz átlagos kiterjedésű, ennek ellenére össztömegük mintegy tízszerese a Tejútrendszer távolabbi térségeiben található halmazokénak – és tagjaik között feltűnően sok az extrém nagy tömegű (*100 Naptömeget is meghaladó*) csillag (*a két halmazban összesen mintegy 10 ilyen csillagot találtak eddig*)<sup>1</sup>.

Hegedüs Tibor

## Gondolatok a mértékegységekről

Az emberi civilizáció fejlődésében a mérés fogalma korán kialakult. Meghatározó szerepe volt a megélhetéshez szükséges tevékenységek során, a túlélési körülmények javítására történt tevékenységekben (építkezés, harceszközök, munkaeszközök, edények készítésében), a közösségeken belüli és közötti kereskedésben. Ugyanakkor a természeti jelenségek csodálata, majd tudatos megfigyelése, a tapasztalatokból levont következtetések vezettek a természettudományok fejlődéséhez. Az összefüggések sejtése, megismerése akkor eredményezte a törvényszerűségek felismerését, amikor a megfigyelő bizonyítani akarta azt kísérlettel. A fejlődés ezen szakaszán váltak szükségessé a mérések, azok eredményeinek kiértékelése.

Az egyes fizikai mennyiségek közötti összefüggések mérésrel állapíthatók meg. Ahhoz, hogy egy mennyiséget mérni tudjunk, a mennyiségnek valamely rögzített értékét kell alapul választani. A mennyiségnek ezt az alapul választott, rögzített értékét a mennyiség mértékegységének nevezzük. A mérés a megméréendő mennyiség és az alapul választott mértékegység összehasonlítása. A méréskor meg kell állapítani, hogy a megmért mennyiség hány-szorosa az alapul választott mértékegységnek. A mérés eredménye tehát a számértéknek (mérőszám) és a mértékegységnek a szorzata:  $\text{mennyiség} = \text{számérték} \cdot \text{mértékegység}$ .

A mértékegységeknek a megválasztása is komoly problémát jelentett a tudományok története során., ezt a tankönyveitekben is észlelhattétek. A törekvés az volt, hogy az alapegységeket természeti állandókból származtassák, melyek helytől és időtől függetlenek. Ma 7 alapegységet igényel a tudomány. Ezek a tömeg, hosszúság, idő, hőmérséklet, áramerősség, anyagmennyiség, fényerősség, melyeknek egységei: kilogramm, méter, másodperc, kelvin, amper, mól, kandela. Ezekből bármely más mértékegység származtatható. A mér-

<sup>1</sup> Egyikükben, az „Arches” névre keresztelt halmaz centruma környékén 150 db O-csillagot találtak. A halmaz magjának sűrűsége  $300.000 M_{\text{Nap}}$ . Az Arches kb. 10.000 tagot számlál alig 1 fényévnnyi átmérőjű térrészben, és távolsága a centrumtól mindössze 25 pc, ami ebben a távolságban alig 10 ívperc szögtávolságot jelent. A másik halmaz a „Quintuplet”, amely kb. 4 millió éves, és ugyan csak kb.  $10.000 M_{\text{Nap}}$  össztömegű, azonban ebben találjuk a jelenleg ismert legnagyobb tömegű csillagot is, a „Pisztoly-csillag”-ot. Ha nem lenne csillagközi fényelnyelés, még ebből az irdatlan távolságból is 4 mg-ós csillagnak látszana az égbolton – ugyanis több, mint egymilliószor fényesebb a Napnál. Csak az a tömeg, amit egy 4-6.000 évvel ezelőtti gigantikus kitörése során kidobott magából, az eléri a 10 Naptömeget! Csillagszele Napunkénak 10 milliárd-szorosa! Valószínűleg 1-2 millió éven belül hipernóva vagy szupernóva robbanás folyamán fejezi majd be életét.