

## A CSILLAGVILÁG KORA

A mindenségnek szinte a végtelenbe nyúló méretei mindig mély benyomást gyakoroltak az emberi képzeletre. Mi van a csillagvilágon túl? Ha mindig mélyebben hatolunk be a csillagok közé, elérünk-e egyszer a csillagvilág szélső határáig, vagy a végtelenig következnek a csillagok egymásután? Nemrégiben hozták nyilvánosságra, hogy Amerikában 1962-re elkészül egy 180 méter átmérőjű felfogó szerkezettel felszerelt rádió távcső, amely a számítások szerint 38 milliárd fényév távolságból is tud még jeleket felfogni. Újsághírek szerint a Szovjetunióban is készül hasonló távcső. Mit jelent ezek teljesítménye? A fényév az a távolság, amelyet a fény egy év alatt fut be. Ha egy milliárd fényév távolságban látunk egy csillagot, azt látjuk, ami egy milliárd évvel ezelőtt volt ott, amikor a fény onnan elindult. Ha tehát az új hatalmas távcsövek 38 milliárd fényévre látnak el, nemcsak a térben tudunk messze tekinteni, hanem a múltba is visszanezünk, hogy milyen volt a csillagvilág 38 milliárd évvel ezelőtt. Milyen választ várhatunk erre a kérdésre?

A *Nature* 1955. január 8-i száma beszámolt arról, hogy a *British Society for the History of Science* 1954-ben díjat tűzött ki a következő kérdés megoldására: Mi a logikus és tudományos válasz a mindenség koráról és időbeli kezdetéről szóló kérdésre? A pályázatra 26 tanulmányt küldtek be, s ezek közül hatot publikáltak. Röviden ismertetjük ezeket. *Scriven* szerint nem igazolható, hogy véges életidejű-e az univerzum, vagy végtelen. *Davies* négy milliárd évesnek gondolja a mindenséget a tejút-rendszerek szétfutása, a világ tágulása alapján, amiről majd részletesebben beszélünk. *Ópik* hat, *Whitrow* négy milliárd évet vesz fel többféle jelen-ség megegyezése alapján, amelyeket majd szintén ismertetünk. *Schlegel* szerint az egész világegyetemre nem alkalmazható az idő fogalma, a mindenség „atemporal”. Végül *Abramenko* arra hajlik, hogy az idő a térhez hasonlóan görbült. Az általános relativitás elméletében *Einstein* kifejtette, hogy az anyagi testek jelenléte miatt a tér szerkezete megváltozik, „meggörbül”, s ennek egyik következménye, hogyha egy egyenes irányban szakadatlanul továbbmegyünk, sohasem érünk el a világ határához, hanem egyszer csak visszaérünk a kezdőpontba. *Abramenko* szerint ugyanez történik az idővel is, az idő folyamatos tovahaladásában egyszer csak visszajutunk a kezdőponthoz, s így a fizikai események ciklikusan ismétlődnek. Az a 4 vagy 6 milliárd év, amelyről az előző nézetek beszéltek, csak egy ciklusra vonatkozik. Ezzel az elgondolással az orosz Sz. T. *Meljukin* is foglalkozik „A véges és végtelen problémája” című könyvében és a dialektikus materializmus alapján elveti, mert „a lüktető világegyetem hipotézise belsőleg ellentmondó, nem felel meg a valóságnak. Ahhoz, hogy a világegyetemben teljesen ciklikus folyamatok folyanak le, nemcsak az időnek, hanem a világ egész terének is pozitív görbületűnek kellene lennie, ami a világegyetem zártságát jelentené. De mint már korábban kimutattuk, a világegyetem zártságának eszméje téves.”

A tudomány mai eredményei egybehangzóan azt tanítják, hogy az általunk megtapasztalható anyagvilág véges idővel ezelőtt keletkezett. Áll ez elsősorban az atomokból felépült anyagra. Az oxigén, aluminium, vas stb. atomok nem voltak meg mindig. Hogy mikor keletkeztek, arra az uránium atomok tulajdonságai alapján következtethetünk. Az uránium atomoknak kétféle fajtáját, két izotópot ismerünk; egyiknek 235, a másiknak 238 az atomsúlya, de kémiai tulajdonságaik teljesen megegyeznek,

ezért a Mendelejev-féle priodikus rendszernek ugyanarra a helyére kerülnek. (Innen az elnevezés: izotop = egyenlő hely.) Mindkét uránium atom rádióaktív, sugárzás révén szétbomlik, másféle anyaggá alakul át. A 238-as urániumnak négy és fél milliárd a félideje, ami azt jelenti, hogy bármilyen mennyiség van belőle, négy és fél milliárd év alatt annak fele elbomlik. A 235-ös urániumnak hétszáz millió év a félideje, ez tehát gyorsabban szétbomlik, ezért már kevesebb is van belőle.

