

Dr. Török Zsolt Győző

Topográfia

oktatási segédanyag

kézirat

Földmérő 10. osztály

Damjanich János Gimnázium

Nagykáta

2017-18

A Világegyetem keletkezése

A kozmológiában az **ősrobbanás** (vagy „Nagy Bumm”, angolul „The Big Bang”) egy olyan tudományos elmélet, mely szerint a világegyetem egy rendkívül sűrű, forró állapotból fejlődött ki nagyjából **13,8 milliárd** évvel ezelőtt.

Az ősrobbanás-elmélet azon a megfigyelésen – az úgynevezett Hubble-törvényen – alapul, mely szerint a galaxisok színeképvonalai **vöröseltolódást** szenvednek. Ezt a kozmológia elméletével összevetve azt kapjuk, hogy a tér az általános relativitáselmélet Friedmann–Lemaître-modellje szerint tágul. Ha a múltba extrapoláljuk, akkor ezek a megfigyelések azt mutatják, hogy a világegyetem egy olyan állapotból kezdett tágulni, melyben az anyag és az energia rendkívüli hőmérsékletű és sűrűségű volt.

A világegyetem tágulásának I-es típusú szupernóvakon alapuló mérései, a kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás hullámosságának méréseiből és a galaxisok korrelációs függvényének méréseiből a világegyetem korára $13,799 \pm 0,021$ milliárd évet kaptunk.

A korai univerzumot egyenletesen és izotróp módon töltötte ki egy **hihetetlenül nagy energiasűrűség és a vele járó óriási hőmérséklet és nyomás**. Ez tágult és hűlt, valamint a gőzlecsapódáshoz és a víz fagyásához hasonló, de elemi részecskékhez kapcsolódó fázisátmeneteken ment át.

Az elemek gyakorisága: az ősi nukleoszintézis alatt az ősrobbanás után nem sokkal (10^{-2} s) az anyag nagyon forró volt, **kvarkokból és gluonokból** állt, mely a hűlés során **protonokká és neutronokká** alakult. Az ezt követő 1 másodperc alatt összeállnak a legkönnyebb **atommagok** (2H, 3He, 4He, 7Li. Ez a folyamat nagyjából 3 perc alatt véget ér. Az akkor kialakult elemösszetétel megmaradt egészen az első csillagok születéséig.

A galaxisok

A galaxisok égitestek: csillagok, csillagközi gázok, por és a láthatatlan sötét anyag nagy kiterjedésű, gravitációsan kötött rendszerei. Egy tipikus galaxisban **tízmillió és ezermilliárd** közötti számú csillag található, és mind azonos középpont körül kering. A magányos csillagokon kívül egy galaxisban rengeteg több csillagot tartalmazó rendszer, nyílthalmaz, gömbthalmaz és köd található. A legtöbb **galaxis átmérője több ezertől több százezer fényévig** terjed, és a galaxisok között több millió fényév távolság a jellemző. A közöttük lévő űr nagyon jó vákuumnak tekinthető, kevesebb mint köbméterenkénti egy atommal. Feltehetően több mint százmilliárd galaxis van a Világegyetem belátható részében.

A mi galaxisunk, a Tejútrendszer (sokszor csak Galaktika) **küllős spirálgalaxis**, a Lokális Galaxiscsoport egyik nagy galaxisa (a másik az Androméda-galaxis, mellyel néhány milliárd év múlva összeütközik), amelynek az átmérője 30 kiloparszek (**100 000 fényév**) és körülbelül **300 milliárd csillagot** tartalmaz, a tömege egytrilliószor annyi, mint a Nap tömege.

Csillagok

Ha a csillagközi anyag elegendően nagy tömegű, akkor **a gravitáció hatására** összehúzódó gáz- és porfelhőkből **csillagok** alakulhatnak ki. A kis sűrűség miatt a csillag anyaga kezdetben akadálytalanul húzódik össze. Később a megnövekvő nyomás hatására az összehúzódás lelassul, a hőmérséklet viszont folyamatosan nő. (A hőmérséklet-növekedéshez szükséges energiát a gravitációs energia csökkenése fedezi.)

