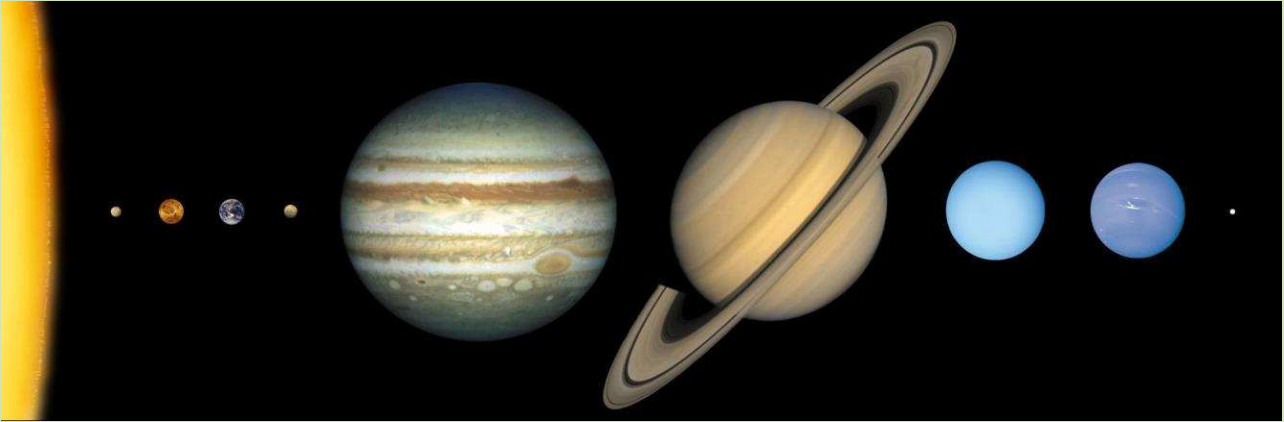


# A belső Naprendszer

# Naprendszer



A Naprendszer a Nap gravitációja által egyben tartott bolygórendszer, egyike a Tejútrendszer sok milliárd csillagrendszerének, a galaxis közepe és pereme között hozzávetőleg félúton helyezkedik el. A Naprendszer határa a Naptól számított 8-10 billió km (kb. 1 fényév<sup>◊</sup>).

Központi csillagunk hozzávetőleg 4,6 milliárd évvel ezelőtt alakult ki egy hatalmas gázfelhő gravitációs összehúzódása nyomán. Nem sokkal később a csillagkeletkezésnél visszamaradt, a Nap egyenlítői síkjában lapos korongba rendeződött anyagból, kialakultak az első kisbolygók, majd bolygók.

## **TÁVOLSÁG SZERINTI SZERKEZET**

A Naprendszert két elég jól elkülönülő részre osztjuk, amely osztályozás a két részben található égitestek fizikai tulajdonságai alapján történik. A belső naprendszer a kőzetbolygók birodalma, kevés égitesttel, köztük a Földdel, a külső naprendszer pedig az óriásbolygók, a rengeteg hold hazája, az üstökösök szülőhelye.

## **BELSŐ NAPRENDSZER**

A Belső Naprendszer egy viszonylag kis térrész, a Naptól, mint központi égitesttől a fő aszteroidaöv külső széléig terjedő tartomány. Az itt keringő objektumok szilárd kérgé megőrizte a Naprendszer történetének kezdeti idejének folyamatait, így tanulmányozásukkal sikerült modellezni a keletkezéstörténet állomásait, a rendszer evolúcióját. A belső naprendszer meghatározó égitestjei a négy kőzetbolygó és azok három holdja, ezeken kívül csak a változatos pályákon keringő aszteroidák találhatók meg itt.

## **KÜLSŐ NAPRENDSZER**

A Külső Naprendszer a gázbolygók és az üstökösök birodalma. Itt is négy bolygó a meghatározó égitesttípus, amelyek azonban összehasonlíthatatlanul nagyobbak, mint a kőzetbolygók és összehasonlíthatatlanul nagyobb hatással vannak a naprendszerbeli kisebb égitestekre, mint a belső naprendszer bolygói. A gázóriások körül tucatjával keringenek a holdak – általában befogott aszteroidák – megmutatva, hogy a Naprendszer még kijebb eső részei felől milyen sok égitest érkezik, illetve hogyan óvják meg a nagybolygók a belső naprendszert a kozmikus bombázástól.

