

# TÁVOL ÉS KÖZEL

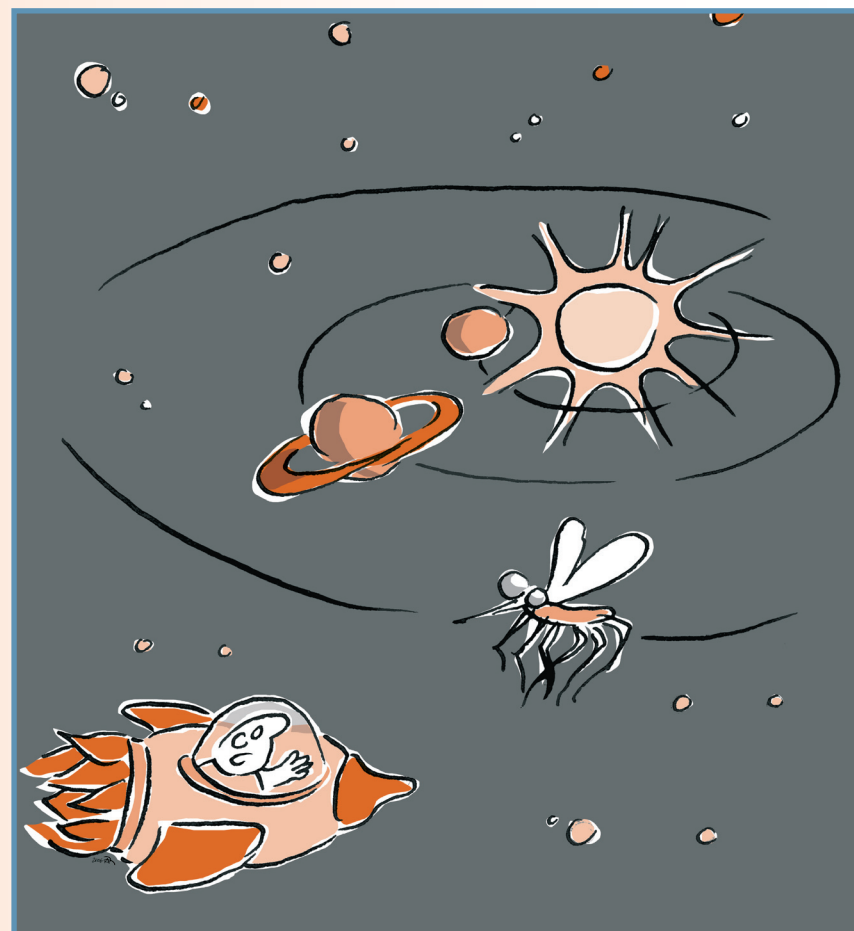
SZKA\_209\_13

## HELYÜNK A VILÁGBAN, BESZÉLGETÉS A VÉGTELENRŐL A TÉRBEN

Készítette: Bányai László

SZOCIÁLIS, ÉLETVITELI  
ÉS KÖRNYEZETI KOMPETENCIÁK

9. ÉVFOLYAM



## MODULVÁZLAT

	Tevékenységek – időmegjelöléssel	A tevékenység célja / fejlesztendő készségek	Munkaformák és módszerek	Eszközök/mellékletek	
				Diák	Pedagógus
<b>I. RÁHANGOLÁS, A FELDOLGOZÁS ELŐKÉSZÍTÉSE</b>					
<b>I/a A Naprendszer</b>					
A	A tanulók a tanár irányításával összefoglalják mindazt, amit a Naprendszerről tudnak. A P1 melléklet segítségével térben modellezik a Naprendszer méreteit, valamint az égitestek egymáshoz viszonyított arányait és távolságát. 20 perc	A meglévő ismeretek rendszerezése  Emlékezet Kommunikáció	Frontális munka – irányított beszélgetés és szemléltetés		P1 (Útmutató)
<b>I/b A Naprendszer belső arányai</b>					
A	A diákok 4-5 fős csoportokat alkotnak. Minden csoport megkapja a D1 feladatlapot. A csoporttagok a létszámnak megfelelően osztják el egymás között a számítási feladatokat: A számolást külön papíron végzik el, és a csoporton belüli egyeztetés után a csoport jegyzője kitölti a közös táblázatot. 10 perc	Együttműködés egy közös feladat megoldása érdekében  Tervezés Együttműködés	Csoportmunka–közös feladatmegoldás	D1 (Feladatlap) Írószerszámok	

	Tevékenységek – időmegjelöléssel	A tevékenység célja / fejlesztendő készségek	Munkaformák és módszerek	Eszközök/melléletek	
				Diák	Pedagógus
<b>I/c A távolságok modellezése</b>					
A	A csoportok a tanár irányításával ellenőrzik a D1 feladatlap megoldásait, majd a táblázat alapján minden csoport elkészíti a saját Naprendszer-modelljét. (Megoldó kulcs a P2 mellékletben.)  15 perc	Egyszerű szemléletes modell készítése  Pontosság Együttműködés	Frontális osztálymunka – tanári magyarázat Egyéni alkotómunka	A kitöltött D1 feladatlap  A P3 útmutatóban ajánlott kellékek	P2 (Megoldó kulcs)  P3 (Útmutató)
<b>II. ÚJ TARTALOM FELDOLGOZÁSA</b>					
<b>II/a Csillagászati kvízzjáték</b>					
A	(Itt kezdődik a második tanítási óra.) A diákok a korábban kialakult csoportokban dolgoznak tovább. A tanár feltesz egy kérdést a diákoknak. A csoportok megbeszélik a választ, és minden csoport elmondja a tippjét, végül a tanár irányításával értelmezik a helyes választ. Ezután áttérnek a következő kérdésre. A csapatok eredményét a tanár egy csomagolópapíron rögzíti.  35 perc	A gondolkodás fejlesztése meglepő kérdések segítségével  Koncentráció Logikus gondolkodás Együttműködés	Csoportmunka – kupactanács és csoportszóforgó  Frontális munka – tanári magyarázat	D2 (Kvíz-kártyák) Írószerszámok	P4 (Megoldó kulcs)  Csomagolópapír Vastag filctollak Ragasztógyurma