Ha a központi tartomány hőmérséklete eléri a néhány millió kelvint, akkor **beindulnak a fúziós magreakciók**. A fiatal csillagok legfőbb energiatermelő folyamata a $H \rightarrow He$ magátalakulás. Ez kétféle módon történhet. Alacsonyabb hőmérsékleten (5 millió kelvin körül) a proton-proton ciklus, magasabb hőmérsékleten (25 millió kelvin), ahol már **nagyobb rendszámú** elemek is létrejöhetnek, a C-N ciklus a fő energiatermelő folyamat. Mivel a kisebb tömegű csillagok alacsonyabb hőmérsékletűek is, ezért rájuk inkább a proton-proton ciklus jellemző, a nagyobb tömegű és nagyobb hőmérsékletű csillagoknál a C-N ciklus dominál.

Ha a csillag magjában a hidrogén mennyisége csökken, akkor csökken az energiatermelés, és csökken a sugárnyomás is. A gravitációs erő hatására a mag összehúzódik, a csillag központi hőmérséklete emelkedni kezd. **100 millió kelvin fölött újabb magreakciók indulnak be. Három hélium atommag egybeolvadásából létrejön egy szén atommag**, a csillag a hélium készletét kezdi "égetni". A keletkező nagy mennyiségű energia nagy nyomást eredményez, ami a csillag külső rétegeit egyre kifelé nyomja. A csillag felfúvódik, elérkezik a vörös óriás állapotába. Egyszer (kb. öt milliárd év múlva) **a mi Napunk is vörös óriáscsillag** lesz.

A vörös óriás állapotot követően, egy idő után a hélium "üzemanyag" is kifogy, és a csillag magja ismét összehúzódik. Ekkor a sűrűsége már meghaladja a víz sűrűségének milliószorosát. Felszíni hőmérséklete magas, de a kis felszín miatt a csillag már nem túl fényes. A csillag élete végéhez érkezett, **fehér törpévé** vált. A fehér törpék lassan kihűlnek, és 1-10 milliárd év alatt belevesznek a Világegyetem sötétjébe.

Azokra a csillagokra, amelyeknél a kihűlő mag tömege meghaladja a naptömeg másfélszeresét, más vég vár. Az ilyen csillag magjának számítások szerint **a gravitációs erő hatására össze kell roppannia**. A protonok és az elektronok neutronokká egyesülnek. A mag sűrűsége az atommag sűrűségéhez válik hasonlónak. A folyamat végeredményeként olyan hatalmas energia szabadul fel, hogy a csillag külső rétegei szétdobódnak a világűrbe: ez **a szupernóva-robbanás**. Ilyen különleges körülmények között létrejöhetnek **a vasnál nagyobb rendszámú** elemek is, amelyek aztán szétszóródnak a világűrben. A Földön található vasnál nehezebb elemek ugyancsak egy szupernóva-robbanás során jöttek létre könnyebb atommagok egyesüléséből.

A Naprendszer

A ma elfogadott elmélet szerint a Nap és bolygói ugyanabból a hideg csillagközi gáz- és porfelhőből születtek meg. Az összetömörödő anyag közepében – 15-20 millió K

hőmérséklet elérése után – megindultak a **magfúziós folyamatok és új csillag**, az ősi Nap fénylett fel a Tejútrendszerben.