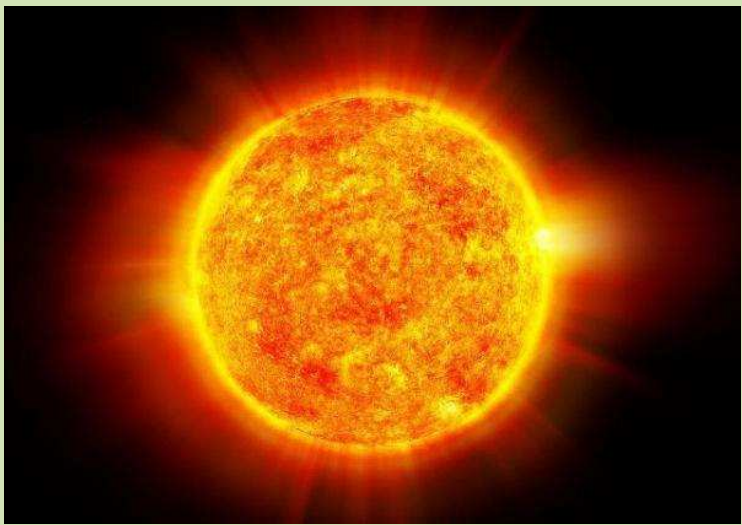
<sup>◊</sup> A fényév az a távolság, amelyet a fény egy év alatt megtesz. A Naptól kb. 8 perc alatt ér a Földre a fény.

# Nap

A Nap az Univerzum ma ismert korának kétharmadánál született, harmadik generációs csillag. A ma legelfogadottabbnak tekintett keletkezési modell szerint Napunk születési helye egy molekulafelhő volt, egy gázzal és kozmikus porral teli, instabil térség, amelyben valamilyen okból – a legvalószínűbb forgatókönyv szerint egy közeli szupernóva robbanásának hatására – felborult az egyensúly, és egy Naprendszer méretű anyagcsomó a saját tömegétől összeomlott; az anyag elkezdett összehúzódni egész addig, míg létre nem jött belőle a proto-Nap. A csillagkezdemény anyaga még tovább sűrűsödött, majd néhány millió év alatt beindult a belsejében a magfúzió és megszületett a Nap. A beinduló magfúzió hatására a napszél is elkezdte áramlását és kifújta a maradék gázt a Nap környezetéből. Kezdetben csillagunk gyorsan forgott a saját tengelye körül, később azonban lassult a forgás. A Nap sugárzása is fejlődést mutat, születésekor a mainak mintegy 70%-a volt a kibocsátott sugárzás mértéke, amely milliárd éves időskálán folyamatosan növekszik, amíg csillagunk ún. fősorozati csillag marad. A Nap az életpályája során a legtöbb időt a fősorozatban tölti el, ez csillagunk életpályájának aktív részét jelenti, amíg a hidrogénkészletét a magfúziós folyamatok héliummá alakítják, modellszámítások szerint ennek a szakasznak a felénél tartunk napjainkban. Az elkövetkező 1 milliárd évben a Nap fényessége és külső hőmérséklete tovább növekszik.

A Nap nagyjából 10 milliárd éves koráig marad a fősorozatban, ekkor kifogy a hidrogénkészlete és átmegy a vörös óriás fázisba. Ebben a fázisban beindul a

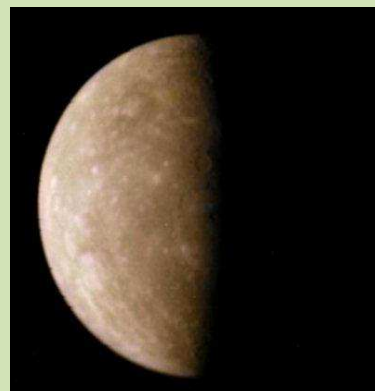
héliumfúzió – a hélium széné alakulása –, ami megtízszerezi a mag hőmérsékletét, ezzel a sugárnyomást is, így a gravitáció és a belső nyomás egyensúlya felborul az utóbbi javára, ez felfújja a csillagot (modellszámítások szerint a Föld mai pályáján, 1 csillagászati egységen túlra), miközben a felszíni hőmérséklete lecsökken. A felfúvódás során tömegének egy jelentős részét – számítások szerint 30%-át – is elveszti. A héliumégető fázis az egész élettartam ezredrészét teheti ki, néhány tízmillió évig tart. Mikor a héliumkészlet széné (és oxigéné) alakul, a Nap ledobja külső héját, amely egy távoli megfigyelő számára planetáris ködöt alkotva. A visszamaradt mag fehér törpeként él tovább. Fehér törpe állapotban a Nap rendkívül kicsivé fog összehúzódni (nagyjából Föld méretűvé) és fényessé válik, belső energiatermelő folyamat azonban nem zajlik benne majd tovább. Csillagunk a benne akkumulálódott hőt fogja kisugározni és nagyon lassan kihűl. A Nap életpályájának a fősorozatban töltött idejéhez mérhetően hosszú, de jelenlegi ismereteink szerint még nehezen meghatározható fázisába lép ekkor, a csillag lehűlése egészen a fekete törpe állapotig tart majd.