Egyszerű példán szemléltethetjük, hogy miképp lehet e tulajdonságok alapján megállapítani, hogy mikor keletkeztek az uránium atomok. Gondoljunk el, hogy van két birkanyájunk, amelyek mindegyikében 1000—1000 állat van. Az első csoportban olyan birkák vannak, amelyek közül 10 évenként a fele mindig elpusztul, a második nyáj birkái közül pedig már 5 évenként elpusztul a fele. Mi lesz a helyzet 10 év múlva? Az első nyájból a mondottak szerint elpusztul a fele, tehát él még belőle 500 birka. A második nyájból már 5 év alatt elpusztul a fele, a megmaradt 500-nak a második 5 év alatt újra elpusztul a fele, így a tizedik év végén már csak 250 birka él belőle, fele annyi, mint a másiktól. De fordítva is könnyű ezt az okoskodást elvégezni. Ha a rövidebb életű nyájból csak fele annyi él, mint a másiktól, könnyű átlátni, hogy 10 évnek kellett a kezdet óta eltelnie.

Hasonló okoskodás elvégezhető a kétféle uránium izotopra nézve is. A rövidebb életűből a tapasztalat szerint 140-szer kevesebb van, mint a hosszabb életűből. Az előzőhöz hasonló okoskodásból azt kapjuk, hogy az uránium atomok élete vagy hat milliárd évvel ezelőtt kezdődött. Ha régebbiek lennének, a rövidebb életűből már csak sokkal kevesebb lehetne.

Hasonló okoskodás nem minden elemre végezhető el, de amint Meljukin idézett könyvében megállapítja: „Az elemek izotopjainak és bomlási folyamatainak vizsgálata arra mutat, hogy az elemek nem örökké változatlanok, hanem történetük van. Egyes izotopok igen rövid élettartamúak s csak ezredmásodpercekig élnek, másoknak viszont olyan hosszú a bomlási idejük, hogy gyakorlatilag változatlanoknak tekinthetők. Van azonban számos olyan elem is, mint a hélium, amely önmagától nem bomlik el s amelynek atomjai csak igen nagy energia hatására hasadnak szét. De bármilyen is az egyes elemek sorsa, nem vitás, hogy a tér egyetlen részében sem öröktől fogva léteznek az elemek, hanem meghatározott idővel ezelőtt keletkeztek.”

Az elemek közül mindenesetre a rádióaktív anyagokat használhatjuk fel elsősorban, amikor az elmúlt időt akarjuk mérni. Kisebb és nagyobb idők meghatározására sokféle ilyen rádióaktív időmérő áll rendelkezésünkre.

Egyik érdekes rádióaktív anyag a tritium, a hidrogén izotopja. Egyik izotopot, a deuteriumot már régebben ismerték, mint a sokat emlegetett nehéz víz alkotórészét. A tritium atomja már háromszor olyan nehéz, mint a hidrogén atom. Az egész földön csak kb. 1 kg van belőle, ennek is túlnyomó része a tengervízben. A belvizekben kb. 10 gr, a légkörben 20 gr tritium van, de rádióaktív, ezért sugárzása révén parányi mennyiséget is lehet belőle észlelni. A kozmikus sugarakban levő gyors neutronok termelik; egy atomot szétvágnak és a törmelék között van tritium. Ezt azután a hó és eső hozzák le a földre, s a tengerekbe. A tritiumot a növények az esőből és hóból kapják. Az aratás után ez a tritium felvétel megszűnik, a már meglévő mennyiség pedig állandóan csökken — a tritiumbomlás felezési ideje 12,5 év — így a lecsökkent mennyiségből következtethetünk az aratásnak vagy a bor szüretelésének idejére. 30 évre terjedhet ez az időmeghatározás, tovább már nem, a tritium gyors bomlása miatt.