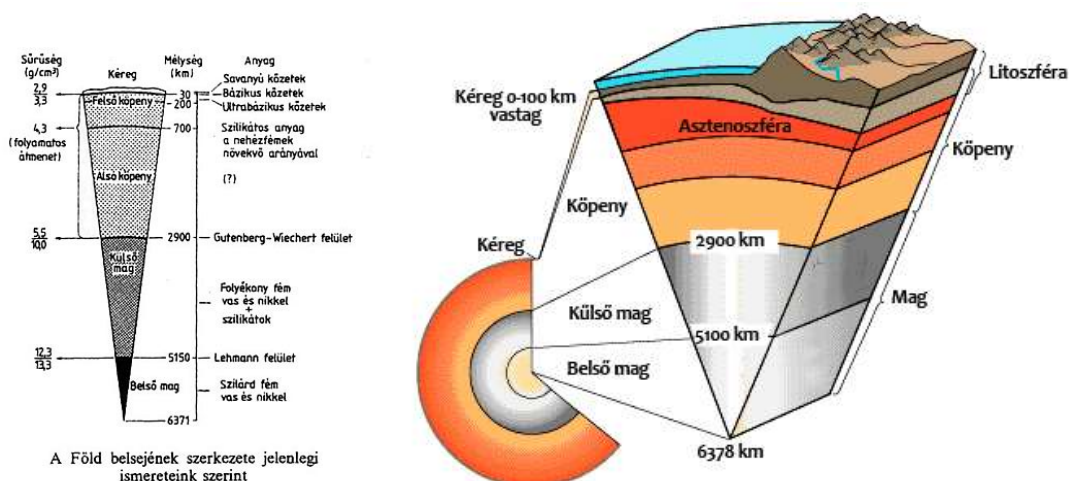
A Naprendszer kb. 5 milliárd évvel ezelőtt keletkezett. **Kilenc bolygója** közül a belső négy **Föld-típusú** bolygó, más néven kőzetbolygó. Kis méretűek, főleg nehezebb elemekből állnak, ezért sűrűségük nagy. A Föld-típusú bolygók másik elnevezése, a **kőzetbolygók** kifejezés arra utal, hogy ezek az égitestek főképpen kőzetekből állnak, belsejükben viszonylag nagy fémes maggal. A négy óriásbolygó az ellenkezője mindennek: nagy méretűek, gázokból (főleg hidrogén és hélium) állnak, kis sűrűségűek..

A Föld

A Föld mintegy **4,6 milliárd** éve keletkezett. A fiatal Föld anyagai a forgás, a nehézségi erő és a sűrűségkülönbségek miatt gömbhéjakba rendeződtek. A forgásnak nagy szerepe volt a gömbalak létrehozásában is.

A geofizikai kutatások már a 20. század közepére megmutatták, hogy a Föld **négy nagyobb gömbhéjra** tagolódik. Ezek belülről kifelé haladva a következők: **mag (vagy belső mag)**, **magháj (vagy külső mag)**, **köpeny**, **kéreg**. További vizsgálatokkal megállapították, hogy a köpeny két részre osztható: alsó köpenyre (mezoszféra) és felső köpenyre (a felső köpeny lágy része az **asztenoszféra**).

A Föld közepes sugara 6371 km. A legmélyebb geológiai fúrások mintegy 10 km-rel hatoltak a felszín alá.



Lemeztektonika

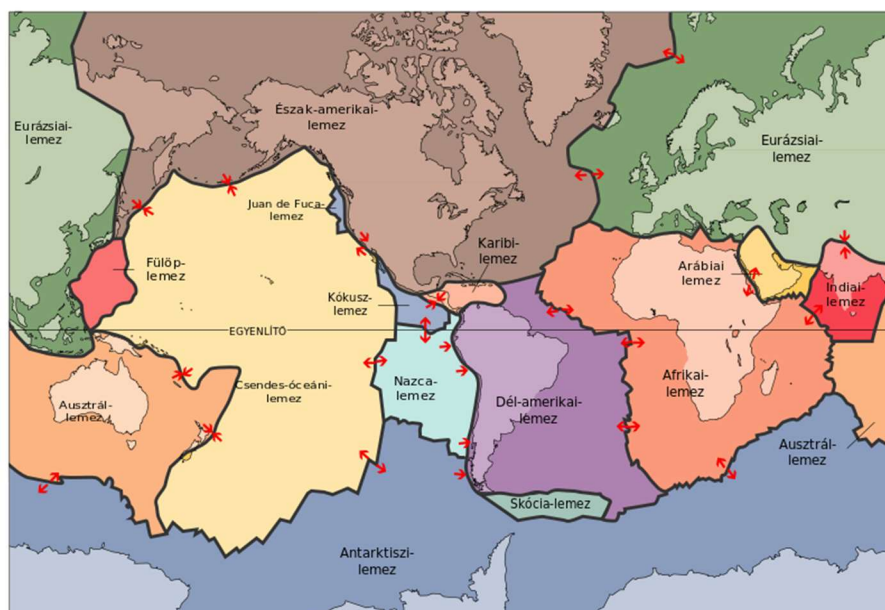
A lemeztektonika tudományos, geológiai elmélet, amely a Föld litoszférájának nagy léptékű mozgásait magyarázza.

