

A Tejútrendszer, a Galaxis.

A galaxis szó görög eredetű, a tejútra utal.

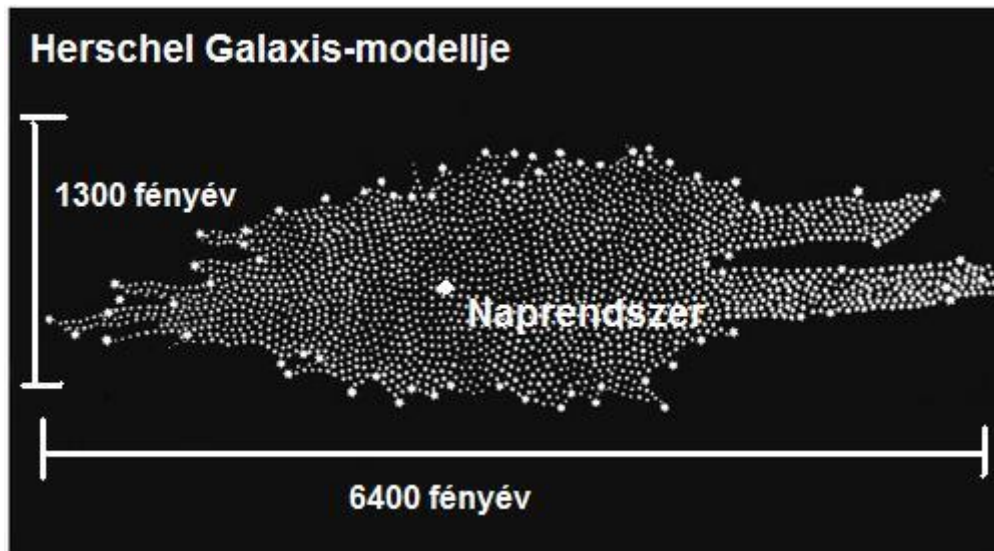
Sokszor gondolkodtam már azon, hogy milyen lehetett az égbolt látványa akkor, amikor még nem voltak mesterséges fényforrások. A bársonyosan fekete ég vette körbe az égboltot, ahol több ezernyi villódzó fényű csillagot lehetett látni. De a Hold és a bolygók látványán túl a Tejút fénylő sávja is elvarázsolhatta az égre tekintőket. Ezért nem kell azon csodálkozni, hogy az akkori emberek áhítattal nézték mindezt, a mítoszok, legendák kialakulása innen eredhet.



A Tejút. Jobbra lent egy távoli város fényei látszanak. (Forrás: Wayne Pinckston, APOD.)

Mint a fenti képen is kitűnik, hogy egy sivatagi tájból tekintve az égbolt látványát elrontja valamely település fényszennyezése. (Manapság már az egérlyukat is kivilágítják, biztonsági okokra való hivatkozással.) Az ember fokozatosan elveszíti azt az ősi kapcsolatot, amely egykoron az égbolttal összekötötte. A nagyobb településen élők azt sem tudják már, hogy mi van körülöttünk, fölöttünk.

Mi csupán a Tejútrendszer porszemnyi tagjai vagyunk. Elsőként W. Herschel próbálta meg felmérni az alakját. Csillagszámlálásokat végzett. Felismerte, hogy a Naprendszer nincs a csillagvárosunk középpontjában. A valódi szerkezetét csak kb. 70 éve ismerjük. Erről később szólunk.



Forrás: astro.u-szeged.hu

A Tejútrendszer alakja és méretei.

