

A Kínában kirobbant botrány nagyon sok etikai és bűnügyi kérdést vet fel. Kisült, hogy már 2007-ben az Amerikai Egyesült Államokban több mint 4000 kutya és macska pusztult el melamintartalmú tápszer fogyasztása miatt.

A melamin és származékainak hatását több éve vizsgálják. A megállapításokat közölték is tudományos fórumokon, s mégis előfordulhatott, hogy a globális világgazdaság, kereskedelem eredményeként ma már az élelmiszerláncban minimális mennyiségben mindenhol megtalálható a melaminó. Erről a mennyiségről a „szakértők” azt állítják, hogy nem veszélyes a lakosság számára. Az A.E.Á. Élelmiszer és Gyógyszer-ellenőrző hivatala mégis határozatban rögzítette a megengedett melamin mennyiséget:

- tápszerekben: 0
- más ételekben: 2,5ppm (1kg-ban 2,5mg)

A 2008-as olimpiai játékok után kirobbant kínai botrány után a világ minden táján megindult az élelmiszerek alaposabb ellenőrzése, tudatosan keresve bennük a melamint. Tejtermékekben (tápszer, tej, joghurt, sajt), édességekben (csokoládék, cukorkák, kekszek, kávéízesítők), ízesített magvak, pl. sajtos-ízű magyóróban a megengedettnél sokkal nagyobb mennyiségben (2-8-szoros) találtak melamint. Nap, mint nap újabb esetekről számol be a sajtó. A hatóanyag egyértelmű kimutatása nem túl egyszerű, amellet az élelmiszerekben található sokféle nitrogéntartalmú anyag mellett a mennyiségi meghatározása sem könnyen megoldható. Ezért a gazdaságilag lemaradt országok lakossága számíthat arra, hogy a fejlett világ melamintartalmú élelmiszereinek válik fogyasztójává.

Nem szeretnék pánikkeltő lenni, de ajánlom a hazai, főleg „biogazdaságokból” (nem tönkre-műtrágyázott) kikerült, otthon elkészített élelmiszerek fogyasztását.

M. E.

## A Naprendszer keletkezése

### II. rész

#### A szoláris ködtől a bolygókig

Mekkora lehetett a szoláris köd tömege? Erre nézve alsó becslést kaphatunk, ha figyelembe vesszük, hogy a bolygóknak a nehéz elemek egymáshoz viszonyított aránya megegyezik a Nap fotoszférájában mérttel, míg az illó anyagok összetevőit (H, He, C, N, O) tekintve a planetáris testekben jelentős hiány tapasztalható – nyilván azért, mert az utóbbiak elszöktek. A nehéz elemeket a hiányzó könnyű elemekkel kiegészítve megkaphatjuk, minimálisan mennyi anyagnak kellett lennie a szoláris köd egészében és egyes zónáiban. Ezen ún. *minimális szoláris köd* tömege mintegy  $0,02 M_{\odot}$ -nek adódik.

A felső tömeghatár jóval bizonytalanabb, de különböző megfontolások alapján valószínű, hogy a Nap protidjének tömege jóval a központi csillagé alatt lehetett, tehát legfeljebb néhány tízed naptömeg volt. Újabban sok modell a két szélsőség között középutként  $0,1 M_{\odot}$  körüli értéket feltételez a szoláris köd tömegére.

Kezdetben a szoláris köd igen forró lehetett, egyfelől a benne befelé spirálózó anyagban felszabadult és hővé alakult helyzeti energia, másfelől az ő-Nap nagy luminozitása és erős aktivitása következtében. A Naptól távolabb mindkét hatás jelentősége kisebb, tehát a hőmérséklet a ködben kifelé csökkent, de néhány csillagászati egységen belül 1500–2000 fokra lehetett. Ennek következtében a Napot szülő felhő porszemcséi zömmel elpárologtak, csak kis hányaduk „úszhatta meg” szárazon. Az

akkréció megszűnésével, a Nap halványulásával és a naptevékenység mérséklődésével azután a köd lassan hűlt.