1. Központi csillagunk - a Nap

## Merkúr

Tömege a Földéhez viszonyítva:	0,055
Átmérője (km):	4864
A Földéhez viszonyítva:	0,38
Forgási ideje:	58,65 d
Keringési ideje:	87,97 d
Felszíni középhőmérséklete (°C):	-185-től +430-ig
Holdjainak száma:	0



A Merkúr a Naprendszernek a Naphoz legközelebb keringő, és a Plútó törpebolygóvá minősítése óta legkisebb bolygója. Átmérője a Földének 40%-át sem éri el, így néhány, az óriásbolygók körül keringő hold is nagyobb nála, tömege a Föld tömegének 5,5%-át teszi ki. Elliptikus pályájának perihéliuma (napközelpontja) 46 millió km, aphéliuma közel 70 millió km, ezzel a legexcentrikusabb pályát tudhatja magáénak az összes bolygó között. Átlagos naptávolsága 0,39 CsE, egy Nap körüli fordulatot 88 földi nap alatt tesz meg, sebessége a bolygók közül a leggyorsabb, majdnem 50 km/s. A Merkúr pályája nem pontosan a Nap egyenlítői síkjába esik, attól 7°-kal elhajlik, ezért a bolygó áthaladása a napkorong előtt ritka természeti jelenség, évszázadonként csak 13 alkalommal figyelhető meg. Korábban feltételezték, hogy a bolygónak mindig ugyanaz az oldala néz a Nap felé, de 1965-ben kimutatták, hogy minden két keringés alatt háromszor megfordul a tengelye körül.

A legkisebb bolygó belső szerkezete mélységi differenciálódást mutat, az egyes belső rétegek aránya azonban teljesen más a többi kőzetbolygóhoz képest. Legfőbb különlegesség az aránytalanul nagy vasmag, amely a bolygó átmérőjének közel 75%-át teszi ki és amely miatt viszonylag gyenge, de állandó mágneses mező veszi körül a Merkúrt. A bolygó felszíne leginkább a Holdhoz hasonlatos, kráter lyuggatta száraz, poros, erősen tagolt domborzatú területek alkotják. A felszíni átlagos hőmérséklet 169,5 °C, amely azonban nagyon tág határok között változik: a nappali oldalon elérheti a 430 °C-ot, ám mivel légkör híján nem képes megtartani a hőt, éjszakára akár -170 °C-ra is zuhanhat a hőmérséklet a sarki vidékek hosszú ideig megvilágítatlan krátereinek mélyén.

A bolygónak állandó légköre nincsen, csupán exoszférája, ami a napszél és a becsapódó meteoroidok hatására a felszínből kilökött atomokból áll. A légkör hiánya miatt nincsen szél okozta erózió, és a meteoroidok sem égnek el, mielőtt a felszínbe csapódnak.

# Vénusz

Tömege a Földéhez viszonyítva:	0,82
Átmérője (km):	12 103
A Földéhez viszonyítva:	0,95
Forgási ideje:	243,16 d.R
Keringési ideje:	224,7 d
Felszíni középhőmérséklete (°C):	464
Holdjainak száma:	0



A népnyelvben Esthajnalcsillagnak nevezett Vénusz a Naptól számított második bolygó. Tömege, összetétele és mérete a Földéhez hasonló, emiatt sokszor nevezik bolygónk ikertestvérének. Egy vénuszi év 224,65 földi napig tart. A bolygó saját tengelye körül 243 nap alatt tesz meg egy fordulatot, ráadásul retrográd irányban, a többi bolygóhoz képest ellentétes forgással. A rendkívül lassú, ellentétes forgás valószínűleg egy kozmikus ütközés eredménye, amely „feje tetejére állította” a bolygót. A tengelyferdeség  $177,1^\circ$ -ra adódik (azaz fejjel lefelé áll a bolygó, így látszólag ellentétes a forgása). A Merkúrénál jóval ritkábban, de a Vénusznál is megfigyelhető a Nap előtti átvonulás jelensége. 120 évenként egy páros átvonulás figyelhető meg, ahol a két átvonulás között 8 év telik el.