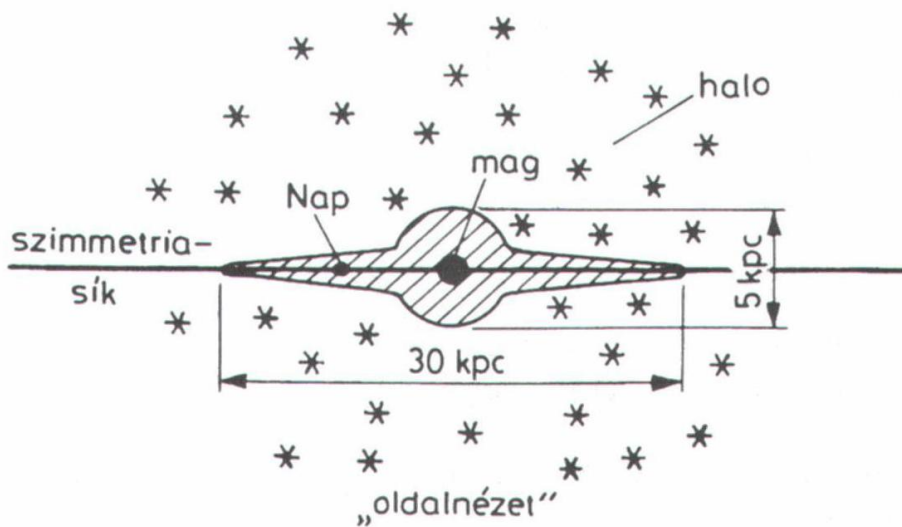
Alakja egy diszkoszhoz hasonló. A közepén egy dudor helyezkedik el, amely a magot alkotja. Ha éléről tekintünk erre a diszkossal jellemzett alakzatra, akkor a középvonalán találjuk a fősíkot, korongot.

A Galaxis átmérője 100 ezer fényév (30 kpc). A hosszan elnyúló korong vastagsága 15 ezer fényévnek mondható.

A Naprendszer a centrumtól 30 ezer fényév távolságban van – tehát a periférián helyezkedik el -- az egyenlítői fősíktól 45 fényév távolságra, északra található.



Egy éléről látszó galaxis. Ugyanígy látnánk a Tejútrendszert is hasonló irányból. Jól kivehető a mag körüli kidudorodó térrész, a hosszan elnyúló lapos, korong alakú rész, valamint a fősíkban lévő poranyag. (Forrás: Ken Crawford, APOD.)



A Tejútrendszer ábrázolása. (Forrás: Gábris-Marik: Csillagászati földrajz.)

A fenti rajzon néhány korábbi leírás figyelhető meg. Jól látszik a mag helye, amiről később lesz szó. A sok-sok csillaggal jelzett rész neve halo. Galaxisunkat gömbszimmetrikusan öleli át egy kb. 160 ezer fényév átmérőjű térség, ahol magányos, idős csillagok és gömbhalmazok vannak.

