

CSILLAGÁSZAT

Az ember fejlődése során eljutott arra a szintre, hogy a természet jelenségeit már nemcsak elfogadni, hanem megmagyarázni, megérteni kívánta. Érdekelte, hogy miért fényesek, egyáltalán mik a csillagok. Megfelelő választ nem találva, a természet csodáit szellemeknek, isteneknek tulajdonították. Ezt bizonyítják a megalitikus kultúra monumentális alkotásai az időszámításunk kezdete előtti emlékek. A leghíresebb a **Stonehenge**, egy meglepően bonyolult csillagászati létesítmény, amelyben pontos Nap- és Hold megfigyeléseket végeztek. A csillagászat az egyik legrégebbi természettudomány, melynek fejlődését gyakorlati okok is indokolták: naptárkészítés, helymeghatározás, csillagjóslás.

Az **egyiptomiak** a legjobban a Napot tisztelték, a Nap iránti mérhetetlen tisztelet kijárt a fáraónak is, akit a Napisten földi megtestesítőjének tartottak. Egyiptomban a csillagászatnak olyan nagy szerepe volt, hogy még a fáraók tiszteletére emelt piramisok is alkalmasak voltak csillagászati megfigyelésekre. Valószínűleg az egyiptomiak láttak először napfoltot a napkorongon.

Mezopotámia népei kezdték el az égitestek rendszeres megfigyelését, minden észlelt apró változást feljegyeztek. Így a megfigyelések akár több generáción keresztül is folyhattak, megállapították a nap- és holdfogyatkozások ismétlődésének idejét is. Az idő mérésére nap- és vízórákat alkalmaztak. Ezek meglepően pontosak voltak.

Ptolemaiosz geocentrikus (Föld-középpontú) felfogása szerint, a Föld a Világmindenség közepe és minden körülötte kering.

A középkori Európában a csillagászat a XV. századig semmit sem fejlődött. Az egyház ezt a világméretű dogmaként fogadta el.

Kopernikusz heliocentrikus világmérete adott új lendületet a csillagászat fejlődésének.

Kopernikusz az 1500-as években végezte első megfigyeléseit. Heliocentrikus (Nap-középpontú) rendszerének főbb megállapításai:

- ⇒ A Föld naponta megfordul a tengelye körül
- ⇒ A Föld évente körülkeringi a Napot
- ⇒ A Nap pedig a bolygórendszer nyugvó központja
- ⇒ A Föld nem a világegyetem központja, hanem csak a Hold pályáé.

Kopernikusz világmérete nem illett bele az egyház dogmarendszerébe, ezért terjesztését, hirdetését súlyosan büntették. A kopernikuszi tanok egyik leglelkesebb hirdetője **Giordano Bruno** volt, aki továbbfejlesztve az elméletet, még a nap "világközpont" jellegét sem fogadta el mondván, hogy a Nap is egyike a megszámlálhatatlanul sok csillagnak. Eretnességért 1600-ban máglyahalálra ítélték.

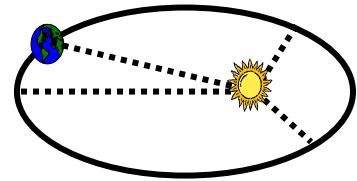
Galileo Galilei a heliocentrikus világmérete híve volt. Az egyház túl radikálisnak tartja Galilei elképzelését.

Kepler: új típusú távcsövével tökéletesíteni tudta az észlelések eredményeit, megfigyelte a napfoltokat. Feldolgozta Tycho Brahe dán csillagász számtalan megfigyelését, s ennek során hosszú évek munkája eredményeként találta meg a bolygómozgás törvényeit, amit róla neveztek el.

Kepler I. törvénye: A bolygók ellipszis alakú pályán mozognak, amelynek egyik fókuszában /gyújtópontjában/ a Nap van.

Kepler II. törvénye: A Naptól a bolygóig képzeltben meghúzott egyenes (a vezérsugár) azonos idő alatt azonos területeket sűrol.

Kepler III. törvénye: Megállapította, hogy a bolygók keringési sebessége annál nagyobb, minél közelebb vannak a Naphoz, és annál kisebb minél távolabb keringenek a Naptól. A különböző bolygók keringési idejének négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint a Naptól mért átlagos távolság köbei.



$$\frac{a^3}{T^2} = \text{állandó}$$

Newton, 1666-ban e törvények, és megfigyelések segítségével alkotta meg gravitációs elméletét.