A Föld külső része alapvetően két rétegből épül fel: felül helyezkedik el a **kőzetburok, a litoszféra**, amely a földkéregből, illetve a földköpeny felső, szilárd részéből áll. A litoszféra alatt fekszik az asztenoszféra, amelynek minimális viszkozitása van és a földtörténet időléptékében folyadéként viselkedik.

A litoszféra **tektonikai lemezeknek**, kőzetlemezeknek nevezett darabokra töredezett, ezekből a Földön **hét nagyot** és sok kisebbet ismerünk. E lemezek az asztenoszférában „úsznak”, emberi mértékkel nagyon lassan. A kéreglemezek az **óceáni litoszféra viszonylagos sűrűbb** volta és az asztenoszféra gyengesége miatt mozoghatnak. A lemeztektonikához a földköpenyből származó hő elnyelődése nyújtja az energiát, de az feltevés, hogy a lemezek az asztenoszféra konvekciós áramlatain passzívan mozognak, már nem elfogadott. Ehelyett a lemezmozgást a szubdukciós zónákban lesüllyedő óceáni litoszféra nagyobb sűrűsége hajtja. Amikor az óceánközépen kialakul, az óceáni litoszféra még kevésbé sűrű, mint az alatta lévő asztenoszféra. Idővel, ahogy hűl és vastagodik, sűrűbbé válik, s emiatt a szubdukciós zónákban lesüllyed.

A Föld külső rétegeinek szétválasztása litoszférára és asztenoszférára mechanikai különbségeik és hőátadási tulajdonságaik alapján történt. Ez a felosztás **nem keverendő** össze a Föld kémiai jellegű felosztásával földmagra, földköpenyre és földkéregre, hiszen a **litoszféra földkéreg és földköpenyt egyaránt tartalmaz.**

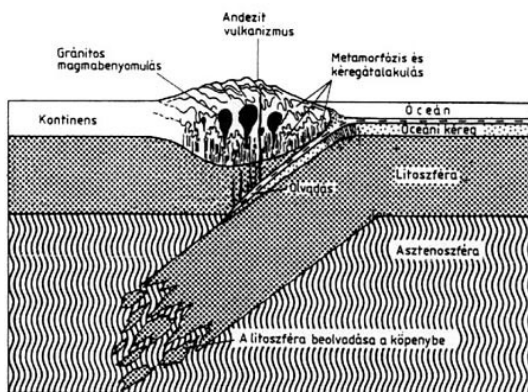
A lemezek vízszintes irányú mozgásának sebessége évi 0,66-8,5 centiméter. A mozgás sebessége nagyon változó lehet. A Dekkán mintegy 40 millió év alatt 6000 kilométert tett meg, míg a Csendes-óceáni-lemez 50 millió év alatt 3000 km-t.



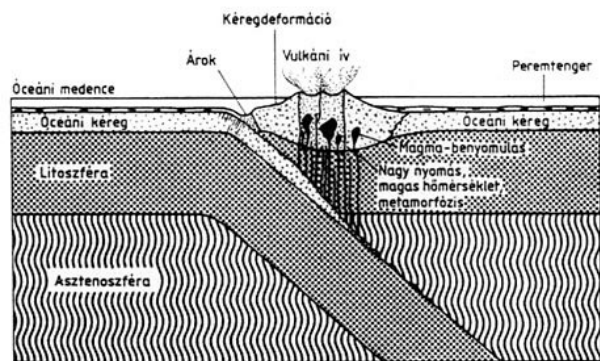
A tektonikai lemezek mintegy **száz kilométer** vastagságúak és litoszferikus köpenyanyagból állnak, amelyen **vagy óceáni kéreg** (régi szövegekben a sima mozaikszó jelölheti a szilícium és a magnézium elemek nevéből) **vagy kontinentális kéreg** (régében sial, a szilícium és az alumínium nevéből) rétege terül el.

Az egymáshoz képest végzett mozgás típusa szerint **háromféle lemezszegélyt** különböztetünk meg: konvergens vagy **ütköző szegélyt**, divergens vagy **széttartó szegélyt**, illetve amikor a lemezek egymás mellett elhaladnak, **súrlódó szegélyt**.