	Tevékenységek – időmegjelöléssel	A tevékenység célja / fejlesztendő készségek	Munkaformák és módszerek	Eszközök/mellékletek	
				Diák	Pedagógus
<b>II/b Az emberiség nagy kérdései</b>					
A	Minden tanuló megkapja a D3 feladatlapot, amelynek segítségével az emberiség néhány nagy kérdésére keresik a választ. Házi feladatként kapják a fogalmazások elkészítését. Aki akarja, rajzokat is készíthet a válaszokhoz. 10 perc	Személyes viszonyulás ösztönzése a lét néhány nagy kérdéséhez  Kreativitás	Egyéni munka – fogalmazás	D3 (Feladatlap) Írószerszámok	
<b>II/c Helyünk a világegyetemben</b>					
A	(Itt kezdődik a harmadik tanóra.) A korábbi csoportok összeülnek, és bemutatják egymásnak a D3 feladatlap írásos és/vagy rajzos megoldásait. A csoport választott szóvivője röviden beszámol az osztálynak az ötletekről. Ezekből a beszámolókból elindulva beszélgetnek tovább osztálykeretben a témáról, tanári irányítással. (Szempontok és ötletek a P5 mellékletben találhatóak.) 25 perc	Az ember világban való helyének mérlegelése  Önkifejezés	Kooperatív tanulás – szóforgó csoportmunkában  Frontális osztálymunka – beszélgetőkör	A kitöltött D3 feladatlapok	P5 (Útmutató)

	Tevékenységek – időmegjelöléssel	A tevékenység célja / fejlesztendő készségek	Munkaformák és módszerek	Eszközök/melléletek	
				Diák	Pedagógus
<b>III. AZ ÚJ TARTALOM ÖSSZEFOGLALÁSA, ELLENŐRZÉS ÉS ÉRTÉKELÉS</b>					
<b>III/a Egyéni értékelés</b>					
A	Mindenki kitölti a D4 értékelő lapot, amivel jelzi a foglalkozás tartalmához való viszonyát. 10 perc	Személyes összegzés Önreflexió	Egyéni munka – fogalmazás	D4 (Értékelő lap) Írószerek	
<b>III/b Záró beszélgetés</b>					
A	A diákok közösen értékelik a foglalkozás egészét, a D4 melléklet kérdéseinek felhasználásával. Végül jelzik, hogy ki az, aki szívesen olvasna még további csillagászati ismertetőket. Ezek a tanulók felírják egy lapra az e-mail címüket, és a tanár elektronikus formában elküldi nekik a P6 melléklet anyagát. 10 perc	A foglalkozás értékelése  Véleményalkotás Értékelés	Frontális munka – beszélgetőkör	Kitöltött D4 feladatlapok	P6 (Kiegészítő anyagok)

## TANÁRI SEGÉDLETEK

### P1 – Útmutató

#### Miniatürizált Naprendszer

A Naprendszer viszonylagos méreteinek áttekintéséhez a legjobb módszer az, ha egy erősen kicsinyített modellt képzelünk el. **Kicsinyítsük képzeletben ötmilliárdod részére a Naprendszert.** Ez azt jelenti, hogy a modell 20 centiméterre 1 000 000 kilométerrel lesz egyenlő a világban.

Ebben a modellben a **Nap** akkora lesz, mint egy **futball labda**, nagyjából 30 cm átmérőjű gömb. A **Föld** akkorának tűnik, mint egy **borsszem**, s mintegy 30 méterre kering a mini Nap körül. A Föld pályáján belül kering a **Vénusz** és a **Merkúr**, amelyek közül az első ugyancsak **borsszem** méretű, míg az utóbbi csak akkora mint egy **mustármag**. E két kis golyóbis 12, illetve 21 méterre kering a futball labdától. A **Mars**, amely nem sokkal nagyobb a Merkúrnál, majdnem 50 méterre kering a modellbeli Naptól. A legnagyobb bolygó, a **Jupiter** akkorának tűnik, mint egy **golflabda** (kb. 3 cm átmérőjű), és jó 150 méterre helyezkedik el a futball labdától. A **Szaturnusz** akkora, mint egy **jókora cseresznye**, híres gyűrűjével 300 méterre van a Naptól. A **megtermett borsószemhez hasonló Uránusz** és **Neptunusz** 600, illetve 900 méterre keringenek a középponttól. Végül a Plútó, amely ugyancsak mustármag méretű, 1,2 kilométerre esik a Naptól. Ne feledkezzünk meg a **kisbolygók** ról sem, amelyekből sok ezernyi kering a Mars és a Jupiter pályája között, **mint megannyi porszem**. A **Hold** amely egy újabb **mustármagocska**, csupán fél arasznyi sugarú pályán kering a Föld kö-

rül. Amikor erre a modellre, a **központi labda körül aránytalanul nagy távolságokban keringő piciny golyócskákra tekintünk**, önkéntelenül is felmerül bennünk a gondolat, milyen üres is a bolygórendszer. Ezek a távolságok tényleg óriásiak, de a Nap és más csillagok közöttiek még sokkal hatalmasabbak. Ha a modellünkön fel akarjuk tüntetni a legközelebbi fényes csillagot (amely egyébként az Alfa Centauri kettőscsillag, és a Proxima Centauri vörös törpe csillag), az körülbelül 8000 km távolságban lenne.