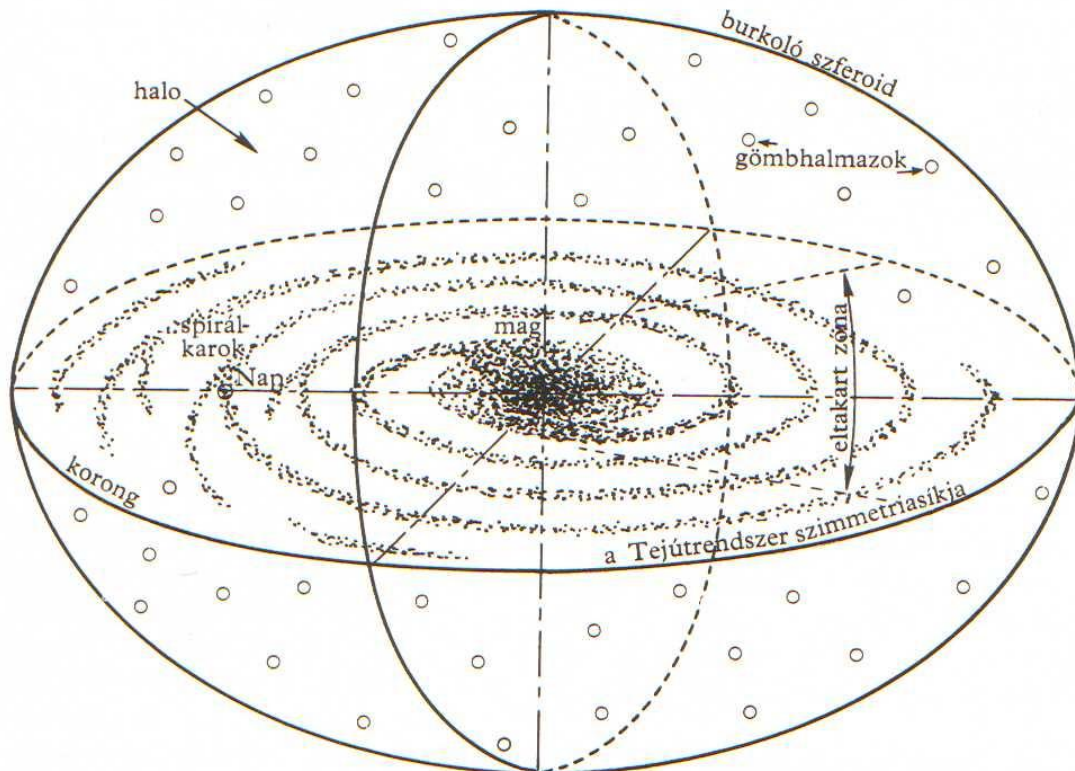


Az M51 jelű spirálgalaxis a Vadászebek (CVn) csillagképben. Így látnánk a Tejútrendszert, ha a fősíkra merőlegesen tekintenénk rá. (Forrás: Hubble űrtávcső, NASA, APOD.)

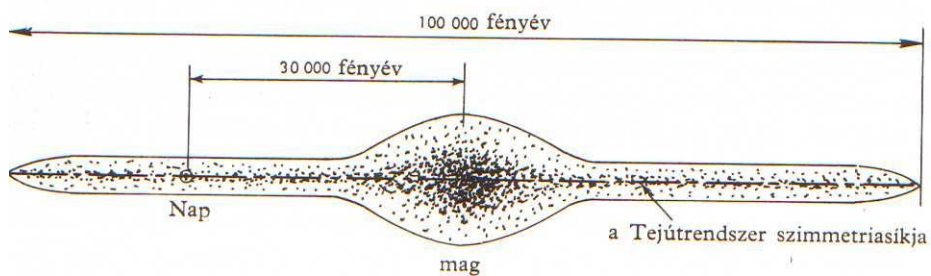
A Tejútrendszer 200 milliárd (egyesek szerint) 400 milliárd naptömegnyi anyagot tartalmaz. Ez a hatalmas rendszer a tömegközéppontja körül forog. Mégpedig differenciális módon, hasonlóan a csillagok tengelyforgásához. Naprendszerünk kb. 250 millió év alatt ér végig az ellipszis alakú pályáján. Ez azt jelenti, hogy kb. hússzor kerültük meg a tömegközéppontot a kialakulásunk óta! A pálya menti sebességünk kb. 250 km/s.

Miből áll a Tejútrendszer?

Elsősorban csillagokból, melyek közül sokan csoportokat, asszociációkat, nyílt- és gömbhalmazokat alkotnak. Ezek különböző korúak. Az intersztelláris gáz- és porfelhők a teljes tömeg (itt is több adat szerepel) 5-10%-át teszik ki. De sok planetáris köd, szupernóva maradvány gázfelhői, neutroncsillag, pulzár, fekete lyuk vagy fehér törpe is van benne. Elég színes világ, amely kb. 12 milliárd esztendőnyi múlttal rendelkezik, és spirál alakú karok nyúlnak ki a magjából.



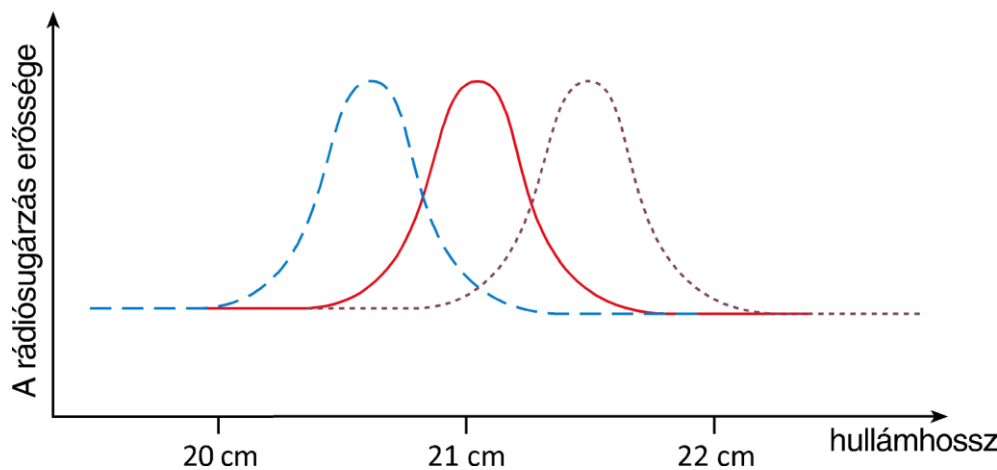
Egy vázlat a Galaxis szerkezetéről. (Forrás: www.puskas.hu.)