Az általános tömegvonzás törvénye lehetővé tette a földi és az égi mechanika egységes magyarázatát.

A **XVIII. században** felfedezték fel az Uránuszt. A **XIX. században** fedezték fel a Neptunuszt. A **XX. században** (1930) fedezték fel a Plútót, 40 nagyobb égitestet, valamint üstökösök és kisbolygók ezreit.

Az első élőlény mely kijutott a világűrbe a **Lajka** nevű kutya volt a szovjet Szputnyik-2 fedélzetén 1957-ben.

A világ első sikeres űrszondája a Luna-2 volt (Szovjetunió): 1959-ben jutott a Hold felszínére. Azóta a Plútó kivételével a Naprendszer minden bolygóját felkeresték az űrszondák. Ezek a robotkutatók közeli felvételeket készítettek milliárd kilométerekkel távolabbi világokról.

Az első űrhajós, a szovjet **Gagarin** 1961-ben a Vosztok-1 űrhajóval megkerülte a Földet. Az Apollo-program a Egyesült Államok által tervezett és kivitelezett holdkutatási program volt, melynek fő célja, hogy embert juttasson a Holdra.

1969-ben, az Apollo-11 útjával megvalósult az első teljes Holdra szállás, melynek során elsőként léptek emberek a Hold felszínére. Amikor **Neil Armstrong** elsőként a világon kilépett más égitest felszínére, a következőket mondta közben: "Ez kis lépés egy embernek, de óriási ugrás az emberiségnek."

A Szovjetunió a Föld körül keringő űrállomások és a hosszan tartó űrrepülés problémáját sikeresen oldotta meg. Ilyen űrállomás a Mir.

Ma már a Föld körül geostacionárius műholdak keringenek, melyek elsősorban meteorológiai, távközlési és navigációs feladatokat látnak el. Ezek a meteorológiai, távközlési vagy navigációs műholdak az egyenlítő felett keringve együtt mozognak a Földdel

A Világegyetem mintegy 15 milliárd évvel ezelőtt jött létre, feltehetőleg az **Ősrobbanással** („Nagy Bumm”).

1. Az Ősrobbanás egy hihetetlenül forró, és hihetetlenül kicsi, az atomnál is kisebb univerzummal kezdődött.
2. Az első 10^{-43} s időpontban az Univerzum 10^{23} K hőmérsékletű volt.
3. Hirtelen elkezdett tágulni és a 10^{-12} s-ban a Naprendszer méretére nőtt, folyamatosan hűlt, kb. 10^{16} K-re.
4. 3 percen belül a mérete több fényévnyre növekedett, hőmérséklete 10^6 K alá csökkent.
5. A tágulás lassult, a hűlés mértéke csökkent, a gravitáció kezdte kifejteni hatását,
6. Az anyag és a sugárzás teljesen összekeveredett egy sűrű ködben.
7. 300 000 évvel az Ősrobbanás után a hőmérséklet 3000 K-re csökkent, az elektronok elkezdtek hidrogén és héliummagokhoz kötődni.
8. A köd kezdett kitisztulni. A Világegyetem tele lett örvénylő, ősi gázokból álló felhőkkel, melyek fokozatosan hosszú szálkákká dermedtek. Ezek a szálkák csomósodtak később galaxisokká.
9. Az Univerzum 1-2 milliárd éves korában a gravitációs erő hatására megindult a galaxisok és galaxishalmazok kialakulása.
10. Mintegy 5 milliárd évvel ezelőtt jött létre a Naprendszer. A Naprendszer egy nagyon sok (10^{11}) csillagból álló csillagrendszer a **Tejútrendszer** egyik tagja.
11. A galaxisok nem egyenletesen oszlanak el a **Világegyetemben**, hanem nagyobb halmazokba csoportosulnak. Minden galaxis kölcsönös gravitációval hat egymásra. A feltételezések szerint valaminek kell a Világegyetem középpontjában (fekete lyuk?), ami összetartja az egész rendszert.
12. Jelenlegi szakaszában a Világegyetem tágul, a galaxisok egyre távolodnak egymástól, a hőmérséklete 2,7 K.