Nagyobb időre tudunk visszamenni a szén rádióaktív izotopja segítségével — rádiókarbonnak szokták nevezni —, amelynek már 5568 év a felezési ideje, így 20 000, kedvező esetben 50 000 évre is vissza tudunk menni az időben. Ez is a kozmikus sugár hatására keletkezik a levegő nitrogénjéből; a földön az egész készlet belőle 80 tonna. Az élő állati és növényi szervezet az anyagcsere útján felveszi a légkörből, vagy táplálékából, de elpusztulásakor megszűnik az utánpótlás, s a csökkenés mértékéből lehet meghatározni a szerves anyag korát. Az egyiptomi emlékek korának meghatározására végeztek sok érdekes mérést, s így állapították meg azt is, hogy a legutolsó jégkorszakból való famaradványok 11 000 évesek. Egy másik érdekes alkalmazása régi szentírás szövegekre vonatkozott. Ismeretes, hogy 1947-ben, majd 1953-ban újra a beduinok a Holt-tenger közelében egy barlangban (Khirbet Qumran-ban) bőrre írt régi ószövetségi szövegeket találtak. A második lelet bőrdarabjai összefűzve vagy 7 méter hosszú tekercset adnak. A megfeketedett bőrön csak infravörös fényképezés teszi láthatóvá a szöveget. Az első leletet 1951-ben W. Libby (ennek a vizsgálódásnak úttörő tudósa) vizsgálta s azt találta, hogy a bőrtekercset takaró vászon Kr. u. 33-ból való, de a mérés nehézségei miatt némi hiba lehetséges, így a tekercs a jelzett időnél 200 évvel idősebb vagy fiatalabb is lehet. Felmerült a gondolat, hogy érdekes lenne a jelzett módon a híres turini lepel korát is megállapítani. De itt gyakorlati nehézség mutatkozott. A kísérlet céljára a vászonból vagy 200 gr-ot el kellene égetni, hogy a szükséges rádiókarbon mennyiséget megkapják. A lepel ilyen megcsonkításától azonban visszariadtak.

Ha nagyobb lépést akarunk tenni a múltba, olyan anyagra van szükségünk, aminek nagyobb a felezési ideje. Ilyen a már említett 238-as atomsúlyú uránium a maga 4 és fél milliárd éves felezési idejével és a 235-ös uránium 700 millió éves felezési idővel. Ezeknek segítségével a Föld legrégebb rétegeinek korát is meg lehet állapítani. Az eljárás alapja az, hogy az uránium a belőle kisugárzott részecskék révén több fokozaton át rádiummá, ez pedig ugyancsak több fokozaton át végül is ólomná lesz, ami már tovább nem változik. Négy és fél milliárd év kell ahhoz, hogy a 238-as uránium fele ólomná alakuljon, rövidebb idő alatt még csak kisebb részéből lesz ólom. Ha tehát megállapítjuk, hogy a Föld régi rétegeiben az uránium hányad része alakult már át ólomná, megkapjuk annak a rétegnek korát. A Föld kérgének legrégebb ásványa a kanadai Manitoba uranita nevű anyaga, és a mellette található ólom mennyiségéből ennek korát kerekén két milliárd évesre becsülik. Ennyi idővel ezelőtt alakulhatott ki tehát a Föld szilárd kérgé. A *Holmes* angol fizikus még tovább ment visszafelé a Föld élettörténetében. (1947-ben.) A 238-as urániumból keletkezett ólom atomsúlya 206, azért ezt meg lehet különböztetni a 235-ös urániumból származó ólomtól, amelynek atomsúlya 207. Ha feltennénk, hogy az összes ma megtalálható 207-es ólom a 235-ös urániumból származik, akkor keletkezéséhez 5,4 milliárd év kellett volna. Ez tehát a Föld életkorának felső határa. Lehet azonban, hogy már eredetileg is volt a Földön 207-es ólom. Ennek eldöntésére *Holmes* vagy 25 olyan ásványfajtaát választott ki, amelyeknek kora 25 millió évtől 1330 millió évig terjedt, s megállapította bennük a 206-os és 207-es ólom arányát. Így próbálta eldönteni, hogy eredetileg mennyi 207-es ólom volt a Földön. Az ezen felüli mennyiség származott a 235-ös urániumból és létrejöttéhez a számítás szerint 3400 millió év kellett. Ennyi idő s tehát a Föld anyaga *Holmes* szerint.