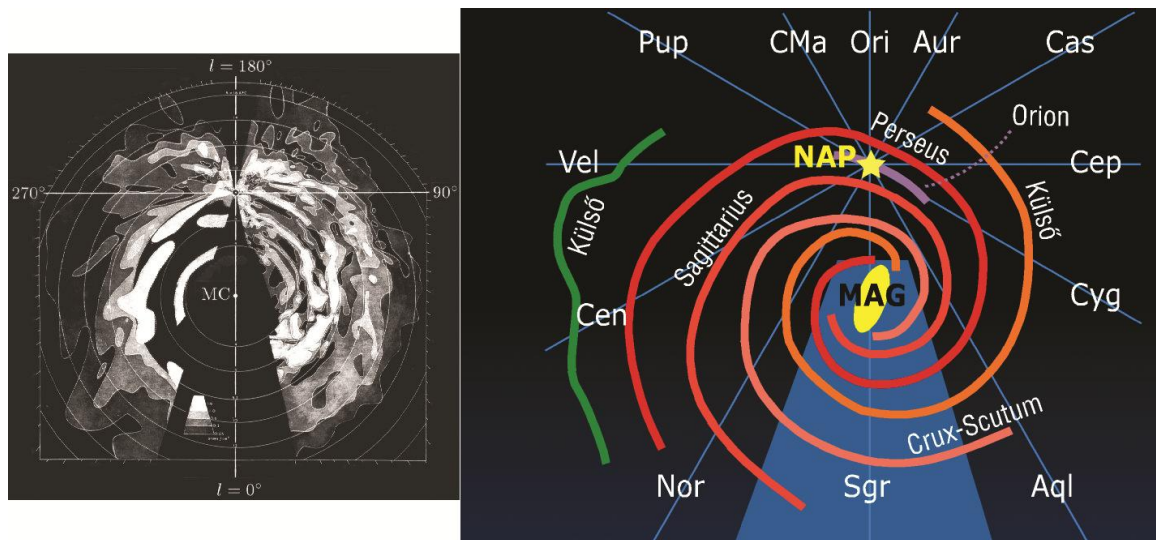
A Tejútrendszer „oldalnézete”. (Forrás: www.puskas.hu)

A csillagok gáz- és porfelhők szülöttei. A gázfelhők elsősorban hidrogénből állnak. Ez lehet semleges (ezeket HI jelöléssel látjuk el a csillagászatban) vagy ionizált, tehát plazma állapotú (ez a HII zóna). A semleges hidrogénfelhők átlagsűrűsége 1-2 atom köbcentiméterenként.

A semleges hidrogén magja, a proton körül egy elektron végzi a mozgását, amely forog a tengelye körül. A fizikában ezt *spinnek* nevezzük. Ha valamely külső hatás, pl. sugárzás éri, akkor az elektron *spinje megfordul*, majd *előbb-utóbb visszaáll az eredeti állapotába*. (Ezt nagyon vázlatosan úgy lehet elképzelni, hogy, ha egy kerék forog a tengelye körül, majd jön valaki, aki megragadja a forgástengelynél fogva, és hirtelen megfordítja 180 fokkal. Majd pedig a kerék forgástengelye önmagától egy idő után vissza fog állni a beavatkozás előtti állapotba.) Ekkor a semleges hidrogén olyan sugárzást bocsájt ki, amely a 21,1 cm-es – rádiótartományba eső – hullámhosszon figyelhető meg. Így lehetett a Tejútrendszer szerkezetét felderíteni. Ezt a hullámhosszt írta le elméleti úton van de Hulst (lásd korábban).



A 21,1 cm-es hullámhossz tartományba eső színekpvonál. A Doppler-effektus alapján az észlelt hullámhosszt nagyobbak mérjük, ha a forrás távolodik tőlünk, és kisebbnek, ha közeledik felénk. Ezzel a módszerrel sikerült kideríteni a Tejútrendszer szerkezetét jól kirajzoló hidrogénfelhők helyzetét és hozzáánk viszonyított sebességét.



1958-ban Frank Kerr (1918-2000) ausztrál és Gart Westerhout (1927-2012) holland csillagász közzétette a fenti rádiótérképet, amely bizonyította a Tejútrendszer spirális szerkezetét. A jobb oldali rajz a különböző ágak elnevezéseit mutatja.