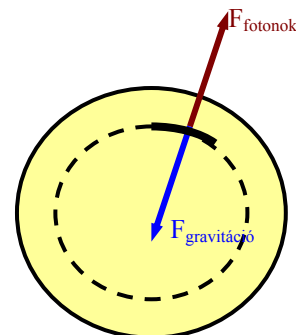
Arra a kérdésre, hogy mi lesz a **Világegyetem jövője**, három lehetséges válasz létezik:

- I. Ha a Világegyetemben található anyag mennyisége a kritikus sűrűség körül ingadozik, akkor a tágulás mértéke fokozatosan csökkenni fog mindaddig, míg se nem tágul se nem zsugorodik tovább és örök időkre azonos távolságban maradnak a galaxisok.
- II. Ha a Világegyetemben található anyag mennyisége túl kevés lenne a tágulás lelassítására, akkor a galaxisok mérhetetlen távolságra kerülnének egymástól. A világegyetem hidegen és üresen végeznél. Ez lenne a „Nagy Kihűlés”.
- III. Ha a Világegyetemben található anyag mennyisége több lenne, akkor elkezdné a tágulás lassulása, a gravitáció miatt a galaxisok ismét közelednének egymáshoz, a Világegyetem befelé gyorsulna és összeroppanna. Ez lenne a „Nagy Reccs” – melyet aztán egy újabb Ősrobbanás következhet.

A **csillagok** nagy tömegű, saját fénnel rendelkező égitestek. A legközelebbi ezek közül a Nap. Nem egyenletesen oszlanak el a térben, hanem galaxisokba tömörülnek. A világegyetemben mindenütt megtalálható hidrogénfelhők gravitációs összehúzódasából jönnek létre.

Életük legnagyobb részében ezt a hidrogént fogyasztják a magban lejátszódó és energiát felszabadító fúziós reakciók során. Ezt az energiát elsősorban a fotonok szállítják a csillag felszíne felé. A csillag belseje azonban annyira sűrű, hogy a fotonok gyakran összeütköznek egy-egy atommaggal. Emiatt a fotonok kifelé nyomják a csillag anyagát (sugárnyomás).

A csillagok fejlődését az összetömörült hidrogén tömege határozza meg. A csillagok tömege 0,1 és 30 Nap-tömeg között van.



Ha a csillag kezdeti tömege **0,1 Naptömegnél kisebb**, akkor a gravitációs összehúzódás okozta felmelegedés nem elegendő ahhoz, hogy a hidrogénfúzió elinduljon. Az ilyen csillag a **BARNA TÖRPE**. Csak halványan izzik, majd kihűl, és **FEKETE TÖRPÉVÉ** válik.

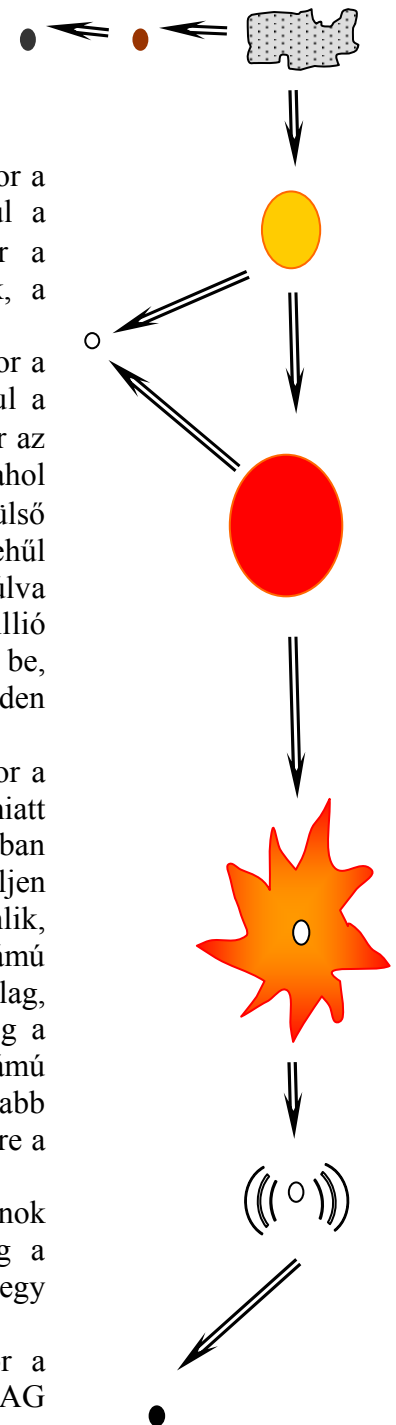
Ha a csillag kezdeti tömege **0,1 és 0,8 Naptömeg között van**, akkor a gravitációs összehúzódás okozta felmelegedés hatására, megindul a hidrogén $\Rightarrow$ hélium fúzió. Ha a hidrogént elhasználja, akkor a gravitáció Föld méretűre összeroppantja a csillagot, az felizzik, a csillagból **FEHÉR TÖRPE** lesz, és lassan kihűl.