Egy másik hasonló módszert a Föld légkörének vizsgálata nyújt. Már *Ramsay* megállapította a századfordulón, hogy a levegő oxigénen és nit-

rogéneen kívül néhány nemesgázfajtát is tartalmaz, s ezek közül legtöbb van az argonból, amely a légkörnek majdnem 1 $\frac{1}{10}$ -át teszi ki. Ennek túlnyomó részét a 40-es atomsúlyú argon-izotop adja, amely a Föld kérgében levő 40-es atomsúlyú káliumból keletkezik azáltal, hogy a kálium atommagja a legbelső rétegben körülötte keringő két elektron közül az egyiket elnyeli. Ez a rádióaktív átalakulás 1,3 milliárd éves felezési idővel megy végbe, így a számítás szerint a légkörben levő argon keletkezéséhez kerekén 5 milliárd év kellett. Ez újra a Föld életkorának felső határa.

A Földnél használatos módszereket a meteorok életkorának megállapításához is felhasználhatjuk. Itt először eléggé meglepő eredmények mutatkoznak. Így pl. *Paneth* és munkatársai 1945-ben a Mount Ayliff meteoritot vizsgálták. Az ebben levő urániumból héliumgáz válik ki, hiszen tudjuk, hogy a rádióaktív testek alfa sugárzása hélium atommagokból áll. Ha megmérjük a keletkezett hélium mennyiségét, megállapíthatjuk, mióta tart a sugárzás. *Paneth* így 7,6 milliárd évet kapott, tehát a meteorit jóval régebb lenne a Földnél. De *Fred Singer* a *Scientific American* 1954. novemberi számában rámutat arra, hogy a vas meteoritban levő hélium nemcsak az urániumból termelődik, hanem a kozmikus sugár hatására a vas atomból is szakad ki hélium, mégpedig 3-as atomsúlyú és még kétannyi 4-es atomsúlyú. Ha ezeket levonjuk az összes hélium atomból, és a maradékból számítjuk a meteorit korát, csak néhány száz millió évet kapunk. Tehát a vas meteorit ennyi idővel ezelőtt szakadhatott ki egy ősbolygó belsejéből. Magának ennek a bolygónak megszilárdulási idejét a belőle leszakadt kőmeteorok vizsgálata árulja el. Ha a kőmeteorokban mérjük meg az urániumból keletkezett hélium mennyiségét, a sugárzás ideje gyanánt négy milliárd év körüli értéket kapunk. Ez már összhangban van a Föld életkorával.

A csillagok halmazának életkorát megint más módszerekkel kutatjuk. Érdekes az az elgondolás, amelyik a mi tejútrendszerünk kerekén 100 milliárd csillagát egy gázfelhő molekuláival hasonlítja össze. A gázban a molekulák közönséges atmoszféra nyomáson vagy tízszer akkora átlagos távolságra vannak egymástól, mint amekkora az átmérőjük. Állandóan nagy sebességgel röpködnek, s amikor egymás közelébe kerülnek, egymásnak energiát adnak át, így mozgásukat kölcsönösen befolyásolják.

A tejút csillagai szintén nagy sebességgel mozognak. Igaz, hogy a 100 000 fényév átmérőjű tejút mint valami óriási kerék egészében is forgó mozgást végez, és kb. 200 millió év alatt tesz meg egy teljes fordulatot. De nem merev korongként forog, hanem az egyes csillagok külön is mozognak, azért olyanféle a mozgás, mint egy szunyograjé, amely egészében tova halad, de az egyes szunyogok a rajon belül össze-vissza röpködnek. A gáz molekulái és a tejút csillagai tehát bizonyos hasonlóságot mutatnak, de azért nagy különbség is mutatkozik. A csillaghalmaz nagyon ritka. Ha gondolatban minden csillagot — és vele az egész tejútrendszert is — annyira lekicsinyítenők, hogy a csillagok átlagos átmérője 2 cm legyen, akkor még mindig átlag 400 km távolságban lennének egymástól. Emiatt a csillagok egymásra hatása sokkal kisebb, mint a gáz molekuláé. A számítás szerint csak minden 50 billió évben egyszer módosítja egyik csillag annyira a másik mozgását, hogy annak iránya 90°-kal változzék.