A semleges hidrogénfelhők szintén a fősík közelében helyezkednek el. Ez a sáv csupán néhány száz fényév szélességű.

Az ionizált hidrogén (HII) tulajdonsága jócskán eltér a semlegesétől. Az ionizáció azt jelenti, hogy egy atomot legalább egy elektronjától valamilyen külső beavatkozás révén megfosztunk. A hidrogén esetében ez azzal jár, hogy egyetlen elektronját leszakítjuk, így ott marad a „csupasz” proton. De egy idő elteltével a proton befogja az „elrabolt” elektront, ekkor pedig jól meghatározott frekvenciájú sugárzás jön létre.

Az ionizációt nem a semleges hidrogén atomok ütközése hozza létre, hiszen nagyon alacsony az anyag sűrűsége egy ilyen folyamathoz. De a semleges felhők belsejében lévő fiatal csillagok nagy energiájú ultraibolya sugárzása már képes erre. Így jön létre az ionizált zóna, amely folyamatosan kifelé halad a gerjesztő csillagtól. A semleges és az ionizált rész közötti határvonalat ionizációs frontnak nevezzük.

A csillagközi gázt és porfelhőt pedig ez elkezd összepréselni. Így látványos, girbe-gurba alakzatok – elefántormányok – és gömbszerű tartományok – globulák – jönnek létre. Ezek a területek a csillagok bölcsői.



Semleges és ionizált hidrogénfelhők Éder Iván felvételén. A sötét részek az ormányok és a globulák helyei. A köd gázatomjai egy fiatal csillag sugárzása miatt bocsájtanak ki fényt.



A Szív-köd belseje Éder Iván felvételén. Ez a kép különleges színszűrők segítségével lett ilyen látványos. Itt is a csillagok születésének „műhelyébe” látunk bele.

Ha már egy csillag létrejött (például a gravitációs erő összehúzó hatása révén), akkor annak ultraibolya sugárzása elindítja az ionizációs frontot. Ezért abban a körzetben újabb csillagok fognak létrejönni. *Ezt indukált csillagkeletkezésnek hívják a szakemberek.*

A *csillagközi por* nagyon fontos szerepet játszik, hiszen ott jönnek létre a bonyolultabb felépítésű molekulák, amelyek akár az élő anyag alapjául szolgálhatnak. Ezek a mikroszemcsék védik meg a szerves molekulákat a nagy energiájú – azokat megsemmisíteni képes – sugárzásoktól. A port bizonyos típusú – pl. vörös óriás csillagok termelik.

Csillagcsoportok a Tejútrendszerben.

Galaxisunk anyagának döntő többségét a csillagok és csoportjaik alkotják. Így szerkezetét *a kor alapján* is jellemezhetjük, mely szoros kapcsolatban áll az égitestek *fém tartalmával*.

Az *asszociációk* mindig gáz- és porfelhőkhöz köthető területeken fordulnak elő. Fiatal képződmények. A színképi vizsgálatok azt mutatják, hogy *magas a fémtartalmuk*. Ez egyértelműen arra utal, hogy *nem első generációs csillagok*. Hiszen azok belsejében keletkezett az a „nyersanyag”, amelyből ezek születtek. A galaktikus fősík közelében helyezkednek el, *a tagjai közötti gravitációs kapcsolat eléggé laza*. Mivel a Tejútrendszer valamennyi tagjára a differenciális rotáció szabályai érvényesek, ezért a Galaxis tömegközéppontjától eltérő távolságra lévő csillagok *lassan szétszóródnak*.

A *nyílthalmazok* csillagai között már szorosabb a gravitációs összefonódás. Az előbbieknél idősebbek, ezt mutatja a fémtartalombeli különbség is. Jelesül: kisebb a fémtartalmuk. Vannak olyan tagok, amelyek már letértek a főágról (lásd a „tölcsér-effektust” mutató ábrát). Szintén gázfelhők közelében fordulnak elő. Azonban már a fősík fölötti és alatti tartományokban is megtalálhatók.

