

# Kozmológia

## VIII. rész

### A Világegyetem kora

Kozmológiai szempontból fontosak azok a vizsgálatok is, amelyek a Világegyetem korát próbálják meghatározni. Az Univerzum egésze nem lehet „fiatalabb”, mint a benne található legidősebb csillagászati objektumok, vagyis az egyes égitestfajtákra kapott életkor alsó határt ad a Világegyetem lehetséges korára.

A Naprendszer kora mai ismereteink szerint 1,5%-os pontossággal 4,6 milliárd év. Ezt az értéket a földi és holdi kőzetek valamint a meteoritok vizsgálatából kapták. A kőzetek geológiai kormeghatározására a több milliárd éves felezési idejű radioaktív izotópok használatosak. Ezek közül is leggyakrabban vizsgáltak az urán ( $^{238}\text{U}$ ), a tórium ( $^{232}\text{Th}$ ) és a kálium ( $^{40}\text{K}$ ). A módszer lényege abban áll, hogy a kőzetek kialakulásakor, megszilárdulásakor ezek a radioaktív atomok beépültek a kristályszerkezetbe, és az azóta eltelt évmilliárdok során az adott izotópra jellemző felezési idővel más kémiai elem atomjaira bomlanak szét: a 238-as tömegszámú urán például ólomra és héliumra. Összehasonlítva a kiinduló izotóp és a bomlástermékek jelenleg mérhető mennyiségét, kiszámítható, mennyi időn át lehettek az atomok az illető kőzet fogságában. Ez a módszer nyilván akkor érvényes, ha feltételezzük, hogy a bomlástermékek tekintett atomok más módon nem kerültek a kőzetbe, és az idők folyamán nem is távoztak el belőle jelentős mennyiségben.

A Naprendszernek a geológiai módszerekkel meghatározott kora összhangban van a Napnak a csillagfejlődési elméletekből becsült korával. Ugyanis a magasabb rendszámú elemek atomjai legalább 4,6 milliárd évvel ezelőtt bekövetkezett szupernóva-robbanásokban keletkeztek és szóródtak szét a csillagközi térbe.

A csillagfejlődési modellek megoldásainak meghatározása általában igen sok számítás elvégzését igényli. A számítógépek teljesítményének utóbbi évtizedekben bekövetkezett jelentős növekedésével a csillagfejlődési elméletek is megbízhatóbbakká váltak. Az elméletek felhasználásával egyre pontosabban becsülhető a csillagfejlődés végállapotában található objektumok, a fehér törpék és a neutroncsillagok kora is. A csillagfejlődés időszakát elsősorban a csillag tömege határozza meg. Ha valamely közvetett módon meg tudjuk mérni, vagy becsülni az ilyen végállapotban lévő csillagok tömegét, akkor az elméletek alapján becsléseket kaphatunk ezen égitestek korára is. A csillagászok azt feltételezik, hogy a csillaghalmazokat alkotó egyes csillagok többsége nagyjából egy időben keletkezett. Ezért egy halmaz esetében statisztikai mennyiségű csillagra alkalmazhatjuk a fejlődési elméletek következtetéseit. Az eddigi vizsgálatok azt mutatták, hogy Tejútrendszerünk – és általában a galaxisok – legöregebb objektumai a gömbhalmazok (Az 1. ábrán a Hercules csillagképben látható NGC 6205 (M13) jelzésű gömbhalmaz látható, amely az északi égbolt legfényesebb gömbhalmaza. Ez a Tejútrendszerünkhöz tartozó gömbhalmaz sok százezer öreg csillagot foglal magába.)



1. ábra  
Az M13 jelzésű gömbhalmaz

A múlt század utolsó évtizedének elején a legidősebb gömbhalmazok korát 15–18 milliárd évre becsülték, a pontosított fejlődési elméletek alapján azonban jelenleg 10–14 milliárd év tekinthető elfogadott felső határnak.

A nyílt halmazok esetében dinamikai megfontolások alapján is lehet kort becsülni. Egy nyílt halmaz csillagai külső gravitációs zavaró hatásokra lassan szétszóródnak, a halmaz felbomlik. Ennek a folyamatnak az idoskálája erosen függ a halmaz kezdeti csillagsűrűségétől és csillagszámától. Egy nyílt halmaz csillagainak eloszlását, mozgását tanulmányozva a csillagfejlődési elméletektől független becslést tehetünk a halmaz korára.

(A 2. ábrán a Bika csillagképben található, lenyugózó szépségű nyílt halmaz látható a Pleiadok, vagy közismertebb nevén Fiastyúk. A tőlünk mintegy 410 fényévnnyi távolságra elhelyezkedő objektum átmérete 5 fényév. Katalógusszáma NGC 1432, vagy M45.). Az általunk ismert legidősebb csillagászati objektumok tehát mai ismereteink szerint 10–14 milliárd évesek, vagyis a Világegyetem ennél nem lehet fiatalabb. Napjaink legfrissebb eredményei szerint a világmindenség korát  $13,7 \pm 0,2$  milliárd évre becsülik. Ezen becslés hibája kisebb, mint 2%.



2. ábra  
A Pleiadok (Fiastyúk)

### Az elemek gyakorisága

A csillagászat által tanulmányozott világító anyag tömegének mintegy háromnegyede hidrogén. Ez teszi ki a csillagok és a csillagközi anyag (de még az óriásbolygók) tömegének nagy részét – a fizikai körülményektől függően ionizált, atomos vagy molekuláris formában. A fennmaradó részt lényegében a hélium adja. A hélium mennyiségét  $23 \pm 5\%$ -ra becsülik. A többi, nehezebb elem részaránya legfeljebb egy tömegszázalék. Kozmológiai szempontból lényeges az a megfigyelési tény is, hogy minden tízezredik-százvezredik hidrogénatom nem proton, hanem deutron. Ez az elemeloszlás csak a világító (barionos) anyagra, tehát az összes anyagnak csak  $4,4 \pm 0,4\%$ -ára mondható ki mérések alapján. A sötét anyagról egyelőre nincsenek biztos ismereteink.

A Világegyetem kémiai összetételét is sok évtizede kutatják, de az asztrofizika mind- eddig még semmiképpen sem tudott választ adni arra a kérdésre, miért van ilyen sok hélium. Ha az Univerzum alapanyagaként tiszta hidrogént tételezünk fel, a csillagok energiatermelésével és fejlődésével foglalkozó elméletek nem tudják megmagyarázni a jelenlegi elemarányokat.

Szenkovits Ferenc