A bolygók kialakulására nézve kétféle lehetőség kínálkozik: a forró gázköd anyagának közvetlen gravitációs kollapszusa (összeomlása), vagy a lassan hűlő ködből kicsapódó porszemek fokozatos összeállása nagyobb égitestekké.

#### *Forró (más néven összeomlásos vagy kollapszusos) keletkezési mechanizmus*

Ez a Kuiper holland származású amerikai és Cameron amerikai csillagászok által javasolt mechanizmus az 1960-as években volt igen népszerű.

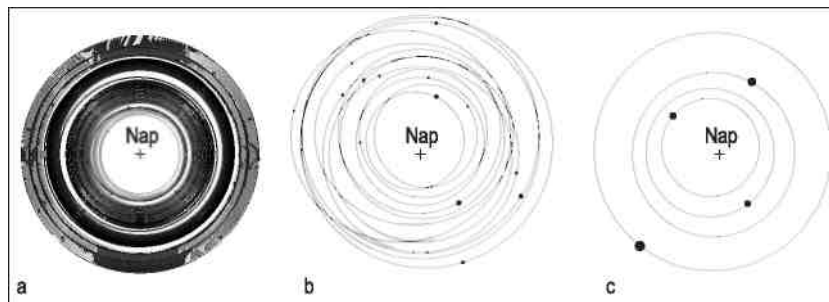
Ha a köd anyaga elég sűrű volt, a benne fellépő véletlen sűrűsödések gravitációsan instabillá válhattak, és megállíthatatlan összeomlásba kezdhettek. Ez a folyamat lényegében az egész Naprendszer létrejöttének kisebb léptékű mása, így természetes módon magyarázhatja a gázóriások és a körülöttük kiépült holdrendszerek képződését [MT11]. A folyamat rendkívül gyors, alig néhány ezer év leforgása alatt kialakulhatott így pl. a Jupiter. A számítások szerint azonban a gravitációs instabilitáshoz a szoláris köd tömegének jóval egy naptömeg fölött kellett volna lennie, ami alig valószínű. A naprendszerbeli kis égitestek (aszteroidák, üstökösök) eredetét pedig az elmélet egyáltalán nem magyarázza meg.

További nehézséget jelent a kőzetbolygók képződése. A forró keletkezési elmélet szerint a Föld és társai valaha a Jupiterhez hasonló gázóriások kőzetmagvát alkották, s kiterjedt gázburkukat az idők során a Nap közelsége miatt veszítették volna el. Ez a hatalmas mértékű gázvesztés azonban nem minden gázt érintett volna egyformán: a nagy atomsúlyú nemesgázoknak (Ar, Kr, Xe) vissza kellett volna maradniuk, így ezekből a kőzetbolygóknak ma sokkal többet kellene tartalmazniuk. Ez a megfontolás gyakorlatilag kizárja a kőzetbolygók kollapszusos eredetét.

#### *Hideg (más néven összeállásos vagy akkréciós) keletkezési mechanizmus*

Ha a szoláris köd tömege nem volt elég nagy ahhoz, hogy gravitációsan instabil legyen, akkor lassú hűlése során belőle apró porszemek kondenzálódhattak, mint a hűlő párából a vízcseppek ill. jégkristályok. A porszemcsék kezdetben elektrosztatikusan tapadhattak össze nagyobb konglomerátumokká, ahogyan a jégkristályok hópehelykékké vagy – kevésbé esztétikus hasonlattal – a porszemek a szoba sarkában pormacsává. Efféle képződmények a bolygóközi porban ma is találhatóak. Ha azután az így létrejött centiméteres nagyságú bolyhok valami úton-módon kilométeres darabokká álltak össze (*ez a lépés az elmélet egyik gyenge pontja. Egyik lehetőség, hogy a bolyhok leülepedtek a proplid szimmetriájába egy vékony, sűrű rétegbe, s e porréteg (de nem a gáz) gravitációs instabilitása vezetett a nagyobb képződmények összeállásához.*), akkor már a tömegvonzás vehette át az irányítást. A nagyobb darabokhoz egyre több és több társuk nőtt hozzá (lat. „hozzánövés” = *akkréció*), míg ezek a bolygókezdemények (*planetézimálok*) aszteroida, majd bolygó méretűvé híztak.