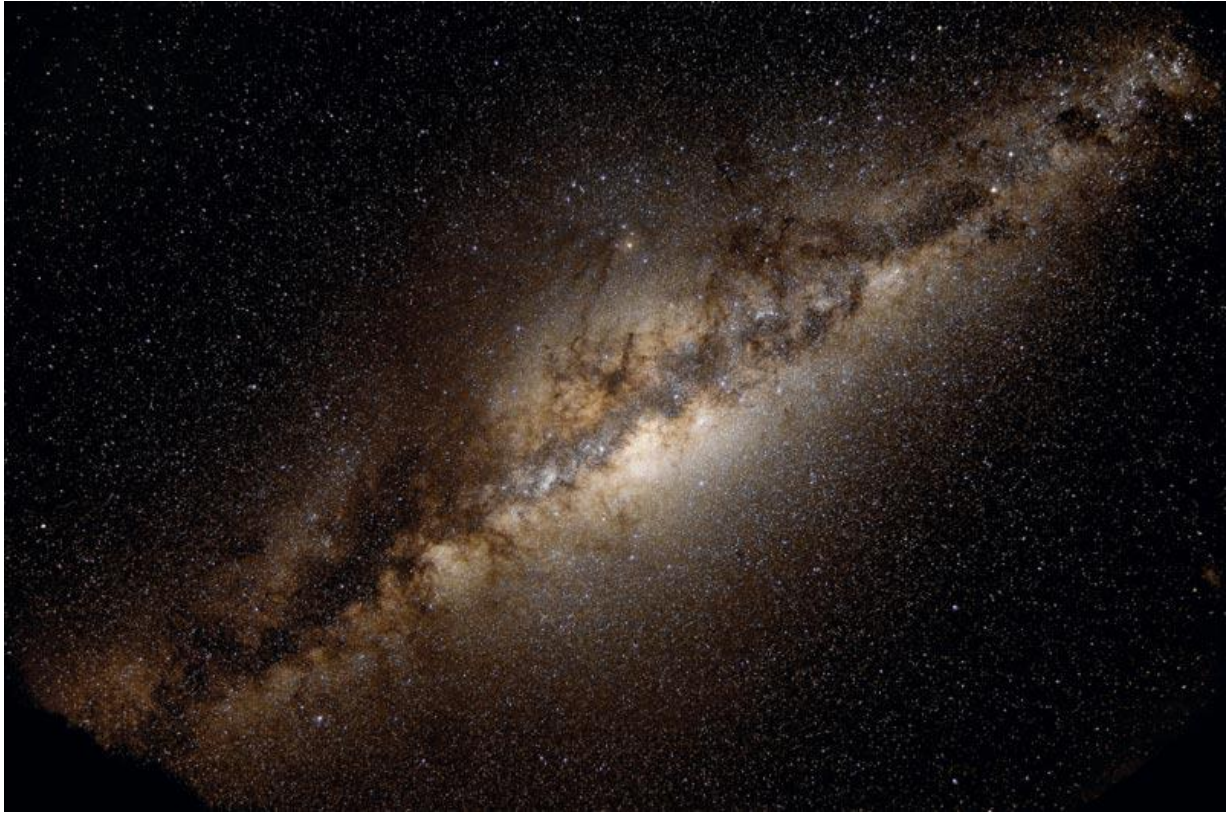
Nagyon érdekes az a kutatási eredmény, amely szerint sokkal több az idős, mint a fiatal halmaz. Ez pedig egyértelműen arra utal, hogy a csillagkeletkezés a Tejútrendszer korábbi időszakában lényegesen intenzívebb volt, mint a közelmúltban.

A *gömbhalmazok* viszont „hajlott korú” csillagokból állnak. Ez arra utal, hogy idős, 10 milliárd évnél is öregebb égitestek. Szinte bizonyos, hogy a Tejútrendszer első csillaggenerációjának a tagjai. Nem tartalmaznak por- és gázanyagot, ami a csillagkeletkezés alapja.

A Galaxisban elfoglalt helyük gyökeresen eltér a többi csillaghalmazétól. A fősíktól távol helyezkednek el. Egy gömb vagy ellipszoid alakú térrészen belül helyezkednek el. *Ezt hívjuk galaktikus halonak.*

Walter Baade (lásd korábban) sokat foglalkozott a halmazok elhelyezkedésével. Csoportokba (populációkba = népeesség) rendezte ezeket. Az *i*-be sorolta a nyílthalmazokat,

melyek koruk és elhelyezkedésük alapján kerültek ide. A II-be pedig a gömbhalmazokat, a fenti gondolatmenet alapján. A felosztás az eltelt évtizedek során lényegesen árnyaltabb lett (lásd – Marik Miklós: Csillagászat).