Vannak azonban a tejúton belül olyan csillagtömörülések, amelyeknek csillagai sokkal közelebb kerülnek egymáshoz. Ilyen pl. a fiastyúk néven ismert csillaghalmaz, amely 262 csillagból áll, s ezek 10 fényév sugarú gömbön helyezkednek el. Így a halmaz csillagai gyakrabban ta-

lálkoznak egymással — vagy esetleg a tejút más csillagaival —, és ennek az a következménye, hogy a halmaz bizonyos idő múlva szétbomlik. Chandrasakhar számításai szerint ehhez nem kell több 10 milliárd évnél. Spitzer a csillagok közti felhőkkel való találkozást is figyelembe vette, s így szerinte a fiasytúk halmaz már egymilliárd év alatt szétoszlik és a sűrűbb M 67 jelzésű csillaghalmaz is csak 5 milliárd évig marad fenn.

Az eddig felsorolt jelenségek arra mutatnak, hogy 5—6 milliárd évvel ezelőtt kezdődhetett az általunk megfigyelt csillagvilág élete. Egy egészen más természetű jelenség megerősíti ezt az eredményt.

A csillagok távolodásának sebességét a Doppler-elv segítségével állapítják meg. A távolodó fényforrásból hozzánk érkező fénynek rezgésszáma kisebbedik, ezért a fényforrás vonalasszinképében az egyes vonalak helye a szinkép vörös szélé felé tolódik el. Az eltolódás nagyságából a távolodás sebességét meg lehet mérni. Ma már a tejútrendszerek vizsgálatában is felhasználják ezt a módszert.

Még 1919-ben is voltak tekintélyes csillagászok, akik tagadták, hogy a spirális ködfoltok a mi tejútrendszerünkön kívül vannak. 1918-ban azonban felállították a 2,54 méter átmérőjű távcsövet a Mount Wilson-on, és ennek segítségével Duncan, Pease, majd Hubble a régóta ismerős Andromeda ködfoltot 19 és 20-ad rangú fényességű csillagok milliárdjaira bontotta szét, és ezzel igazolta, hogy az Andromeda — és a hasonló többi ködfolt — külön csillagvilág. Távolságát 800 000 fényévre becsülte, ma már tudjuk, hogy majdnem két millió fényév.

Hubble a közeli tejútrendszerek — galaktikák — szinképét is vizsgálta Humason segítségével és azt találta, hogy ezekben is mutatkozik a vörös felé való eltolódás. A galaktikák tehát távolodnak tőlünk, mégpedig a megfigyelés adatai szerint annál nagyobb sebességgel, minél távolabb vannak. Hubble 1924-ben 24 galaktika szinképének tanulmányozása alapján mondotta ki ezt a törvényt, 1955-ig a megfigyelést már 800 galaktikára terjesztették ki és a távolsággal arányos vörös felé eltolódást mind-egyiknél megtalálták. A Palomar-hegyi 5 m-es tükrű távcső még a 18-ik nagyságrendű galaktika szinképét is megadja, és ennél az eltolódásból számított sebesség már 60 000 km másodpercenként. A távcsővel még a 23-ik nagyságrendű galaktikát is le lehet fényképezni 30 perces expozícióval — ezek a galaktikák már két milliárd fényévre vannak tőlünk —, de ezeknek szinképét már nem tudjuk előállítani. Ehhez már oly hosszú ideig tartó fényképezés kellene, ami alatt már az éjszakai égbolt fénye a maga sugárzásával elhomályosítja a fényképező lemezt, s így elnyomja a szinkép fényét. Baum színszűrők segítségével hat különböző hullámhosszon mérte meg az igen távoli galaktikák fényének erősségét. Az így megállapított vörös felé való eltolódásból azt kapta, hogy a galaktika 120 000 km másodpercenkénti sebességgel távolodik.

A szinképben a vörös felé való eltolódás nyilvánvalóan megvan, de a kapott szörnyű nagy sebességek miatt sokan kétségkedtek, hogy az eltolódást csakugyan a galaktikák távolodása okozza-e. A rádiótávcsövek felhasználása azután eldöntötte a kérdést.

