

Dénes Lajos

No, mi a ménkű ez!?!

Meteoritekről alapfokon

Dénes Lajos

No, mi a ménkű ez!?!

Meteoritekről alapfokon.



ISBN: 978-963-12-3838-9

Előszó

Már gyerekkoromban is érdekelt a világűr, a csillagászat, a világ megismerésének a lehetősége.

Később megpróbáltam távcsőtulajdonosból amatőr csillagásszá válni.

A Polaris csillagvizsgáló rendszeresen szervez bemutatókat, szakköröket és ismeretterjesztő előadásokat.

Itt tartott Kereszty Zsolt egy előadást a meteoritekről. Zsolt előadása nem a megszokott volt, nem a meteoritekről beszélt, hanem a szerelmeiről mesélt, áhítattal, szeretettel... és szakértelemmel.

Másnap felhívtam vagy e-mailt küldtem neki már nem emlékszem, de valamit azonnal rám ragasztott ez biztos! Beszélgetéseink, levelezésünk napi szintűvé vált. Nagyon sokat tanultam tőle, rengeteg segítséget kaptam, hogy megismerhessem ezt a csodálatos világot, amit a meteoritek hoznak el nekünk a világűr mélyéből.

Az olvasó tanulmányaim jegyzeteit olvashatja rendezett formában.

Külön köszönetet szeretnék mondani azoknak akik anyagokkal, képekkel, tanácsaikkal, észrevételeikkel segítették azt, hogy ez a könyv elkészülhessen.

Bakos Liza
Bartha Lajos
dr. Bérczi Szaniszló
dr. Csizmadia Szilárd
Kereszty Zsolt

Köszönöm!

Ráckeve, 2015. 10. 14.

Dénes Lajos

Naprendszer születik

A Nap és a körülötte keringő égitestek kialakulása, a ma legelfogadottabb modell szerint, egy porból és gázokból álló felhő összehúzódásával kezdődött. A hidrogén és a hélium adott a mérések és a Nagy Bumm elmélet alapján, hiszen ez alkotja az Univerzum látható anyagának 99%-át. Nyilván egy, a csillagászatban közelinek számító, szupernóva robbanása szolgáltatta a nehezebb elemeket, a szenet, a kőzetalkotó elemeket, pl. a szilíciumot, de a vasat vagy az uránt is. Az összehúzódást valószínűleg egy „közeleli” csillag felrobbanása indította el, amely mint csillagszél elkezdte mozgatni a viszonylag homogén elrendezésű gáz és por elegyet. Ez a folyamat kb. 4,7 milliárd évvel ezelőtt kezdődött. Ebben a forgó, korong alakú felhőben lezajló folyamatok határozták meg a Naprendszer égitestjeinek tulajdonságait, így a mozgásukat, az anyagi összetételüket és az ettől függő felszíni alakzataikat is. Az ún. Lewis-féle modell szerint a kondenzációs folyamatokat és az anyagi összetételt nagyban befolyásolta a Naptól való távolság.

Az ősnapban meginduló magfúziós folyamat jelentősen felfűtötte a felhő központi részét. A szoláris köd belső vidékeiről a gázok, illetve a porszemcsékből felszabaduló illékony anyagok a Naptól áramló részecskesugárzás, a napszél segítségével a külső területekre kerültek. A belső bolygókezdemények, bolygócsírák összeállásában főleg szilárd szemcsék vettek részt. Távolabb, ahol elég hideg volt a víz kicsapódásához, a vízjég-szemcsék száma ugrásszerűen megnőtt. Az ennél távolabbi tartományban már a víz is részt vett a planetézimálok felépítésében. A szoláris ködből jelentős mennyiségű gázt csak az óriásbolygók tudtak magukhoz kötni, de azok is csak az összeállás későbbi fázisában, amikor már kellően nagy méretű és gravitációjú maggal rendelkeztek. A gázbolygók nagy kiterjedésű légköre azért tudott megmaradni, mert a Naptól távol alacsonyabb a hőmérséklet emiatt kisebb a gázok hőmozgása, és a napszél ereje is gyengébb. Később a bolygócsírák további növekedésében már nem a por- és gázgyűjtés jelentette a fő szerepet, hanem az egymással való összeütközés és összeolvadás.