A Tejútrendszer főszíkjá a fényelnyelő porfelhőkkel. Nagyszerűen kivehető a központi rész, amely a Nyilas csillagkép irányában van. (Forrás: Serge Brunier, APOD.)

A Tejútrendszer szerkezete.

Csupán néhány évtizede tudjuk, hogy egy olyan csillagvárosban élünk, amely a magjából kiinduló spirálkarokból áll. Ezekben a karokban tömörül a csillagok, a csillaghalmazok és a csillagközi anyag döntő többsége. Vajon mi hozza létre és tartja fent ezt a spirál alakzatot?



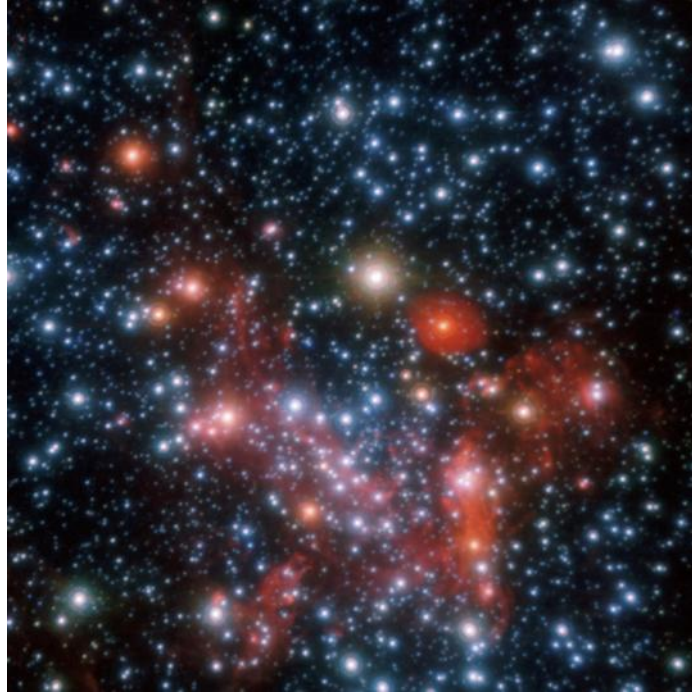
Egy szép spirálgalaxis, az M81, amely a Nagy Göncöl csillagképben látható. A szerkezete a Galaxishoz hasonló. (Forrás: Ken Crawford, APOD.)

Több elmélet is született a magyarázatra. *Bertil Lindblad* (1895-1965) svéd csillagász szerint valami *hullámszerű zavar (sűrűség hullám) terjed tova* a spirálkarok mentén, ami felelős a csillagok kialakulásáért, és a gravitációs értelemben vett fix forma fennmaradásáért.

A fizika órán be lehet mutatni egy ilyen sűrűség hullámot! Szükségünk van hozzá egy laposacél tekercsrugóra. Lefektetjük a padlóra, majd egy diák segítségével messzire kihúzzuk. Ezután hirtelen mozdulattal meglökjük hosszirányban a rugót. Nagyszerűen látható lesz, ahogy a zavar – sűrűség hullám – végig fut a rugón. (Ezt a kísérletet a hanghullámok, longitudinális hullámok kapcsán szoktuk bemutatni. A kozmoszban azonban nincsenek a hanghoz hasonló nyomáshullámok, de sűrűség hullámok viszont igen!)