Ha a csillag kezdeti tömege **0,8 és 1,4 Naptömeg között van**, akkor a gravitációs összehúzódás okozta felmelegedés hatására megindul a hidrogén $\Rightarrow$ hélium fúzió. Ha a belsejében elfogy a hidrogén, akkor az összehúzódáskor keletkező hő felmelegíti a csillag külső részeit, ahol elegendő hidrogén van a hidrogén $\Rightarrow$ hélium fúzióhoz. A csillag külső része felfúvódik, nagy felületen sok energiát sugároz ki, a felszíne lehűl és **VÖRÖS ÓRIÁS** lesz. (A Nap ebbe az állapotba 5 milliárd év múlva jut) Eközben a csillag belsejében az összehúzódás miatt 100 millió fokra is megnő a hőmérséklet, újabb fúziós folyamatok indulnak be, kialakulnak a közepes rendszámú elemek. Végül, amikor minden energiája elfogy **FEHÉR TÖRPÉVÉ**, zsugorodik össze.

Ha a csillag kezdeti tömege **1,4 és 10 Naptömeg között van**, akkor a **VÖRÖS ÓRIÁS** állapotot követően a gravitációs összehúzódás miatt olyan magas hőmérséklet alakul ki, hogy a fúziós folyamatokban nehezebb elemek atommagjai is kialakulnak, amíg a csillag magja teljen egészében vassá nem alakul. Ekkor a vörös óriás belseje összeomlik, felmelegszik a csillag belső része, a vasnál nagyobb rendszámú atommagok is kialakulnak, de ez már energiaelnyeléssel jár. A csillag, anyagának jelentős részét kilöki a csillagközi térbe. Ez a jelenség a **SZUPERNOVA-ROBBANÁS**. A kidobódott magasabb rendszámú elemek bejuthatnak egy hidrogénfelhőbe, melyből később újabb csillagok képződhetnek. (Ilyen szennyezett hidrogénfelhőből jött létre a Naprendszer is.)

A csillagból visszamaradt központi részben az elektronok és a protonok neutronná egyesülnek. Az összehúzódás addig folytatódik, amíg a csillag sűrűsége el nem éri az atommag sűrűségét. A végén egy kb. 20-30 km átmérőjű **NEUTRONCSILLAG** lesz.

Ha a csillag kezdeti tömege **10 Naptömegnél nagyobb**, akkor a **SZUPERNOVA-ROBBANÁS** után a **NEUTRONCSILLAG** összehúzódása nem áll le. A csillag olyan kicsivé húzódik össze, hogy a környezetéből a fény már nem tud távozni, **FEKETE LYUK** keletkezik.



A **Világegyetem** kb. 15 milliárd évvel ezelőtt egy ősrobbanásból született meg. A hirtelen tágulással a hőmérséklet csökkent, a mérete nőtt. A gravitáció miatt az ősi gázokból álló felhők galaxisokká csomósodtak.

Egy ilyen galaxis a **Tejútrendszer**, mely több milliárd csillagot (10^{11}) tartalmaz. A tejútrendszer oldalról nézve egy diszkoszhoz hasonlít, felülről nézve spirálkarok láthatók. Átmérője kb. 100 ezer fényév.

Egy ilyen spirálkarban van a **Naprendszer**.

- A Naprendszer kb. 5 milliárd évvel ezelőtt alakult ki az örvénylő nehezebb elemekkel szennyezett gázból és porból a gravitációs összehúzódás hatására. A nehezebb elemek egy korábbi szupernóva robbanásból származtak.
- A Naprendszer az a tartomány, ahol a Nap gravitációs hatása erősebb, mint a többi csillagé.
- Sugara 2 fényév.
- A Naprendszer tömegének 99,8%-a a Napban összpontosul.