Néhány évtizede tudjuk, hogy a Napból, a tejútunkból és a távoli ködfoltokból rádióhullámok érkeznek hozzánk. Különösen érdekes eredményeket adott a 21 cm hullámhosszú sugárzás, amely a hidrogén atomokból származik. A hidrogén atom pozitív töltésű atommagból — protonból — és egy körülötte keringő elektronból áll. A proton és elektron úgy viselkedik, mint egy-egy kis mágnes. Két mágnes pólusa egymásra való hatása különböző aszerint, amint az egynevéű sarkok vannak egymás felett — északi az északi, és déli a déli sark felett —, vagy pedig az ellen-

kező nevéek vannak egymás közelében. A hidrogén atomban is az elektron-mágnes kétféle helyzetet foglalhat el a proton-mágneshez viszonyítva, kétféle energiával. Ha az elektron-mágnes egyik helyzetből a másikba fordul, az energia különbség kisugárzódik hullám alakjában, és a számítás szerint ennek hullámhossza 21 cm lesz.

Az elektron-mágnes átfordulása csak minden 11 millió évben egyszer történnék meg, de az atomok összeütközése ezt elősegíti, így minden 133 évben egyszer előfordul. A világűrben levő nagyszámú hidrogén atom miatt mégis keletkezik észrevehető erősségű sugárzás, amint ezt H. C. van der Hulst holland csillagász már 1944-ben megjósolta és 1951. március 25-én az amerikai Harward egyetemen tényleg észlelték is. A várt sugárzás rezgésszáma 1420,4 millió volt, az észleléskor 170 000-rel többet kaptak. Ez Doppler elve alapján arra mutatott, hogy a hullámot kibocsátó forrás közeledik hozzánk. Ehhez hasonló érdekes jelenséget vettek észre E. Lilley és E. F. Mc. Claim amerikai rádiócsillagászok, amikor 1956-ban a Hattyú csillagképből jövő rádióhullámot vizsgálták. Ennek forrása több mint 200 millió fényévre van tőlünk, valószínűleg két galaktika ütközik ott össze. A 21 cm-es szinképből vörös felé való eltolódást tapasztaltak, és az eltolódásból 17 000 km másodpercenkénti eltolódási sebesség adódott. Ez annyiban volt különösen fontos, mert a palomárhegyi csillagvizsgáló ugyanonnan jövő látható fényugarak szinképét is vizsgálta. Abban is észlelték a vörös felé való eltolódást, és abból is 17 000 km-es távolodási sebességet kaptak.

Ez az eredmény megerősíti a galaktikák szétfutásának tanát. Ha ugyanis a tényleges távolodás a vörös felé való eltolódásnak oka, akkor érthető, hogy a rádió hullám és a fény sugar ugyanazt a sebességet adja. Ha azonban valami más játszana szerepet — fényelnyelés, a sugár szóródása, stb. —, akkor nagyon valószínűtlen azok alapján, amit ezeknek a jelenségeknek a mechanizmusáról tudunk, hogy a 21 cm-es és a mikron nagyságrendű hullámoknál ez egyformán nyilvánulna meg. Ma már általánosan elfogadott vélemény, hogy a galaktikák tényleg nagy sebességgel szétfutnak.

A tejtrendszerek szétfutását a relativitáselmélet a világmindenség tágulásával magyarázza. Einstein, De Litter és az orosz Fridman elgondolásait tovább fejlesztve Le Maitre dolgozott ki részletesen egy elméletet, amely szerint a mindenség anyaga eredetileg egy ósatomba volt összesűrítve olyan nagy sűrűséggel, amilyent ma az atommagokban találunk, amelyeknek anyagából egy köbcentiméternyi mennyiség százmillió tonnát nyom. Ez a nagy sűrűségű és nagy tömegű anyag az Einstein-féle meggörbült, zárt teret annyira összeszűkítette, hogy az ósatommag mellett már elektronok számára sem maradt hely, így a kezdeti anyag egy óriási neutron volt tulajdonképpen. Néhány milliárd évvel ezelőtt az ósatom szétrobbant, s a kiszakadt részek azóta folytonosan távolodnak egymástól, miközben a tér maga is állandóan tágul. Ez nyilvánul meg a galaktikák megfigyelt szétfutásában. A szétfutás sebessége a mai adatok szerint millió fényévenként 50—60 km másodpercenként, így az egy milliárd fényév távolságban levő galaktika már 50—60 ezer km másodpercenkénti sebességgel távolodik. Ebből visszafelé következtetve kiszámíthatjuk, hogy mikor indult meg az összetömörült anyag és a tér tágulása. Kerek számban hat milliárd évet kapunk így a kezdet idejére.