Belső szerkezetéről még nem állnak rendelkezésre közvetlen megfigyelések, ám a Földéhez hasonló méret és sűrűség arra enged következtetni, hogy a bolygó belső szerkezete hasonló a Földhöz. Mindezek ellenére a felszínen nincs nyoma lemeztektonikának. Másik fő különbség a mágneses tér hiánya. A bolygó felszínének hozzávetőleg 80 százalékát síkságok foglalják el, két nagyobb, a síkságból kiemelkedő „kontinens” található rajta, az Ishtar Terra és az Aphrodite Terra. A felszín nagy része vulkanikus tevékenység nyomait viseli magán, kráter viszonylag kevés van rajta, amely elsősorban a sűrű légkörnek köszönhető, amelyben a meteorok többsége elég, és nem éri el a felszínt.

A Vénusz legnagyobb különlegessége a légköre. A bolygón extrém módon sűrű légkör alakult ki, tömege a földi atmoszféra tömegének 93-szorosát teszi ki, a felszínen olyan hatalmas nyomás uralkodik, mint a Földi óceánok 1 kilométeres mélységében. A légkör 96,5%-ban szén-dioxidból áll, a maradék 3,5% pedig nitrogén, illetve nyomokban kén-dioxid, argon, vízpára, szén-monoxid és egyéb gázok alkotják. A bolygót kénsavtartalmú, vastag, gyorsan mozgó felhőzet borítja, amely lehetetlenné teszi a felszín közvetlen vizuális megfigyelését. Mivel ez a felhőzet jelentős mennyiségben veri vissza a napfényt, a Vénusz rendszerint az éjszakai égbolton a legfényesebbnek látszó bolygó. Az atmoszféra ilyen alakulása a fékezhetetlen üvegházhatás következménye. Modellszámítások szerint egykor a Vénuszon is számottevő mennyiségű folyékony víz volt, amelyet a vulkáni aktivitás nagy mennyiségben párologtatott a légkörbe, ami ott üvegház gázként funkcionálva tovább emelte a globális hőmérsékletet. A légkör így csapdába ejti a Nap hőjét, ezért a felszín hőmérséklete elérheti a  $470^\circ\text{C}$ -ot is, melegebbet, mint a négyszer több napsugárzást kapó Merkúr felszínén mérhető. A bolygón uralkodó hőmérséklet egységes, akár az egyenlítőnél, akár a sarkokon mérjük.

# Föld

Tömege a Földéhez viszonyítva:	1
Átmérője (km):	12 756
A Földéhez viszonyítva:	1
Forgási ideje:	23,93 h
Keringési ideje:	365,25636 d
Felszíni középhőmérséklete (°C):	15
Holdjainak száma:	1



A Föld a Naptól számított harmadik bolygó, a Naprendszer ötödik legnagyobb bolygója, mind átmérőjét, mind tömegét, mind sűrűségét tekintve, valamint méreteit illetően a legnagyobb kőzetbolygónak is számít, bár átmérője csak 644 kilométerrel, tömege is csupán 25%-kal nagyobb, mint a Vénuszé. Keringési adatai sok tekintetben mérési etalonnak számítanak: 1 nap megegyezik a bolygó egy saját tengelye körüli fordulattal; 1 év – némi korrekcióval – megegyezik egy Nap körül megtett fordulattal; 1 csillagászati egység megegyezik a bolygó átlagos naptávolságával. Nap körüli pályája közel kör alakú, perihéliuma 147, aphéliuma 152 millió kilométer, pontos keringési ideje 365,24 nap. A Föld forgástengelye megdőlt, 23,4 fokot zár be az ekliptika síkjával, ez a jelenség az évszakok kialakulásának okozója.

Bolygónk neve nem valamilyen istenről kapta nevét, mint a többi bolygó, bár a történelem előtti időkben, majd az ókorban is főként nőnemű istenként tisztelték (Földanya). A Föld neve a legtöbb nyelvben a talaj kifejezéssel szinonim.

Alakja közel gömb, egyenlítői átmérője mindössze 42,6 kilométerrel nagyobb, mint a sarki átmérője, e kismértékű lapultság okán formáját geoid formának nevezzük. A bolygó teste mélységében öt részre tagozódik: egy szilárd vas–nikkel belső magra, a belső magot körülvevő, folyékony szintén vas–nikkel külső magra, az olvadt kőzetekből álló köpenyre, az azt körülvevő, szintén olvadt kőzetekből álló felső köpenyre és a vékony, szilárd földkéregre. A földkéreg jó néhány különálló részre, ún. tektonikai lemezekre töredezett, amelyek a köpeny olvadékán úsznak és emiatt a mozgás miatt folyamatosan változik a felszín. A Föld felszínének nagyjából 71%-át víz borítja, melyek nagy része sós vizű óceán, a maradék 29% szárazföld (hat kontinens és számos sziget). Bolygónk felszíne felett kiterjedt légkör található, amelynek 78%-a nitrogén, 21%-a oxigén, míg 1%-a más összetevőkből (pl. argon, szén-dioxid) áll.

