

4. Hubble bácsi nyomaiban

Távoli extragalaxisok színekének (fényének) vizsgálata során, 1929-ben Edwin P. Hubble felfedezte, hogy a színekben a földi elemeknek megfelelő színeképvonalak kissé a vörös felé tolódnak el a laboratóriumban mért hullámhosszhoz képest. A jelenséget **vöröseltolódásnak** nevezzük.

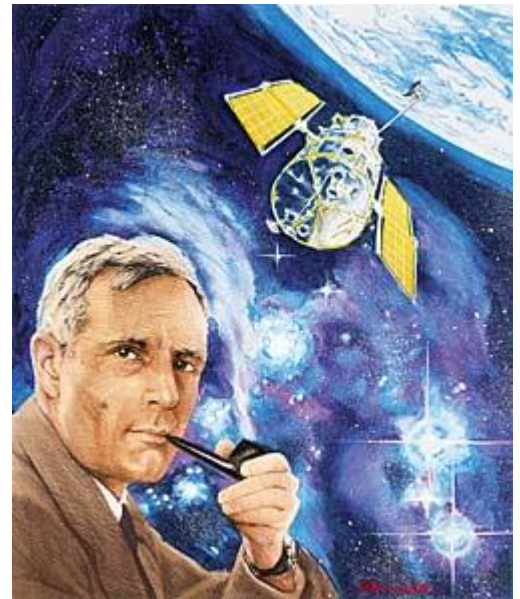
A színeké-eltolódás mértéke arányos az objektum távolodási sebességével; ez a hanghullámoknál tapasztalt Doppler-effektussal magyarázható.

Hubble tapasztalatai szerint az eltolódás mértéke, azaz a távolodás sebessége függ a galaxis megfigyelőtől való távolságától. Pontos mérésekkel megadható a galaxis távolodási sebességére vonatkozó **Hubble-törvény**:

$$v = H \cdot R$$

(v a galaxis távolodási sebessége; R a galaxis Földtől mért távolsága; H a Hubble-állandó, melynek értéke

$$H = \frac{22 \frac{\text{km}}{\text{s}}}{1 \text{ millió fényév}}).$$



A galaxisok egymáshoz képesti távolodásából arra tudunk következtetni, hogy az **ősrobbanás** kb. 13-14 milliárd évvel ezelőtt volt; ez okozza a mai távolodást is.

Az **ősrobbanás-elmélet/Big Bang theory** sokáig vitatott volt a fizikus és csillagász társadalomban is.

Arno Pensias és Robert Wilson amerikai csillagászok 1965-ben egy telefontársaság megbízásából zajmentes tartományok után kutattak: az égbolt radioaktív sugárzását vizsgálták rádiótelszkópjukkal. Eközben észrevettek egy állandó, minden irányból azonos intenzitással érkező mikrohullámú zajt. Azt hitték, technikai hibából adódik a probléma, azonban nem sikerült kiküszöbölni, arra jutottak, hogy ez a sugárzás az űrből érkezik.

Gamow amerikai fizikus az **ősrobbanás-elmélet paradigmáját** használva megjósolta, hogy létezik egy háttersugárzás, de ez csupán egy teória volt jó ideig.

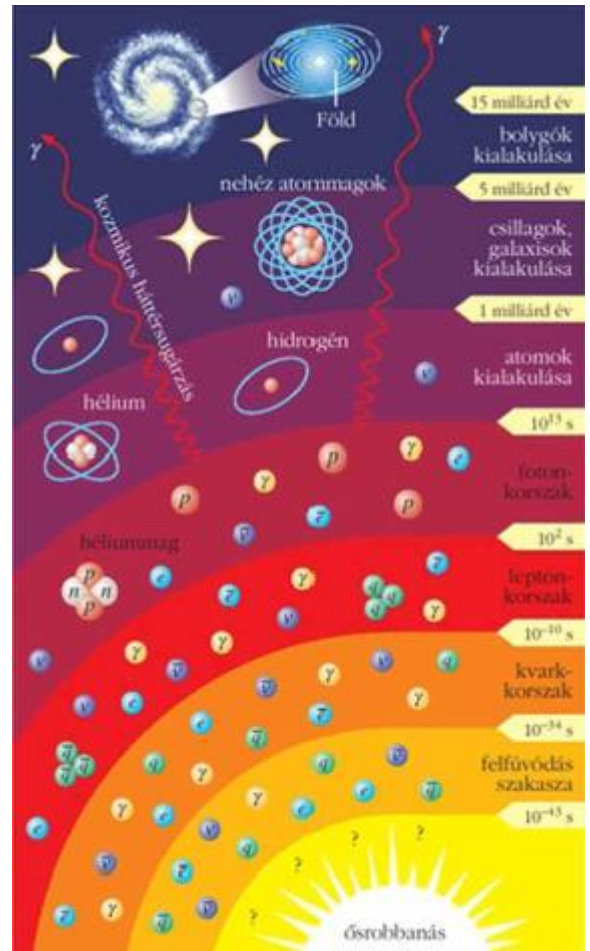
Később elméleti csillagászok igazolták, hogy az Arno Pensias és Robert Wilson által megfigyelt sugárzás nem lehet más, mint a korai forró Univerzum **hőmérsékleti sugárzásának** maradványa:

- Az Univerzum kezdetben 10^{32} K hőmérsékletű volt, és az egész világegyetem anyaga be volt zsúfolva egy mm-nél kisebb gömbbe.
- Az **ősrobbanáskor a kezdetben forró Univerzum** adiabatikusnak tekinthető, kezdetben nagyon gyors tágulás közben mintegy hűlt le.

Megjegyzendő, hogy a **forró Univerzum-elméletet** sokan támadták, s még ma is akadnak olyanok, akik kétségbe vonják állításait. Ez azért érdekes, mert a forró Univerzum-elmélet mellett szól az a fontos érv, hogy **a Világegyetemben megfigyelhető összes He nem jöhetett létre a csillagokban**; ezek egy részének a H-atomok korai fúziója során, az ősrobbanást követő percekben kellett keletkeznie.

- Kb. 3 perc elteltével a **kvarkokból/szubelemi részecskékből** már **protonok és neutronok**, később pedig **könnyebb atommagok** keletkeztek, midőn a hőmérséklet 1 milliárd fokra csökkent.

- A további tágulás már lényegesen tovább húzódott, **300.000 év múlva a hőmérséklet 6.000 K körüli értékre esett vissza, az atomok elkezdtek befogni az elektronokat, így semleges atomokat alkottak, mely atomok többsége hidrogénatom volt.**
- 1 milliárd év elteltével az Univerzum már **18 K-re hűlt le**, elkezdődött a **csillaghalmazok és csillagok kialakulása a kozmikus felhők sűrűsödéséből.**
- A bolygókon az élet kialakulásának feltételét a csillagokban zajló magfúziós energiatermelés alapozta meg.
- Végül az Univerzum hőmérséklete mintegy **2,7 K-ig hűlt**, s ennek következtében az **igen rövid hullámhosszú, kezdetben mindent kitöltő hőmérsékleti sugárzás átalakult egy alig észlelhető mikrohullámú sugárzássá.**



Tehát összefoglalva Arno Pensias és Robert Wilson amerikai csillagászok lényegében véletlenül fedezték fel a később *háttérsugárzásnak* (illetve néhol *maradék sugárzásnak*) nevezett jelenséget.

Feladat:

- Ahogyan az szerepelt, a színeké-eltolódás mértéke arányos az objektum távolodási sebességével; ez a hanghullámoknál tapasztalt Doppler-effektussal magyarázható. Adjuk meg a magyarázatot a színeké-eltolódás Doppler-effektusára!
- Miért hasznos, előnyös a Hubble-törvény ismerete? Mit tudunk kiszámolni segítségével, ha a v sebesség a színeké-eltolódásból megadható?
- Hogyan tudnánk modellezni a Hubble-törvényt? Mit használnánk, mit vizsgálnánk, mi lenne a hipotézis?
- Mi volt Arno Pensias és Robert Wilson amerikai csillagászok munkahipotézise, mikor elkezdtek vizsgálni a „mikrohullámú zajt”?
- Miért szükségeszerű a forró Univerzum-modell szerint, az ősrobbanás létezésének tudomásul vétele?
- Miért nem keletkezhetett későbbi H-fúzióban a Világegyetemben megtalálható rengeteg He?
- Honnan ismerhetjük még Hubble nevét? Készítsetek Hubble-ról vagy a róla elnevezett technikai fejlesztésekről szóló projektet!