Ha valóságosnak fogadjuk el a mindenség tágulását, ebből érdekes eredmény adódik a világ nagyságára. Mondottuk, hogy az egy milliárd fényév távolságra levő tejút már kereken 60 ezer km-es sebességgel távolodik tőlünk, ezért az 5 milliárd fényévnyre már 300 000 km-es, vagyis

a fény sebességével szalad tova tőlünk, hiszen a tapasztalat szerint a távolodás sebessége a távolsággal egyenes arányban nő. Ennek pedig az a következménye, hogy az 5 milliárd fényévnél messzebben fekvő csillagrendszerekből már nem juthat el hozzánk fény. Mivel pedig a relativitás ma általánosan elfogadott tanítása szerint semmiféle hatás sem terjedhet gyorsabban, mint a fény, azért az ilyen messze levő csillagvilágról semmiféle megfigyelhető hatás sem juthat el hozzánk, azért az számunkra nem is létezik.

A kezdetben uralkodó igen nagy sűrűség — és a vele kapcsolatos magas hőmérséklet — volt Gamow elgondolása szerint a legalkalmasabb arra, hogy a hidrogénből kiindulva a mindig nagyobb és nagyobb atom-súlyú elemek kialakulhattak. Mégpedig szerinte a gyors tágulás miatt ennek már az első félórában meg kellett történnie. (Mai tudásunk szerint különleges körülmények között a csillagokban is megtörténhetik a nagyobb atomsúlyú elemek kialakulása, pl. a supernovákban.) „Egy kíváncsi személy biztosan megkérdezi — mondja Gamow —, mi volt azelőtt, amikor még az univerzum nem tömörült össze ilyen nagy sűrűségű anyaggá? Az ember metafizikai választ adhat Szent Ágostont követve, aki Vallomásaiban írt valakiről, aki azt mondta, hogy mielőtt az eget és földet alkotta, az Isten poklot gyártott a titkait feszegetők részére. (Szent Ágoston ezt mint valakinek tréfás választát idézte, ő maga azt mondja, hogy nincs értelme a kérdésnek, hogy mit csinált Isten a teremtés előtt, mert amíg nem volt teremtett világ, addig nem volt idő sem.) Újabban matematikai választ is adott — folytatja Gamow — a japán *Chushiro Hayasky*, akinek gondolatát *Alpher, Herman* és *Follin* dolgozta ki. Az elemi részecskékre vonatkozó ismert tények figyelembevételével arra a következtetésre jutottak, hogy az univerzum jelenlegi kémiai összetétele teljesen független a maximális összetömörülés előtti állapotól. Így fizikai szempontból egészen meg kell feledkeznünk az összetömörülés előtti állapotról, és mindent olyan tények alapján kell magyaráznunk, amelyek nem idősebbek 5 milliárd évesnél.”

A világ tágulásával kapcsolatban meg kell még röviden emlékeznünk *Bondi*, *Gold* és *Hoyle* különös elméletéről. Eszerint a galaktikák állandóan távolodnak, de azért még sincs változás a világ állapotában, mert az eltávozók helyébe új agalaktikák születnek abból az anyagból, ami folytonosan teremtődik. Ha kérdezzük — mondja —, honnan jön az új anyag? a válasz, sehonnan. Az anyag egyszerűen megjelenik, teremtődik. Egyik időpontban még hiányoznak az anyagot alkotó atomok, egy későbbi időpontban megvannak. Elismeri, hogy ez különös gondolat, de — mondja — pótolja az eddigi feltevést, amelyik el volt rejtve a régebbi elméletben, hogy t. i. az anyag a régmúltban hirtelen aktussal, egyszerre teremtődött. Szerinte a folytonos teremtés gondolata alkalmasabb, mert matematikai egyenletekben is le lehet írni. Tapasztalással nem lehet ellenőrizni az elméletet, mert az állandóan teremtett anyag nagyon kevés. Évenként egy köbkilométer nagyságú térrészben csak 500 hidrogén atom keletkezik a hipotézis szerint.