Kellékek:

- 1 db futball labda
- 4 db borsószem
- 4 db mustármag
- 1 db golflabda (esetleg ping-pong labda)
- 1 db cseresznye
- 30 m-es vagy hosszabb mérőszalag

A feladatot a tornateremben, az iskolaudvaron, foci pályán, egyéb nyílt terepen lehet jól elvégezni. A terep mérete meghatározza, hogy melyik bolygóig lehet a valóságban szemléltetni a távolságokat. Azoknak a bolygóknak a helyzetét, amik már nem férnek be az általunk használt térbe, a valóságos tereptárgyakhoz viszonyítva kell megállapítani (például: A Plútó a postánál, közeli benzinkútnál stb. lenne).

A kellékek természetesen bármilyen más, az arányokat jól szemléltető tárggyal is helyettesíthetők.

**P2 – Naprendszer feladatlap – megoldások****Az égitestek kicsinyített távolsága a Naprendszerben**

Bolygók, csillagok	A Naptól való táv.	Mérték- egység	Kicsinyített távolság	Mérték- egység
Merkúr	0,4	CSE	6	cm
Vénusz	0,7	CSE	11	cm
Föld	1,0	CSE	15	cm
Mars	1,5	CSE	23	cm
Jupiter	5,2	CSE	78	cm
Szaturnusz	9,5	CSE	143	cm
Uránusz	19,0	CSE	285	cm
Neptunusz	30,0	CSE	450	cm
Plútó	50,0	CSE	750	cm
Sedna közel	76,0	CSE	114	m
Sedna távol	1000,0	CSE	150	m
	1 fényév		9	km
Proxima Centauri	4,2	fényév	38	km
Cygni	11,0	fényév	99	km
Fiastyúk (Plejádok)	440,0	fényév	3960	km

**P3 – Naprendszermodell**

A modellt a Naprendszer feladatlap adatai alapján kell elkészíteni. Minden gyerek kap egy hosszú zsinórt (kb. 15 m), amelynek egyik végére kerül a Nap, a többi égitest pedig a táblázatban megadott távolságokra, a zsinórra rögzítve. A bolygók lehetnek egyszerű filccel beszínezett csomók, rákötött kis jelzőtáblák, illetve bármilyen a gyerekek által kitalált anyag (toboz, kavics, gombok stb.) Az a jó, ha mindenkinek más és más anyagokból készül el a modellje. Kiránduláskor, vagy táborigénykörnyezetben számtalan természetes anyag állhat a gyerekek rendelkezésére, osztálytermi környezetben azonban a tanár előre gondoskodjon, sokféle felhasználható anyagról.

Kellékek:

Valamilyen zsinór (a gyerekek száma  $\times$  15 m)

Rajzlapok

Színes papír

Filctollak

Ragasztó

Olló

Hurkapálcák

Bármilyen nagyobb mennyiségben meglévő anyag (például: gomb, üdítőskupak, csavaralátét stb.)

**P4 – Kvízkérdések–megoldások**

35 perc alatt nem lehet ennyi kérdésre válaszolni. Fontos, hogy a válaszokat jó alaposan beszéljük meg! A tanár döntse el, hogy 35 perc után lezárja a játékot, és rátér a következő feladatra, vagy kihagyja a következő feladatot (esetleg átcsoportosítja a modul hátralévő részét) és megpróbálják közösen megválaszolni az összes kérdést.

	Kérdés	Válasz
1	Tegyük fel, hogy minden 1 milliomodik csillaghoz tartozó, és annak is csak egyetlen bolygóján van élet. Akkor a Tejútrendszerben vannak-e rajtunk kívül élőlények? Hány helyen? (ez csak feltételezés)	10 000
2	Tegyük fel, hogy minden 1 milliomodik csillaghoz tartozó, és annak is csak egyetlen bolygóján van élet. Akkor az Univerzumban vannak-e rajtunk kívül élőlények? Hány helyen? (ez csak feltételezés)	$10^{13}$ (Milliószor milliárd)
3	Ha egy értelmes lény populáció 100 millió évente találkozik egy másik fajta értelmes lény populációval, a Tejútrendszerben hány találkozó jöhet létre ezerévente?	0,02
4	Ha egy értelmes lény populáció 100 millió évente találkozik egy másik fajta értelmes lény populációval, az Univerzumban hány találkozó jöhet létre ezerévente?	50 000 000
5	Tételezzük fel, hogy a Nap átlagos csillag és minden csillagnak 9-10 bolygója van. Minden ma élő ember kapjon egy bolygót ajándékba a Tejútrendszerben lévők közül. 6 milliárd emberrel számolva mennyi jutna fejenként?	150 db/fő
6	Tételezzük fel, hogy a Nap átlagos csillag és minden csillagnak 9-10 bolygója van. Minden ma élő ember kapjon egy bolygót ajándékba az Univerzumban lévők közül. 6 milliárd emberrel számolva mennyi jutna fejenként?	$1,5 \cdot 10^{12}$ (billió)
7	Michael Schumacher elhatározza, hogy annyit fog autózni egyhuzamban, amennyi a Nap-Föld távolság. Átlagban 300 km/órával halad majd, nem pihen egyáltalán, és óránként kétszer tankol és cserél gumikat 9 mp alatt. Mennyi időt tölt autózással, mennyit tankolással?	54,8 év menet, 100 nap tankolás
8	Michael Schumacher elhatározza, hogy annyit fog autózni egyhuzamban, amennyi a Nap-Föld távolság. Átlagban 300 km/órával halad majd, nem pihen egyáltalán, és óránként kétszer tankol és cserél gumikat 9 mp alatt. Hány gumit használ el az út alatt?	3 840 000 db gumi
9	Michael Schumacher az előző sikeren felbuzdulva elhatározza, hogy annyit fog autózni egyhuzamban, hogy kijusson a Naprendszerből. Átlagban 300 km/órával halad majd, nem pihen egyáltalán, és óránként kétszer tankol és cserél gumikat 9 mp alatt. Mennyi időt tölt autózással, mennyit tankolással?	3 600 000 év menet, 18 000 év tankolás