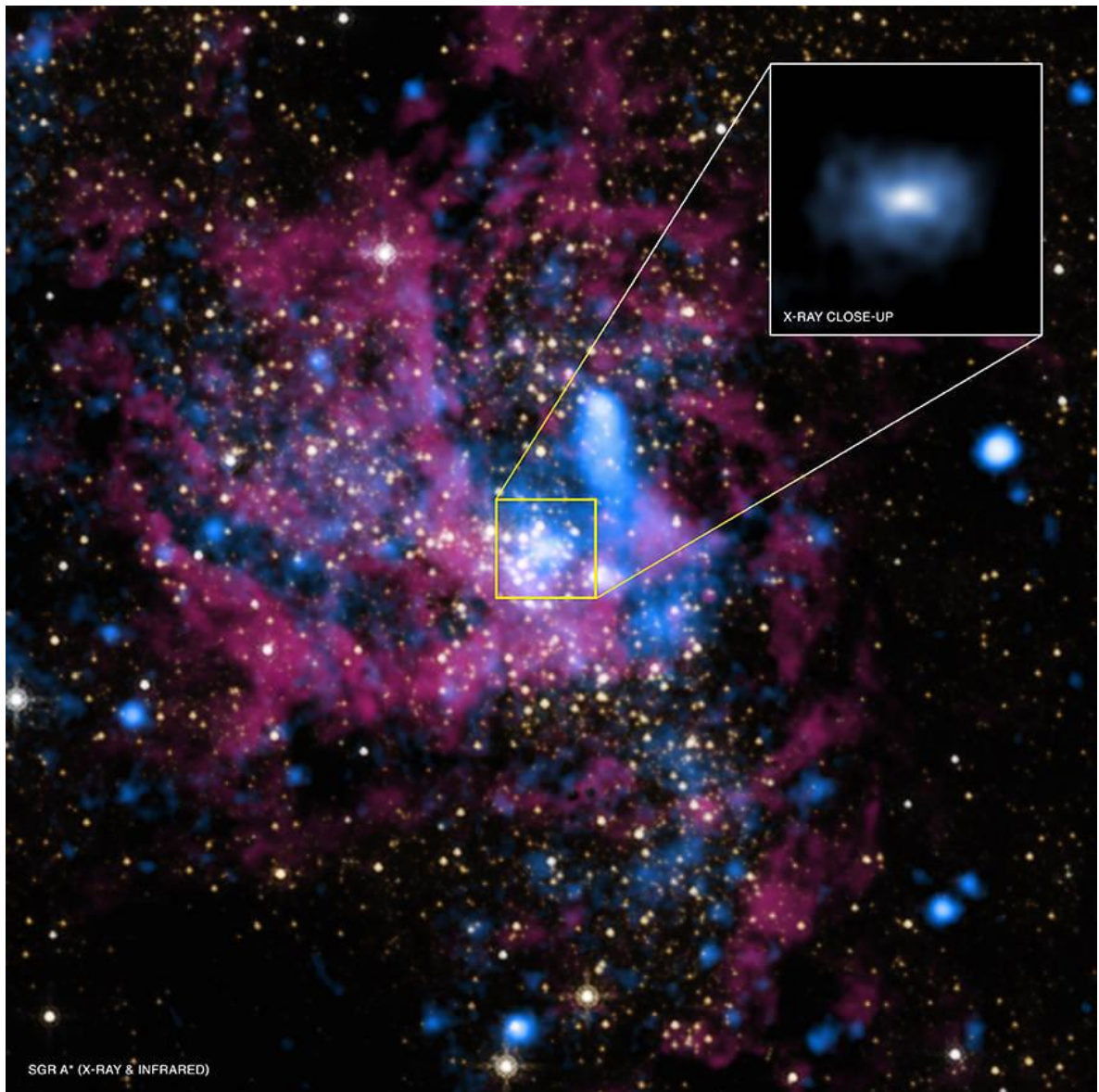
Ez a sűrűség hullám – mely végigsöpör az egész rendszerünkön – a felelős a csillagközi gáz- és poranyag összenyomásáért, tehát a csillagok születéséért, és a spirálkarok kialakulásáért és fennmaradásáért. (Részletek: Marik Miklós – Csillagászat.)

Csillagrendszerünk magja a Sagittarius (Nyilas) csillagképben van. Optikai tartományban itt találjuk a legsűrűbb gáz- és porfelhőket (ásd egy korábbi képen), ezért nem tudunk bepillantani a belsejébe. A rádió- és főleg az infravörös hullámok számára azonban ez a terület már világossá válik. Így részleteket tudunk tanulmányozni. Az utóbbi években röntgentartományban is sikerült bepillantani a központi részbe.



*A Tejútrendszer központi része az infravörös tartományban. Feltáruhnak a részletek.
(Forrás: Max Planck Institute.)*

Itt egy olyan, tengelye körül gyorsan forgó anyagkorong van, melynek tömege 10 milliárd Nap-tömegnyi. A mag környezetében rendszeresen figyelnek meg kiáramló anyagfelhőket, melyeket az ottani robbanásokkal hoznak összefüggésbe.



Egy hatalmas tömegű fekete lyuk, amely a magban helyezkedik el. A Chandra űrtávcső röntgen tartományban készült felvétele. (Forrás: NASA.)

Egy bizonyos: Tejútrendszerünk még mindig aktív, „élő” galaxis, ahol folyamatosan jönnek létre a csillagok.