Ezen összeállási folyamat részletes matematikai modelljének kifejlesztése Szafronov, orosz planetológus nevéhez fűződik. Szafronov a moszkvai Földfizikai Intézet munkatársa volt, amelyet a már említett O. J. Smidt, a befogási elmélet kidolgozója vezetett. Ebben az elméletben, mint láttuk, a szoláris ködöt a Nap egy csillagközi felhőből fogta volna be. A főnökével nyíltan szembeszállni nem óhajtó Szafronov volt az első, aki egyértelműen kimondta: a szoláris köd eredetének kérdése lényegében független a bolygók kialakulásának problémájától, így saját munkája bármelyik kontextusba beilleszthető.



3. ábra

*Planetezimók összeállása néhány bolygóvá. Egy számítógépes szimuláció fázisai*

Eredményeit Szafronov orosz szaklapokban, majd 1969-ben egy orosz nyelvű monográfiában tette közzé. Szélesebb körben akkor váltak ismertté, amikor könyve egy izraeli szakfordítási program keretében 1972-ben megjelent angolul. Szafronov analitikus számításai nyomán több amerikai kutató megkezdte a folyamat részletes numerikus modelljének kifejlesztését (3. ábra). Az összeállási elmélet hamarosan végképp háttérbe szorította az összeomlási elméletet, és a bolygóképződés máig általánosan elfogadott modelljévé vált.

Az összeállásos elmélet fő vonzereje az, hogy magyarázatot ad a Naprendszer megfigyelt vegyi differenciálódására [MT5]. A lassan hűlő szoláris ködből először a legmagasabb olvadáspontú ásványok csapódnak ki, majd egyre alacsonyabb olvadáspontúak, a jegekig (az illó anyagok szilárd fázisáig) bezárólag. Kémiai számításokkal levezethető, hogy a Naphoz hasonló elemösszetételű ködből milyen ásványok, milyen sorrendben és milyen arányban csapódnak ki. Ez a *kondenzációs sorozat* főbb vonalakban a 2. táblázat első két oszlopában látható. Mármost mivel a hőmérséklet a ködben kifelé csökkent, adott időpontban a kondenzációs folyamat mindig jóval előrehaladottabb volt a Naptól nagyobb távolságban. Ha a szoláris köd maradék gázanyaga egy idő után eltűnt, ez az állapot konzerválódhatott, azaz a Naphoz közelebbi részekben egyre inkább csak magas olvadáspontú ásványokat találunk. A táblázat harmadik oszlopa jelzi, a tapasztalat szerint mely naptávolságokon akadt meg az adott szinten a kondenzációs folyamat.

2. táblázat

A kondenzációs sorozat

Kondenzációs hőmérséklet [K]	Főbb ásványcsoportok	Melyik égitestnél állt meg itt a kondenzáció?
1500	Ca, Al, Ti oxidjai	ősi zárványok meteoritokban
1400	vas, nikkell	Merkúr
1300	szilikátok	Vénusz, Föld
700	vas oxidálódik	Mars
600	szén, szénvegyületek	aszteroidaöv
200	vízjég	Jupiter, Szaturnusz
100	ammónia- és metánjég	Uránusz, Neptunusz, Kuiper-öv

Miért tűnt el a maradék gázanyag? Ennek oka minden bizonnyal a gyorsan forgó és rendkívül aktív Ős-Nap (ebben az időben T Tauri típusú változócsillag) erős csillagszele lehetett, amely egyszerűen elfújta a maradék gázt. Mindenesetre a T Tauri csillagok megfigyelése azt mutatja, hogy protoid többnyire csak 2-3 millió évesnél fiatalabb csillagok körül figyelhető meg, tehát a gáz bizonyosan elég hamar eltűnik. Ráadásul a Nap közelsége miatt pl. a víz a belső Naprendszerben – a 4 CSE tájékán húzódó ún. hóhatáron belül – még akkor sem csapódhatott volna ki, ha a köd sokkal tovább megmarad.