10	Michael Schumacher az előző sikeren felbuzdulva elhatározza, hogy annyit fog autózni egy-huzamban, hogy kijusson a Naprendszerből. Átlagban 300 km/órával halad majd, nem pihen egyáltalán, és óránként kétszer tankol és cserél gumikat 9 mp alatt. Hány gumit használ el az út alatt?	250 10 <sup>12</sup> (billió) db gumi
11	Ha a világmindenség általunk becsült méretére felfújunk egy lufit, amelynek a gumihéja 1/1000-ed része az átmérőjének, mekkora átmérőjű lufi férne el ebben a héjban?	15 millió fényév (elférne benne az egész galaxisunk, a Tejútrendszer)
12	Mekkora a világon ma a legkisebb működő motor, amit ember állított elő?	1 nm (a méter 1 milliárdod része)
13	Ha minden generációval az emberré válási folyamatban a faj 1 cm-rel lenne átlagosan magasabb, és a 100 millió évvel ezelőtt élt majom 90 cm magas volt, és egy generációváltást a majmoknál 10 évben állapítunk meg, ma milyen magasak lennének?	100 km
14	Egyetlen gramm hidrogén összes atomjának száma hogyan aránylik a világmindenség összes csillagához? Több annál, vagy kevesebb?	Hasonló nagyságrendű
15	Egy O <sub>2</sub> molekula 0 C fokon 461 métert repül másodpercenként (kb. 1700 km/óra), és minden másodpercben 3,5 milliárdszor ütközik. Hogyan érezzük ezt a jelenséget?	légnyomás

### *P5 – Az emberiség nagy kérdései* *Vezérfonal a beszélgetéshez*

#### 1. kérdés

Az emberiségnek lesz-e módja uralma, vagy befolyása alá hajtani az Univerzum más részeit is? Időben leszünk-e megfelelően fejlettek, ha a Földdel vagy környezetével történik valami olyan dolog, ami az életet lehetetlenné tenné, például el tudunk-e költözni másik bolygóra, mesterséges égitestre?

Mi kellene hozzá? Néhány példa:

1. Olyan energiaforrás, amelyik nagyméretű űrhajót sokáig el tud látni (fúziós erőmű, vagy más energiaforrás). A kifejlesztésének nagy a valószínűsége.

2. Élő szervezetek tartósítása, hibernálása, stb., egy távoli űrutazás elengedhetetlen feltétele.
3. Az összes létfeltétel mobilizálása és ciklikus újratermelése. Például levegő, tiszta víz, élelmiszerek, gyógyszerek stb.
4. A természetes hosszú távú szaporodás biztosítása és a biológiai körfolyamatok fenntartása egy űrutazás körülményei között.
5. A teljes tudományos apparátus „átmentése”. (számítógépek, könyvtárak, laboratóriumok stb.)

#### 2. kérdés

Léteznek-e rajtunk kívül értelmes lények, hol vannak, milyenek, hogyan lehetne velük kapcsolatba kerülni?

### Lehetséges vélekedések

1. Az értelmes lények keresésének az üteme hatványozottan fel fog gyorsulni. Egyre több és egyre változatosabb eszközt leszünk képesek készíteni a Földön kívüli élet keresésére.
2. A tér, amiben élünk nagyon nagy. Ha nagyon ritkán laknak az értelmes lények, akkor is nagyon sok lehet belőlük.
3. Az időtényező nagy szerepet játszott eddig mindenben, amit ismerünk: a csillagászatban, az élet kialakulásában, az evolúcióban és a tudományban is. Feltételezhető tehát, hogy ehhez is csak időre van szükség, de nem tudjuk, mennyire.
4. Elképzelhető, hogy azok az értelmes lények, akiket keresünk, szintén viszontkeresnek minket. Ez is optimizmusra adhat okot.
5. Ahogy megismertük a makro- és mikrovilágot, rájöttünk, hogy  $10^{-33}$  méter mérettől  $10^{23}$  kilométeres méretig terjeszkedhet az általunk ismert objektumok. Ez a 10 hatványaiban 56 egység. Nyugodtan kijelenthetjük, hogy egy ismeretlen értelmes lény méretben 6-8 hatvánnyal is nyugodtan eltérhet tőlünk, azaz lehet a mikrométeres tartományban (mikroszkóppal tudnánk vele beszélgetni), vagy lehet több tízezer km magas vagy széles, és a Föld foci labda volna a számára. Kicsit félnénk ettől a találkozástól.
6. Ha a saját földi létünkben indulunk ki, rosszindulatból, ellenséges érzületekből, gonoszságból nincs hiány. Joggal feltételezhetjük, hogy az első értelmes lény, aki utunkba kerül, szintén küzdhet a saját fajtájában hasonló gondokkal.