A Naprendszer központi égiteste a **Nap**.

- Egy közepes méretű csillagnak számít.
- Saját fénnnyel rendelkezik.
- Nagy része hidrogén, mely fúzióval héliummá alakul, miközben energia szabadul fel. A Napban található még a héliumon kívül kis százalékban nehezebb elemek is.
- Életének a felénél tart, vagyis életének 10-11 milliárd évéből kb. 4-5 milliárd év van még hátra.
- Anyaga plazma.
- A Nap is forog saját tengelye körül, de középen ez a forgás gyorsabb, mint a sarkoknál.
- A Napnak is van mágneses tere.
- Az elektromágneses sugárzás minden fajtáját kibocsátja.
- A Napot elhagyó, többnyire protonokból, elektronokból és héliumatommagokból álló részecskeáram a napszél.
- A Napból egy fénysugár kb. 8 perc alatt ér el a Földre.

Amíg csak a hagyományos távcsővel lehetett megfigyelni a Napot, addig közvetlenül nem lehetett tanulmányozni, hiszen akár rövid időn át történő Napba nézés is súlyos szemkárosodást, esetenként vakságot is okozhat. Ezért a korábbi megfigyeléseket úgy végezték, hogy a távcsővel előállított képet fehér ernyőre vetítették, és azt tanulmányozták. Ma már a távcső optikájába épített szűrők segítségével közvetlen megfigyelések is végezhetők.

A Nap sugárzása az élet szempontjából elsődleges fontosságú.

Korábban úgy gondolták, hogy a Nap által kisugárzott óriási energia a saját gravitációs mezője hatására történő összehúzódásból származik. Csak a XX. Század fizikája tudott válaszolni pontosan a Nap energiájának termelődésére. A Nap energiája a fúziós reakcióktól származik.

A Nap külső alacsonyabb hőmérsékletű részeiben a hidrogén héliummá alakulása biztosítja az energiát. A Napban másodpercenként mintegy 600 millió tonna hidrogén alakul át héliummá. Az átalakulást a $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ egyenlet alapján kísérő tömegdefektus kb. 4 millió tonna. A Nap mélyebb, magasabb hőmérsékletű részeiben, a szén-nitrogén ciklusban végbemenő fúzió a számottevő. Ebben a folyamatban a szénatom magjába egymást követő lépésekben beépül 4 proton. Az így elkészült héliummag kisugárzódik, mint a fúzió végterméke. Ebben a folyamatban a szén katalizátorként jelenik meg, a folyamat végén teljes egészében visszkapjuk.

A hidrogén csökkenésével és a hélium növekedésével nagyobb rendszámú elemek is képesek keletkezni.

A vizsgálatok azt mutatják, hogy külső rétegei 73% hidrogénből és 25% héliumból állnak. A maradék 2%-ban találhatók a nehezebb elemek, mint a szén, titán, magnézium, kalcium, alumínium.

A Nap belsejében 10^{10} -szer nagyobb a nyomás, mint a normál légköri nyomás. Ez az óriási nyomás arra törekszik, hogy a Nap anyagát szétszórja a gyakorlatilag nulla nyomású világűrbe. Ezt a szétszóró hatást erősíti a fénynyomás is. Ez ellen a szétszóró hatás ellen működik a gravitáció.

A Nap szerkezete

Mag: plazmaállapotú anyag, benne magfúziós folyamatok mennek végbe.

$H \rightarrow He$ 15 millió kelvin a hőmérséklet.

A központi mag fúziós atomerőműként működik ahol az energia nagyenergiájú fotonok, így gamma- és röntgensugárzás formájában szabadul fel a könnyebb elemek nehezebbé váló egyesülése közben.

A magban termelődött energia sugárzással és konvekcióval (áramlással) jut el a felsőbb, majd a felszíni rétegekbe.