A Föld a Világegyetem jelenleg ismert egyetlen olyan égitestje, amiről ismert, hogy életet hordoz. A szárazföldek felszínén – sőt esetenként a felszín alatt – és a vizekben több millió faj él. Az élet a kutatások szerint már igen korán kialakult a bolygón, azóta azonban több kihalási esemény tarkította a fejlődéstörténetét. A mai életformák kialakulása az evolúció folyamata során ment végbe. Az élet kialakulását a vizet hosszú időn át folyékonyan tartani képes körülmények (hőmérséklet, nyomás, sugárzási viszonyok), valamint a Föld belsejében folyó mágneses folyamatok révén létrejövő mágneses „védőpajzs” kialakulása tették lehetővé.

# Mars

Tömege a Földéhez viszonyítva:	0,11
Átmérője (km):	6768
A Földéhez viszonyítva:	0,53
Forgási ideje:	24,62 h
Keringési ideje:	1,85 r
Felszíni középhőmérséklete (°C):	-40
Holdjainak száma:	2



A Mars a Naprendszer negyedik bolygója, a Naptól legtávolabb keringő kőzetbolygó. Méretét tekintve feleakkora átmérőjű, mint a Föld, és kisebb sűrűsége miatt annak tömegének mindössze 11%-át képviseli, a teljes felülete is kisebb területű, mint a földi szárazföldek összesített területe. Ellipszis pályája elnyújtottabb, mint a Földé – bolygónk pályájának napközel- és naptávolságpontja között 5 millió kilométer a különbség – a Mars esetében 42 millió kilométer a különbség a pálya Naptól legtávolabbi és legközelebbi pontja között, az átlagos távolság pedig 230 millió kilométer (1,5 CsE). A Naprendszerben csak a Merkúr pályájának nagyobb az excentricitása. A bolygó saját tengely körüli forgása, a marsi nap, azaz 1 sol hossza nagyon hasonló a Földéhez: 24 óra 39 perc 35 másodperc. A Mars tengelye a Földéhez hasonló dőlést mutat, 25,19°-ot zár be az ekliptika síkjával, emiatt a bolygó időjárásában ugyanúgy évszakok alakultak ki, mint bolygónkon.

A nevét a római hadistenről kapta (vörös színe és a vér közötti asszociáció okán). Vöröses színét a felszínen globális méretekben kimutatható vas-oxidos felső talajrétegtől kapta.

Légköre igen ritka, a felszíni légnyomás a földiének 0,75%-a – a Földön nagyjából 35 kilométer magasan akkora a nyomás, mint a Mars felszínén –, összetétele azonban teljesen más, 95% szén-dioxid, 3% nitrogén, 1,6% argon, és csak nyomokban tartalmaz oxigént vagy vízpárát. A ritka légkör ellenére is dinamikus időjárás figyelhető meg a felszínen, erős szelek fújnak, amelyek időnként bolygóméretű porviharokat okoznak. A hőmérséklet  $-140$  °C és  $+20$  °C között ingadozik. A sarki tél során a bolygó magas szélességein a légköri szén-dioxid is képes kifagyni.

A Mars alakja a Földéhez képest kissé lapultabb, az egyenlítői és poláris átmérője között 40 kilométer a különbség. A többi kőzetbolygóhoz hasonlóan belseje mélységi differenciálódást mutat: olvadt vas-kén magja, szilárd szilikátos mag körüli köpenye és a Földétől vastagabb kéreg van. A Marson figyelemreméltó geológiai képződmények találhatók. Az Olympus Mons 27 kilométeres magasságával és 600 km átmérőjével a Naprendszer legnagyobb hegye, míg a Valles Marineris nevű hasadékvölgy több mint 4000 km hosszú, egyes részein szélessége eléri a 200, mélysége a 7 kilométert. Lemeztektonikai tevékenység ma már nem jellemzi a bolygót, a Mars Global Surveyor szonda mérései alapján a bolygó fejlődéstörténetének korai időszakában voltak ilyen folyamatok. A bolygó felszínét vulkáni tevékenység, a kéreg mozgásai, becsapódások és légköri jelenségek (pl. szelek) alakították ki.

A Vörös bolygónak két holdja is van: a Phobosz és a Deimosz. Bár eredetük nem tisztázott, a legvalószínűbb az a feltételezés, hogy a Mars gravitációs ereje által befogott aszteroidákról van szó.