### P6

#### *Csillagászati útravaló*

Ha még van kedvetek a témával foglalkozni, olvassátok el a következő, internetről gyűjtött anyagokat!

### A legtávolabbi galaxis

Egy nemzetközi csillagász csoport tagjai felfedezték az univerzum eddigi legtávolabbi galaxisát és a technikai eszközökön kívül munkájukat nagyban segítette a csillagászat atyja, Albert Einstein által felfedezett gravitációs lencsehatás. A természetes gravitációs lencsehatás teszi lehetővé, hogy a csillagászok óriás távcsövekkel olyan távoli és halvány objektumokat is felkutassanak, amelyek másként észlelhetetlenek lennének. A felfedezés óriási jelentőséggel bír, ugyanis a Naptól mintegy 13 milliárd fényévnnyire elhelyezkedő fiatal galaxist vizsgálva, a kutatók az ősrobbanást (nagy bumm) követő 750 millió éves múltba tekinthettek vissza. Azonosításához egyesítették a NASA, az Európai Űrügynökség (ESA), a Hubble Űrteleszkóp és a Hawaii Mauna Keán felépített 10 méteres Keck iker teleszkóppár erejét. A rendkívül halvány galaxis olyan távol van, hogy látható fénye átnyúlik az infravörös tartományba, így megfigyelése csak az alábbi módszerrel volt lehetséges. Mivel a galaxisról érkező fénysugarak a közbenső, – több ezer tagból álló – Abell 2218 galaxis-halmazon keresztül jutnak el hozzánk, annak hatalmas tömegvonzása nagyjátékosan elhajította azokat, ezzel felerősítette a háttérben található galaxis képét és fényességét. A kapott eredmények jelentősen módosíthatják az ősrobbanásról megszerzett eddigi ismereteinket, ugyanis a galaxis, 13 milliárd év előtti fiatal múltjába tekinthetünk vissza, amikor az ősrobbanás után a molekuláris hidrogénből kialakultak az első galaxisok és létrejött a ma is látható univerzum. A felfedezés arra utal, hogy egymilliárd évvel a nagy bumm után már elkezdődött a galaxisok kialakulása. A kutatók szerint az új, 2000 fényév átmérőjű galaxis ugyan nagyon kicsi, ennek ellenére gázfelhőiben csillakeletkezés folyik. A mi galaxisunkat (Tejútrendszer) már kevesebb hidrogénfelhő uralja, de arra bőven elég, hogy évmilliárdokig folyamatosan keletkeznek belőlük az újszülött csillagok.

(Forrás: <http://dunaujvaros.mcse.hu/>)

### A Tejútrendszer

Tejútrendszerünk életkorát nehéz megállapítani, jelenlegi becsléseink arra utalnak, hogy 10-16 milliárd éves lehet (az utóbbi érték a valószínűbb). Őse egy közel gömb alakú felhő volt, az elsőként keletkezett csillagok ezt az ősi, közel gömb formát őrizték meg – ezek a halo csillagai. Az anyag összehúzódása nem lehetett teljesen homogén, zsugorodása során valószínűleg nagyobb anyagcsomók is keletkeztek benne, ezekből alakulhattak ki a gömbhalmazok. Azok a kisebb anyagcsomók pedig, amelyek az ősi felhők külső területén jöttek létre, elszakadhattak galaxisunktól, és törpe galaxisok formájában önállóan élhettek tovább. Így alakulhatott ki néhány a Tejútrendszerünk jelenlegi kísérői közül. Gömbhalmazok egyébként nemcsak a protogalaxis összehúzódó anyagából jöhetnek létre, hanem a galaxisközi térből behulló és összenyomódó felhőkből is. Erre utalnak például a retrográd, azaz a Tejútrendszer általános forgási irányával ellentétes irányba keringő gömbhalmazok. Az összehúzódás során természetesen a középpontban, a későbbi magban lett a legnagyobb az anyagsűrűség, itt rendkívül sok csillag keletkezett. Elsőként tehát a mag és a halo objektumai alakultak ki, ezeket szokták a II. populációba sorolni. A Tejútrendszer életének korai szakaszában heves volt a csillagkeletkezés, a sok nagytömegű csillag szupernóva robbanása feldúsította a csillagközi anyagot nehezebb elemekkel. A fémtartalom növekedése rendkívül gyors volt, 100-1000-szeresére nőtt az első 1-2 milliárd év alatt, ami a halo csillagainak és a korong első csillagainak kialakulása között eltelt. A korong létrejötte után a fémtartalom már sokkal mérsékeltebben, lassabb ütemben növekedett és növekszik még ma is. A halo anyagban elszegényedett, így ott ma már nem keletkeznek csillagok, ezzel ellentétben a fősík napjainkban is heves csillagkeletkezés színhelye. Az itt lévő égitesteket I. populációs objektumoknak nevezzük.