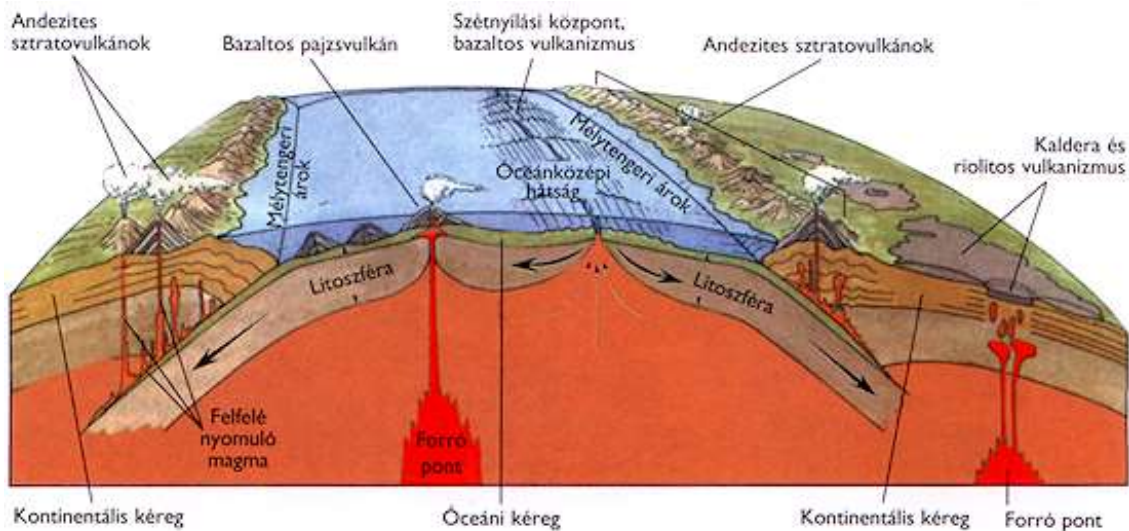
A lemezszegélyek mentén földrengések, vulkáni tevékenység, hegységképződés, illetve **óceáni (mélytengeri) árok** képződés léphet fel.



A kontinentális lemez ütközése óceáni lemezzel



Két óceáni lemez ütközése



Kontinentális kéreg

Óceáni kéreg

Kontinentális kéreg

Forró pont

Lemezszegély-típus	Távolodó/ divergens	Közeledő/konvergens	Elcsúszó/transzform
Mozgás típusa	távolodás	szubdukció/alábukás	elcsúszás, vizzintes elmszdulás
Hatás	akkréció, lemezépítés	óceáni lemez felemésztődik	lemezek nem pusztulnak és nem képződnek
Domborzat	hátság/ hasadékvölgy	mélytengeri árok	nincs jelentősebb hatás
Vulkáni aktivitás	van	van	nincs
(a)	óceáni hátság vagy hasadékvölgy	vulkáni lánc mélytengeri árok	földrendések
litoszféra aszteno- sféra			
(b)		földrendések	(c)

Az **izosztázia** elve azt fejezi ki, hogy a litoszféra egyes darabjai a sűrűség- és vastagságkülönbségéből adódó egyensúly-megbomlást vertikális, lassú süllyedő vagy emelkedő mozgással próbálják kiegyenlíteni, közben az asztenoszférába mélyebbre nyomódnak, vagy feljebb kerülnek.

A jelenség klasszikus példája a Skandinávia és Északkelet-Kanada területén napjainkban is megfigyelhető emelkedés. Az utolsó jégkorszakban ezt a területet több kilométer vastag jégtakaró fedte. Ennek terhelő hatására a litoszféra érintett része megsüllyedt. A jégtakaró olvadásával a litoszféra emelkedni kezdett. Az asztenoszféra igen nagy viszkozitását jelzi, hogy az egyensúlyi állapot helyreállása, vagyis az emelkedés 7000 évvel a jégtakaró elolvadása után is tart. Az ilyen jellegű, **lassú süllyedő és emelkedő mozgásokat, melyek nem hegységképződési** folyamatokhoz kapcsolódnak, **epirogenetikus** mozgásoknak is nevezik.