#### *A kőzetbolygók keletkezése. Kozmikus kataklizmák*

A Hold, valamint a kisbolygóövből és a Marsról származó meteoritok tapasztalt sajátosságai arra utalnak, hogy az egyre nagyobb darabokká összeálló kőzettestek a száz km körüli méretet elérve részlegesen vagy teljesen megolvadtak. Az ehhez szükséges hő a becsapódások során felszabadult mozgási energia (képződéshő) és a radioaktív izotópok bomlása szolgáltathatta. A fűtésben szerepet játszhattak az aktív, fiatal Nap erős mágneses tere által a keringő égitestekben indukált áramok is.

Az olvadt kőzetanyagban a nagyobb fajsúlyú vas az égitest *magjába* szivárgott, míg a könnyebb szilikátos kőzetek a *köpenyben* gyűltek össze. A köpeny anyaga viszonylag hamar megszilárdult, míg a mélyen fekvő mag hűlése sokáig elhúzódott. Nagyobb égitestekre a felszín/térfogat arány kisebb, ezért sugárzásos hűlésük kevésbé hatékony. Ezért a nagyobb kőzetbolygók magja ma is legalább részben folyékony állapotban van. Az állandó bombázásnak kitett felszíni rétegek is tízmillió éveken át olvadt állapotban maradhattak (*magmaóceán*), és még később is újra és újra részleges olvadásnak voltak kitéve a becsapódások és a vulkáni tevékenység következtében. Ezen felszíni réteg, a *kéreg* tehát különösen erős differenciálódáson ment keresztül, s így vegyi jellemzői eltérnek az alatta fekvő, ősbibb tulajdonságokat megőrzött köpenytől.

Az összeállási folyamat sajátossága, hogy végső fázisában már aránylag kis számú és nagy méretű égitest marad a rendszerben. A bolygóképződés végső fázisában tehát a már kialakult ősbolygókba aránylag nagy méretű kisebb égitestek csapódtak nagy sebességekkel. A kőzetbolygók egyes jellemzőit, elsősorban forgási periódusukat e néhány utolsó nagy ütközés paraméterei határozták meg, lényegében véletlenszerűen. E tekintetben tehát a „kis számok törvénye” érvényesült, így érthető, hogy valamennyi kőzetbolygó rotációs jellemzői szokatlanok. A Vénusz igen lassan, retrográd irányban forog, míg a Föld és a Mars nagy tengelyferdeséget mutat. (A Merkúr és a Föld forgási periódusának kialakításában a Nap ill. a Hold árapály-keltő ereje játszott szerepet.)

Az összeállás végső fázisában bekövetkezett óriási becsapódások következménye volt mai elképzelésünk szerint a Hold létrejötte is. Az Ős-Földdel rézsútosan ütköző, közel Mars nagyságú másik ősbolygó (fantáziánévén a Theia) becsapódásának hatására a Föld köpenyanyagából jókora adag elpárolgott, majd Föld körüli pályán ismét kondenzálódott, s belőle állt össze testvérbolygónk, a Hold (Hartmann & Davis 1975; Cameron & Ward 1976). Egyedül ez az első hallásra hajmeresztőnek tűnő hipotézis képes egyidejűleg megmagyarázni a következő tényeket:

A Holdnak – átlagsűrűsége és az Apollo űrhajók által telepített szeizmográfok mérései alapján – nincs számottevő vasmagja. Így a Hold nem lehet a Föld párhuzamosan keletkezett „ikertestvére”. A holdkéregben az oxigénizotópok aránya a földivel azonos, noha ez az arány (ma még egyébként tisztázatlan okok miatt) különben minden bolygóra más és más. A Hold tehát nem lehetett eredetileg független bolygó, amelyet a Föld befogott.