A csillagok nem egyenletesen elszórva találhatók a Világegyetemben, hanem hatalmas formációkba csoportosulnak, amelyeket

relatíve üres térségek választanak el egymástól. Az ilyen csillagcsoportosulásokat nevezzük galaxisoknak, ezek tagjai nemcsak térben, hanem származásukat tekintve is egységet alkotnak. A galaxisokat tagjaik egymásra kifejtett gravitációs vonzóereje tartja össze. Minden egyes csillag önálló pályán kering a galaxis középpontja körül. (A csillagok mozgásának kiszámítása nem könnyű feladat, mivel nemcsak a galaxis centrumának gravitációs ereje hat rájuk, hanem a környezetükben lévő többi csillag és egyéb objektumok is.) Azt a galaxist, amelynek a mi Napunk is tagja, Tejútrendszernek nevezzük. Ez típusát tekintve spirális galaxis, kora nagyságrendileg 14-16 milliárd év. (Egyelőre nem tudjuk megállapítani, hogy horgas vagy normális spirális galaxis-e.)

25 000 fényévnnyi távolságon, a közbeeső porfelhőkön és milliárdnyi csillagon áthatolva a Hubble-úrtávcső az eddigi legélesebb látványt nyújtotta a galaxisunk középpontja melletti legnagyobb fiatal csillaghalmazokról. A halmazok a középponttól kevesebb mint 100 fényévnnyi távolságra helyezkednek el, és rendkívüli túlsúlyban vannak bennük a nagytömegű csillagok. Tanulmányozásuk új távlatokat nyithat a nagy csillaghalmazok kialakulásának megértésében. A Hubble képei megerősítik azt az egyre terjedő nézetet, mely szerint a galaxismag környéke igen különleges hely, ahol egészen eltérő körülmények között alakulnak ki a csillagok. A mag környékén állandó és heves csillagképződés zajlik, amint a molekuláris hidrogén és a poranyag tömegei a központi objektum gravitációjának hatására összesűrűsödnek. A képeken az Arches és a Quintuplet nevű halmazokat figyelhetjük meg, amelyek kora 2, illetve 4 millió év. Jól látható, hogy az idősebb halmaz már jóval szétszórtabb, és a szélén vöröses színű, szupernova-robbanás előtti állapotban lévő óriások vannak. Néhány millió év múlva mindkét halmaz teljesen szétszakad a galaxismag által keltett árapály-erőknek köszönhetően. Rövid életük alatt azonban ragyogóbban fénylenek, mint bármely más csillaghalmaz a Galaxisban. E gigászi halmazokban több mint 10 ezer naptömegnyi anyag koncentrálódik,

s ezzel 10-szer nehezebbek, mint egy tipikus fiatal csillaghalmaz. A tömörebb Arches halmaz olyan sűrű, hogy kb. 100 ezernyi csillaga egy 4 fényév átmérőjű térrészben koncentrálódik. Ez nem sokkal kisebb távolság, mint ami a Nap és a legközelebbi csillag, a Proxima Centauri között van. A Tejútrendszer minden 10 millió csillagából csak egynek a fényessége éri el a halmazban lévő nagytömegű csillagok fényességét. Ez azt sugallja, hogy a Tejútrendszer középpontjában fennálló szélsőséges körülmények a nagy tömegű csillagok kialakulásának kedveznek. A halmazban legalább egy tucat csillag százszor nehezebb a Napnál. Mindkét halmaz úgy alakult ki, hogy egy hatalmas csillagközi por- és gázfelhő összeomlott és összesűrűsödött. A nagy tömegű csillagok mellett azonban – a magas hőmérsékletnek, az intenzív mágneses mezőknek és az anyagban keletkező örvényléseknek köszönhetően – a Napnál kisebb tömegű csillagok sokasága is kialakulhatott.

Érdeemes megjegyezni, hogy kölcsönható galaxis. Tejútrendszerünkben a látható anyag tömege nagyságrendileg  $10^{11}$  naptömeg, míg a láthatatlan anyag mennyisége ennek kb. 10-szerese. 100-200 milliárd csillagot tartalmaz, melyek eloszlása nem egyenletes. Ezek csoportosulásai alapján ismerkedhetünk meg a Tejútrendszer fő szerkezeti egységeivel.

A korona nevű tartomány galaxisunk legutóbb felfedezett és legnagyobb kiterjedésű képződménye, átmérője 0,5-1 millió fényév. Érdekessége, hogy a benne lévő anyagot eddig még nem sikerült közvetlenül megfigyelni, mivel láthatatlan tömeg alkotja, nem bocsát ki észlelhető sugárzást. Sűrűsége kicsi, de hatalmas térfogata lévén tömege kb. 10-szerese galaxisunk látható részének – tehát ez alkotja a Tejútrendszer tömegének közel 90%-át. Jelenlétét csak gravitációs hatása révén lehet kimutatni. Amennyiben a centrumtól távolodva megmérjük a csillagok keringési sebességét, azt találjuk, hogy egy bizonyos távolság után az nem a Kepler-törvényeknek megfelelően változik. A keringési sebességük alig csökken, sőt időnként még növekszik is – ami nagymennyiségű nem látható tömeg jelenlétére utal.

FUSE felvétele a Tejútrendszert övező közel gömb alakú térrészről, az ún. halo gázanyagáról: az eddigi adatok alapján a gáz 0,5 millió K hőmérsékletű, s valószínűleg szupernóva-robbanások ezrei fűtötték fel.