Ha végleges ítéletet akarunk mondani az ismertetett nézetekről, figyelembe kell vennünk, amit De Litter mondott az univerzum modern elméletéről szóló munkájában. Mi a mindenségnek csak arról a részéről tudunk közvetlen ismereteket szerezni, amelyben megfigyeléseket végezhetünk. Fizikai szempontból minden, ami megfigyelhető szomszédságunkon túl van, csak extrapolációval közelíthető meg, és amikor extrapolálunk, szabadon követjük filozófiai, vagy esztétikai előszeretettünket — vagy előítéletünket. Igaz, hogy ezek között az előítéletek között némelyik

olyan mélyen gyökeredzik bennünk, hogy alig tudjuk elkerülni, hogy minden kétségen felülieknek tartsuk őket, de ez a meggyőződésünk nem fizikai alapokon nyugszik. Ilyen meggyőződésünk, hogy az a kiválasztott része az univerzumnak, amelyben véletlenül mi is vagyunk, semmiben sem kivételezett; hogy az univerzum egészében véve homogén, egyöntetű felépítésű.

Ami most már a közvetlenül megfigyelhető szomszédságunkat illeti, általánosnak mondható vélemény, hogy ez időben véges. A dialektikus materialista Cornforth is ezt írja *Tudomány az idealizmus ellen* című könyvében: „Tegyük fel, hogy amikor az időről beszélünk, akkor az események határozott sorrendjére gondolunk, mely események időszakait az égitestek mozgásának, a sugárzásnak, vagy az atombeli folyamatok periodicitásának skáláján mérhetjük le. Ebben az esetben tökéletesen helyesnek tűnik az „anyagi módban” feltett kérdés, hogy volt-e kezdete az időnek — vagyis, hogy a jelenségek fizikai időrendjének, melyhez ma-gunk is tartozunk, és amelynek szakaszait órákkal, vagy más időmérési skálákkal mérhetjük, van-e kezdete? Nemcsak azt kérdezzük meg, hogy volt-e kezdete, hanem azt is, hogy mikor kezdődött el.”

Erre hivatkozik *Szvigyerszkij is Tér és idő* című munkájában, de rámutat arra, hogy az általunk megfigyelhető univerzumot nem lehet azonosítani a teljes mindenséggel. „Könnyen kimutathatjuk — mondja —, hogy elvileg lehetetlen a természettudomány módszereivel bebizonyítani az anyagi világ tér- és időbeli végességét vagy végtelenségét. Az effajta bizonyításhoz abszolútnak (minden körülmények között érvényesnek) kell tekintenünk a mozgó anyag valamely konkrét formáját (amelyet az általunk vizsgált világban találunk). A gyakorlatban rendszerint a gravitációs erőteret tekintik abszolútnak... A tudomány fejlődése folyamán azonban várható olyan tények felfedezése, amelyek talán bebizonyítják a gravitációnak és a vele kapcsolatos tér-idő strukturának korlátolt létezését. Ilyen módon bármely kozmológiai elmélet elvben csakis az anyagi világ korlátolt részére, csakis a mozgó anyag meghatározott formáira, és azok tér-idő tulajdonságaira vonatkozhat.”

*Meljukin* megállapítja már idézett munkájában, hogy az idő végtelenségének bizonyításában az alapot az anyag és mozgás teremhetetlenségének és megsemmisíthetetlenségének elve szolgáltatja. Ha feltesszük, hogy az időnek volt valamikor kezdete — mondja —, akkor el kell ismernünk, hogy a kezdet előtt a létnek valamilyen időtlen állapota állott fenn. De az anyag nem lehet időtlen állapotban, így kezdet előtt semmi sem volt, ebből pedig nem is keletkezhetett volna semmi. A most meglévő anyagnak tehát mindig meg kellett lennie.

A keresztény felfogás ebben az okoskodásban egyetért azzal, hogy az idő kezdete előtt a létnek csak valamilyen időtlen állapota állott fel, de amint Szent Ágoston is mondotta, ez az időtlen létező az Isten. „Napodban nincs tegnap, hanem csak ma, a te mádat nem váltja fel holnap, s nem is következett tegnap után. Napod az örökkévalóság. Minden idő a te alkotásod. Minden időt megelőző örök jelened, s időtlen idő nem volt sohasem.”