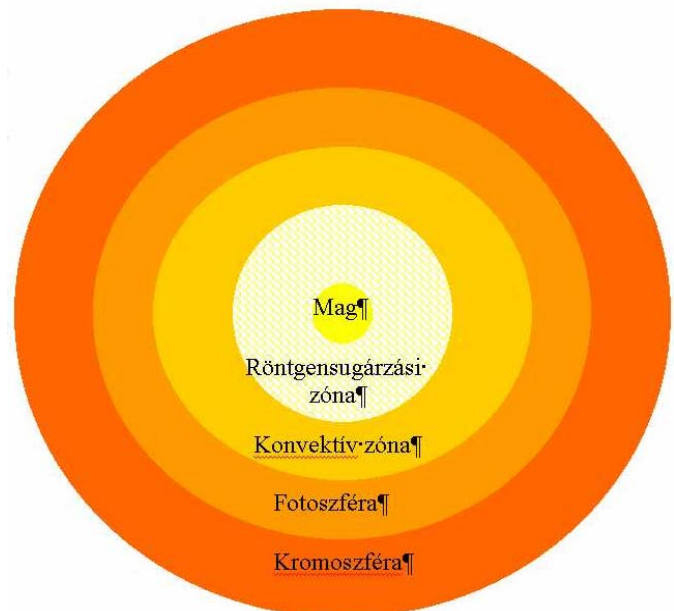
Röntgensugárzási zóna: ionizált állapotú elemek, sugárzással történő energiaátadás. Ebben a tartományban a fotonok gyakran ütköznek, elnyelődnek, majd véletlenszerűen kisugárzódnak.

Konvektív zóna: hőáramlással történő energiaátadás. A hő az anyag áramlása révén jut el a fotoszférába, majd onnan sugárzódik ki a világűrbe.

Fotoszféra: gázhalmazállapot, 5800 K hőmérsékletű. Ebből a rétegből származik a napfény.

Kromoszféra: létét és magas hőmérsékletét a konvektív zónában keletkező különleges mágneses hullámoknak köszönheti.

Korona: napfogyatkozáskor még meg lehet figyelni. Hőmérséklete 1 - 5 millió K között van. A korona részecskéinek nagy az energiája, így magas a hőmérséklete. A korona fűtésében is a konvektív zónában keletkező mágneses hullámok játsszák a főszerepet.



A Nap felszíne szemcsés szerkezetű. Ezek a szemcsék valójában egymástól néhány 100 fokkal eltérő hőmérsékletű gázcsomók, melyek felfelé emelkednek, majd lehűlnek, és ismét visszasüllyednek a mélyebb felszíni rétegekbe. Egy-egy ilyen szemcse néhány percig létezik.

A fotoszférában figyelhetők meg a **napfoltok** is. Ezek a napfelszín meghatározott zónáiban jönnek létre, legtöbbjük csak néhány napig létezik. Keletkezésük periodicitást mutat. A legismertebb a 11 éves ciklus, mely a fák évgyűrűin is nyomon követhető. A napfoltok erős mágneses tevékenységgel járnak együtt, esetenként a földi mágneses mező százezerszerese is lehet az erősségük. Ez azért meglepő, mert a Nap mágneses tere olyan gyenge, hogy létét sokáig kétségbe is vonták.

A napfoltokat sokszor izzó gázívek kötik össze, amelyek a mágneses erővonalak ívét követik. Ezek az izzó gázívek a kromoszférában megfigyelhető protuberanciák.

A napfoltok feletti kromoszférában megfigyelhető kifényesedés a napkitörés vagy fler, melynek során elektromágneses sugárzás és részecskék dobódnak ki a Napból.

A Nap körül keringenek a 9 bolygó és ezek holdjai, a kisbolygók, az üstökösök és a meteoritok. A Naprendszerhez tartozik még a bolygóközi gáz és por is.

A bolygók közel azonos síkban és azonos irányban keringenek és saját tengelyük körül is forognak. A Naptól való távolságuk sorrendjében: Merkúr, Vénusz, Föld, Mars, Jupiter, Szaturnusz, Uránusz, Neptunusz, Plútó. A bolygóknak nincs saját fényük, csak a Nap sugarait verik vissza. A bolygók közel gömb alakúak.

A bolygókat két csoportba sorolhatjuk:

Föld típusú bolygók: A Naphoz közelebb vannak, kicsi a tömegük, nagy a sűrűségük, szilárd közet és fém van a felszínén, kevés holdjuk van. Ezek a Merkúr, Vénusz, Föld, Mars.

Jupiter típusú bolygók: A Naptól távolabb vannak, nagy a tömegük, kicsi a sűrűségük, gyűrűvel rendelkeznek, gázokból állnak, több holdjuk is van. Ezek a Jupiter, Szaturnusz, Uránusz, Neptunusz.