A halo létezéséről már jó ideje tudtak a csillagászok, de nem voltak biztosak benne, forró-e valójában, illetve mitől fűtődött fel és mitől maradt ilyen magas hőmérsékletű. Egyesek azt gondolják, hogy a fiatal csillagok heves ultraibolya sugárzása a felelős a folyamatért. A FUSE megfigyelései viszont nagy mennyiségű ötszörösen ionizált oxigéniont mutattak ki a gázanyagban, amelyet csak szupernóvával lehet magyarázni.

Más galaxisok hasonló jellegű megfigyelései összehasonlítási alapot adhatnak a szupernóvák mennyiségére, így a bennük zajló csillagfejlődés ütemére és történetére.

A halo enyhén lapult ellipszoid alakú térrész, átmérője 150–200 ezer fényév körüli. Ritkán található benne csillagok, azoknak is a többsége gömbhalmazokba csoportosul. Kis fémtartalmú, idős csillagokból áll, melyek eloszlása gömbszimmetrikus, mivel az ősi galaxis anyagának eloszlása is gömbszimmetrikus volt, amikor ezek a csillagok elsőként kialakultak. A centrum felé sűrűsödnek a csillagok és a gömbhalmazok, valamint a központ felé haladva egyre fiatalabb égitesteket találunk. Az objektumok pályája elnyúlt, nagy pályahajlású.

A fősík (szimmetriasík) Tejútrendszerünk forgássíkja, ebben a térrészben található galaxisunk látható tömegének legnagyobb része. Átmérője 100 ezer, vastagsága néhány ezer fényév körüli. Annak az ősi felhőnek az impulzusmomentumát, perdületét őrizheti, amelyből a Tejútrendszer kialakult. Az itt található csillagoknak nagyobb a fémtartalma a halo csillagaihoz képest, azaz idősebbek azoknál, később alakultak ki. A látható anyag nagy része csillagok, 5-10%-a csillagközi anyag formájában van jelen a fősíkban, ennek a gázrétegnek a vastagsága 500–800 fényév. (A korongban lévő láthatatlan anyag tömege kb. 2-szerese a láthatónak.) Az égitestek pályája csak kismértékben elnyúlt és kis pályahajlású.



Tejútrendszerünk spirális galaxis, kettő vagy négy fő kart tartalmaz, a spirálkarok a fősíokban találhatóak. Ezek a sávok valamivel sűrűbbek a korong többi részénél, azonban nem nagy tömegűk, hanem a bennük lévő fényes csillagok és az ezekhez tartozó községek (II régiók) miatt feltűnők. A fősík differenciálisan rotál (a galaxisunk centrumától távolabb lévő égitesteknek hosszabb idő kell egy keringéshez, mint a közelebbieknek), így ha a spirálkarok egyszerű anyagcsövek lennének, néhány fordulat után felcsavarodnának, széteszlanának. (A spirálkarok merevtestszerűen keringenek, 200–250 millió év a körülfordulási idejük, vastagságuk a fősíkkal párhuzamosan 1000–6000 fényév.) Ezt a problémát úgy kerülhetjük meg, ha feltételezzük, hogy a karok anyaga nem állandó, hanem folyamatosan változik. Eszerint olyan önfenntartó sűrűség-hullámoknak kell tekinteni őket, amelyek helyi maximuma látható a fénylő karként. (A spirálkarok mozgása így egy tő felszínén terjedő hullámhoz hasonlítható – a hullám gyorsan tova terjed, a víz mégis egyhelyben marad. Bizonyos értelemben úgy is fogalmazhatunk, hogy a csillagok a spirálkarokban intersztelláris „dugóba” kerülnek. A jelenségre a következő hasonlat képzelhető el: repülőgépről nézzük az éjszakai autópályát, melyen egyenletesen haladnak a kivilágított járművek. Van azonban néhány lassú teherautó is, amely feltartja a forgalmat. Ezek közelében megnő az autók sűrűsége, mivel idő kell ahhoz, hogy megelőzzék a teherautókat. Ilyenkor ezt a területet a repülőgépről egy sűrűbb és állandónak látszó tartományként figyelhetjük meg, ahol az autólámpák feltorlódnak – holott annak anyaga, azaz az autók folyamatosan cserélődnek.)

A karokban mintegy 10%-kal megnő az anyagsűrűség a korong többi részéhez képest, a rajtuk áthaladó objektumok sebessége a karok belsejében lassabb, mint azokon kívül. A kissé összesűrűsödő gázanyagban a lassulás hatására lökéshullámok képződnek, így a körülmények kedveznek a csillagok keletkezésének.

A lapult, ellipszoid alakú mag átmérője 10–20 ezer fényév, vastagsága 4–6 ezer fényév. Itt található a Tejútrendszer látható töme-

gének kb. egytizede. A csillagok sűrűsége a magban erősen növekszik a centrum felé haladva. Míg a Nap környezetében, a fősíokban a látható anyag 90-95%-a esik a csillagokra, és 5-10% a csillagközi anyagra, addig a magban az intersztelláris anyag aránya kevesebb 1%-nál. Atomos formában lévő gázt alig találni a térségben, viszont sok molekulafelhő figyelhető meg. A centrum körül egy semleges hidrogénből álló forgó korong van, mely befelé haladva egyre vékonyodik, és mozgása gyorsul. A középpontban egy 8 Cs.E.-nél kisebb átmérőjű sugárforrás helyezkedik el, ennek centrumában valószínűleg egy néhány millió naptömegű fekete lyuk található. Ez egy gigantikus lefolyó mintájára szívja magába az anyagot, amely egyre nagyobb sebességgel spirálozik befelé, miközben felhevül, és erősen sugározni kezd. A fekete lyuk évente  $10^{-5}$  –  $10^{-6}$  naptömegnyi anyagot nyelhet el. Az anyagbehullás valószínűleg nem egyenletes, az alkalmanként előforduló nagyobb energia felszabadulások robbanásokat okoznak - ezek hozhatják létre a centrumból nagy sebességgel kifelé haladó felhőket.