A holdkéreg elemösszetétele a földköpeny összetételéhez általában hasonló. Ugyanakkor viszont feltűnően gazdag magas olvadáspontú elemekben (pl. Ti), míg hiányoz-

nak belőle az alacsony olvadáspontú anyagok (alkáli fémek, illók). Ez érthető, ha a Hold az elpárolgott köpenyanyag újrakondenzációjával jött létre.

Az óriás becsapódásra az utóbbi évtizedekben részletes számítógépes modelleket fejlesztettek ki, amelyek megmutatták, hogy a feltételezett esemény nem túl valószínűtlen, és jól reprodukálják kísérőnk főbb jellemzőit.

A fenti keletkezési kép alapján a kőzetbolygók alacsony olvadáspontú és illó anyagokat gyakorlatilag egyáltalán nem tartalmazhatnának, hiszen azok a Naphoz ilyen közelségben sohasem csapódtak volna ki a szoláris ködből. Hogyan magyarázzuk tehát a Föld és a Mars számottevő víz- ill. jégkészletét? A ma általánosan elfogadott elképzelés szerint a Naprendszer külső térségeiben keletkezett jég-kisbolygók, üstökösök becsapódásai útján érkezhettek e bolygók mai vízkészlete – talán éppen az ún. *késői nagy bombázás* idején (1. *Vándorló bolygók és a Hold-katakliizma* fejezetet).

A fentihez hasonló problémát vet fel az a legújabb felfedezés, hogy a Merkúr vasmagja a bolygó forgási sebességének ingadozásai alapján ma is legalább részben olvadt állapotú (Margot és mtsai. 2007). Ez a hűlési modellek szerint csak akkor tűnik lehetségesnek, ha a magban a vashoz más, alacsonyabb olvadáspontú anyag, legvalószínűbben kén is elegyedik. Egy ilyen jelentős kénkészlet eredetét viszont szintén nem könnyű megmagyarázni. Korábban már felvetődött, hogy a Merkúr aránytalanul nagy vasmagját talán nem a kondenzációs sorozatnak megfelelő helyzete (2. *táblázat*) okozhatta, hanem egy, a Földet érthet hasonló óriás becsapódás, amely eredeti köpenyének nagy részétől megfosztotta a bolygót. Ha ez így volt, akkor a Merkúr keletkezési helyén nem feltétlenül uralkodott túl magas hőmérséklet a szoláris ködben, s így talán a kén is kicsapódhatott ott.

#### *Az óriásbolygók keletkezése*

Míg az összeomlásos keletkezési mechanizmus a kőzetbolygók megmagyarázására képtelen, addig az összeállásosnál az óriásbolygókkal vannak nehézségek. Az óriásbolygók holdrendszerei sok tekintetben a Naprendszer kicsinyített másainak látszanak [MT11], ami a Naprendszeréhez hasonló eredetet sugall, egy gravitációs instabilitással képződött korongból. Igaz, ebben az esetben egy alternatív magyarázat is felmerülhet. Ismeretes, hogy az árapályerő hatására egy keringő égitest pályahajlása és excentricitása lassan csökken. A Naprendszer égitesteinek pályasugara annyira nagy a Nap méretéhez képest, hogy mozgásukra – Merkúr kivételével – az ár-apályerők nem gyakorolhatnak számottevő hatást; a holdrendszerek kialakításában viszont ez a hatás komoly szerepet játszhat. (*Az óriásbolygók holdjairól bővebben* l.: Illés E.: *Holdak a Naprendszerben*. Csillagászati évkönyv 2006, 194. o.)

A fő gondot azonban az időskálák jelentik. Kepler harmadik törvényének megfelelően a külső Naprendszerben a keringésidők rohamosan hosszabbodnak, így a keringő planetezimálok egy bolygóba való besöpréséhez is egyre több idő kell. A Jupiter kialakulása több tízmillió évig tartott volna, a Naptól 30 csillagászati egységre keringő Neptunusz esetében pedig kérdéses, hogy egyáltalán hogyan jöhetett létre. Ez az „időskála-probléma” vagy „Neptunusz-probléma” az összeállásos modell fő nehézsége.