A Plútó nem tartozik egyik csoportba sem, ő inkább kisbolygónak tekinthető.

A kisbolygók szabálytalan alakúak, a Mars és a Jupiter közötti kisbolygó övezetben találhatók.

A holdak valamelyik bolygó körül keringenek, és saját tengelyük körül is forognak. Van olyan bolygó, amelynek több holdja is van. Pl. a Jupiter.

A Földnek egy holdja van, amely úgy keletkezett, hogy a Föld kb. 4 milliárd évvel ezelőtt ütközött egy Mars méretű bolygóval, az Orpheusszal. Ezért a Holdon a földkéreg anyagai és az idegen bolygó anyagai is megtalálhatók.

Az, hogy az ütközés nem centrális volt, ami elpusztította volna a Földet, csak a véletlennek köszönhető, de az is a véletlen kategóriája, hogy egyáltalán létrejött az ütközés és kialakult a Hold.

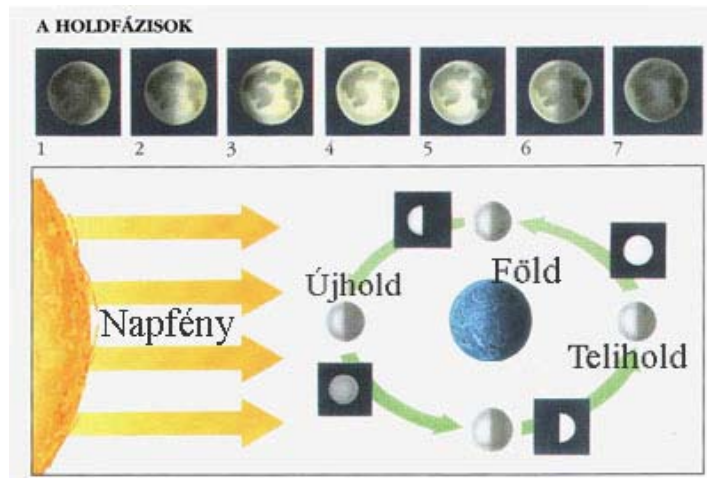
Az ütközéskor, ha az Orpheusz kisebb részekre szakad, akkor gyűrű alakult volna ki a Föld körül, de az is előfordulhatott volna, hogy két nagyobb holdja lesz a Földnek.

A Hold felelős azért, hogy a Földön állandó éghajlat van, hiszen ez tartja stabilan a Föld forgástengelyét. Hold nélkül ez a tengely $0-90^\circ$ -ig mozogna, ami lehetetlenné tenné az életet. Amikor 1° -ot változott a forgástengely helyzete, akkor alakult ki a Szahara. Tehát az élet kialakulásához nem csak egy megfelelő bolygó kell, hanem hogy annak legyen egy holdja is.

A Hold 4 cm-t távolodik évente a Földtől. Ezzel magyarázható, hogy az Ókorban rövidebb volt egy nap. Az ár-apály súrlódás is lassítja a Föld forgását, ezért egyre hosszabb lesz egy nap.

A Holdnak a Föld körüli keringése során mindig ugyanazon oldalát látjuk, ezért a mi holdunkat kötött holdnak nevezzük. Ugyanilyen a Jupiter Io nevű holdja is.

A Hold 28 nap alatt egyszer megkerüli a Földet, és a felénk néző félgömbjét a Nap különböző mértékben világítja meg, ezért vannak holdfázisok.



Az üstökösök a Naprendszer legkülső övezetéből származnak, és elnyújtott pályán keringenek a Nap körül. Főleg jégből állnak. Napközelbe érve a jég egy része megolvad és elpárolog. A napszél az üstökös magjából kiáramló port és gőzt elsodorja, így alakul ki az üstökös csóvája.

A meteorit a Naprendszerben található apró szilárd test. Ezek láthatók főleg augusztusban hullócsillagként, mikor beérve a Föld légkörébe a súrlódástól felizzanak.

A Naprendszerbe található kisebb-nagyobb szilárd test a meteorid. Ha egy meteorid eléri a Föld légkörébe és a súrlódás miatti lefékeződésakor felizzik, akkor ez a meteor. Ha a Földdel találkozó meteorid keresztülhatol a légkörön és eléri a földfelszínt, akkor meteoritról beszélünk. A Földre hullott legnagyobb meteorit 60 t volt.