A csillagközi (intersztelláris) anyag Tejútrendszerünk látható tömegének 5-10%-át alkotja. Két összetevőre bontható: csillagközi gázra és csillagközi porra, mindkettő a fősíokban koncentrálódik. A gázanyag átlagos sűrűsége a fősíokban  $10^{-24}$  g/cm<sup>3</sup>, azaz cm<sup>3</sup>-enként átlagosan 1 atom található benne. Az anyag nagy felhőkre, és azokat elválasztó ritkább régiókra bomlik, ahol a sűrűség kb. egytizede a felhőkének. Háromféle állapotban lehet a gáz: ionizált, atomos vagy molekuláris formában. A nagytömegű csillagok erős ultraibolya sugárzásuk révén ionizálják a környezetükben lévő anyagot. Ezeket az ionizált zónákat II területeknek nevezzük, itt a hőmérséklet 10 ezer K körüli. Az ilyen ionizált buborékok anyagát és a környezetükben lévő, még nem ionizált anyagot elválasztó határvonal az ionizációs front. Ezek a határok kifelé tágnak a térben, és összenyomják maguk előtt az anyagot. Ha sűrűbb felhőnek ütköznek, esetleg megkerülik, „körülfolyják” azt, ilyenkor jönnek létre az elefántormányoknak nevezett hosszúkás képződmények.

Ezek le is fűződhetnek, ekkor már globuláknak hívjuk őket, fontos szerepet játszanak a csillagkeletkezésben. Ionizált régiókat, ködöket hozhatnak létre még a szupernóva robbanások, illetve a vörös óriások is, burok ledobásával. Amennyiben a gázanyagot nem ionizálja sugárzás, akkor sötét felhőként figyelhető meg a csillagos háttér előtt. A semleges hidrogénfelhők 0,1–1000 naptömeg közöttiek, sűrűségük átlagosan  $50 \text{ atom/cm}^3$ , hőmérsékletük 80 K körüli. Az ezeknél nagyobb, sűrűbb és hidegebb felhők a molekulafelhők, a csillagközi anyagnak mintegy fele ilyen felhők formájában található. Molekulák csak olyan sűrű felhőkben alakulhatnak ki, ahol a felhő külső rétegei elnyelik a csillagok ionizáló sugárzását. A molekulafelhők belsejében az anyagsűrűség  $100 \text{ atom/cm}^3$  feletti, tömegük általában 100 ezer naptömegnél nagyobb, méretük átlagosan 100–150 fényév, hőmérsékletük mindössze 10 K körüli. A legnagyobb molekulafelhők tömege a több millió naptömeget is elérheti, ezek Tejútrendszerünk legnagyobb tömegű objektumai. Sok figyelhető meg belőlük egy hatalmas gyűrű mentén, amely mintegy 15 ezer fényév távolságra veszi körül a galaxis centrumát. Ez a spirálkarokkal együtt a Tejútrendszer legaktívabb régióját alkotja csillagkeletkezés szempontjából. Sok molekulafelhővel kapcsolatos fiatal asszociáció található itt, ionizált csillagközi felhőkkel együtt. Napjainkra már közel 100 csillagközi molekulát ismerünk.

A fiatal csillagok intenzív ultraibolya sugárzása elpusztítja a környező csillagkeletkezési területeket a Tejútrendszer egyik régiójában.

A por 1-2%-át alkotja a csillagközi anyagnak, szemcséinek átlagos mérete 0,1 mikrométer, a poranyag átlagos sűrűsége  $10^{-26} \text{ g/cm}^3$  a fősíkban. A port kétféle módon lehet megfigyelni. Egyrészt sötét ködökként, amint csökkentik a távolabbi csillagok fényét, illetve kioltják azt – valamint világító reflexiós ködökként, amikor egy vagy több közeli csillag fényét verik vissza.

A porködökkel kapcsolatban hasonló jelenség figyelhető meg, mint amit már a légköri fényszóródásnál megismertünk. A reflexiós ködök kékes színűek, mivel a rövidebb hullámhosszú fényt jobban verik vissza. (Légkörünk esetén ugyanezért látszik kéknek az égbolt.) Az intersztelláris elvörösödés jelensége is ugyanennek következtében jön létre: a por kiszórja a kék színt, és a csillagokról érkező fény a vörös felé tolódik. (Légkörünkben emiatt látjuk vörösnek a felkelő vagy lenyugvó Napot.) A szemcsék anyaga főleg grafitból, fagyott gázokból, szilikátokból áll, valószínűleg hideg csillaglégkörökben, ledobott gázhéjakban alakulnak ki.

(Forrás: [www.babylon5.hu/tech/tejut-main.html](http://www.babylon5.hu/tech/tejut-main.html))