Ennek feloldására, vagy legalábbis nagymértékű enyhítésére fejlesztette ki a Kiotói Egyetemen C. Hayashi, a neves asztrofizikus által alapított és C. Mizuno vezette kutatócsoport a *magakkreciós* (más néven *nukleációs*) modellt, amely az óriásbolygók képződésének ma legáltalánosabban elfogadott mechanizmusa. Eszerint a jéghatáron túl a jég kicsapódásával ugrásszerűen nő a szilárd, főként jégből álló planetezimálok mennyisége. Ezekből aránylag rövid idő alatt tíz földtömeg körüli bolygókezdemények állhattak össze. E magok azután magukhoz vonzották a főként hidrogénből és héliumból álló ma-

radék gázt, azaz lényegében göcként szolgáltak a gáz – egyébként csak sokkal sűrűbb köd esetén bekövetkező – kollapszusához. Így a modell „visszacsempészi” az összeállásos elméletbe az összeomlásos elmélet előnyeit. A javasolt mechanizmus akkor működőképes, ha a szoláris köd tömege legalább  $0,08 M_{\odot}$  volt.

Az összeomlás gyorsasága folytán az időskála-probléma lényegesen enyhül, bár a Neptunusz képződéséhez még így is kényelmetlenül hosszú, legalább  $3 \cdot 10^7$  évnyi idő kell. Miután a megfigyelések szerint a proplid csak néhány millió évig marad fenn [MT3], ez nehézséget jelent. Persze talán éppen ez magyarázza, hogy a gázóriásokkal (Jupiter, Szaturnusz) szemben a vízbolygóknak (Uránusz, Neptunusz) miért jóval kisebb a hidrogén-hélium légköre.

Petrovay Kristóf

## A számítógépes grafika

VI. rész

### A vetítésről

A vetítés a számítógépes grafika egyik legfontosabb transzformációja, hisz segítségével tudjuk megvalósítani a 3D valós világban lévő tárgyak szemléletes ábrázolását a 2D képernyőn vagy papíron.

Ha a valós tárgyakat úgy ábrázolnánk a képernyőn, hogy egyszerűen elhagynánk a mélységet jelző  $z$  koordinátát, egy nagyon szegényes, nem szemléletes képet kapnánk, hisz a gömb nem kör, a kocka nem négyzet stb. Valamilyen úton-módon szemléltetni kell a  $z$  koordinátát is, ennek függvényében kell kiszámítani a másik kettőt.

Vetítésre két módszer terjedt el. A *képies* ábrázolásmód az emberi látáshoz (és fényképezéshez) nagymértékben illeszkedik. Az ilyen ábra igen szemléletes, de torzításai jelentősek. A *mérnöki* ábrázolásmód a tárgy tényleges méreteiből, arányaiból lehetőleg sokat megtartó módszer. Az ilyen módon készült ábrák szükségképpen kevésbé szemléletesek. A perspektivikus torzulásokhoz szokott emberi szem sokszor éppen ezeket az ábrákat látja „torzoknak”.

De mit is nevezünk vetítésnek? *Vetítés*: azok a dimenzióvesztéssel járó ponttranszformációk, amelyeknél bármelyik képpont és a neki megfelelő összes tárgypont egy egyenesen helyezkedik el.

A fény egyenes vonalú terjedése folytán az optikában létrejövő leképezési folyamatok nagy része ilyen transzformációval egyenértékű – ez teszi magától értetődővé a vetítés szó használatát.

Az összetartozó tárgy- és képpontokon áthaladó egyenest *vetítősugárnak* nevezzük.

- *Képfelület*: az a felület, amire vetítünk.
- *Tárgypont*: pont a valódi tárgyon.
- *Képpont*: pont a képen (vetületen).
- *Vetület*: a tárgynak a képfelületen létrejött képe.