Szilárd anyagok

Most minket a meteoritek érdekelnek, ezért inkább a belső részhez, a kőzetbolygók környékére térjünk vissza.

A ma leginkább elfogadott, 1976-ban publikált Lewis-Barshay-modell szerint, a fő kőzetalkotó szilikátok alkották a belső bolygók övében kiváló ásványok nagy részét. Ezek olvadékcseppeket alkottak egykor, mert a korai Nap kitörései egyes tartományokban úgy felforrósították a por- és gázködöt, hogy az addig már kialakult és összetapadt kristályok megolvadtak, majd lehűltek. A gömbbé olvadt szemcsék megőrizték alakjukat a kihűlés után is.

Kondrumok

A kondrumok, (kondrum görög eredetű szó, magot jelent), a tized-milliméterestől a centiméteres méretig terjedő nagyságú kicsiny kőzetgömbök. Ezek a megolvadt, majd kikristályosodott cseppecskék a kondrumok, melyekre rátapadt az akkréciós korongban található por.

Bolygócsírák - planetezimálok

A kondrumok és a maradék poranyag összetapadással és ütközésekkel egyre nagyobb csomókká, égitestekké halmozódott. A halmozódásban a por és a szemcsék elektrosztatikus feltöltődése is szerephez jutott. A csomók hógolyó-effektusszerűen növekedtek és bolygócsírákká alakultak. A bolygócsírák folyamatos ütközések részesei voltak, amelyekben egymáshoz tapadtak, és egyesek egyre nagyobbá nőttek a kisebb sebességű ütközések során. Amint a Nap elérte azt a tömeget és nyomást, hogy elinduljon a fúzió, a keletkezett napszél kifújta a gázt a Nap környezetéből. Ez okozza, hogy a belső bolygók a nehezebb anyagból felépült kőzetbolygók, míg a külső bolygók gázbolygókká alakultak.

Most nem témánk a bolygók kialakulása, de itt érdemes három definíciót megemlíteni.

Bolygó

A bolygó olyan jelentősebb tömegű égitest, amely egy csillag vagy egy csillagmaradvány körül kering, elegendően nagy tömegű ahhoz, hogy kialakuljon a hidrosztatikai egyensúlyt tükröző közel gömb alak, viszont nem lehet elég nagy tömegű ahhoz hogy belsejében meginduljon a magfúzió. Ma már fontos tulajdonság az is, hogy tisztára söpörje a pályáját övező térséget.

(„tisztára söpörje a pályáját övező térséget” - itt bukott meg 2006-ban a ma már 134340 Pluto névre hallgató, valamikor a kilencedik bolygóként ismert Plútó...)

Törpebolygó

A törpebolygó a Naprendszerben keringő égitestek azon típusa, átmenetet képez a bolygók és a kisbolygók között. Olyan égitest, amely a Nap körül kering, de nem egy másik bolygó holdja, elegendően nagy tömegű ahhoz, hogy kialakuljon a hidrosztatikai egyensúly, közel gömb alak, de nem söpörte tisztára a pályáját övező térséget.

Kisbolygók

A kisbolygó vagy aszteroida a törpebolygónál kisebb, szabálytalan alakú, szilárd anyagú égitest.

A kisbolygók többsége a kisbolygóövben található; ellipszis alakú pályán keringenek a Nap körül, a Mars és a Jupiter pályája között illetve a Kuiper-övben azaz a Pluto környékén helyezkednek el.

A kisbolygóövben lévő anyag túl kevés ahhoz, hogy kialakulhasson belőle az ötödik kőzetbolygó, mert számítások szerint az anyag össztömege a Holdénak a 4 %-a csupán. A másik ok pedig a Jupiter, amelynek gravitációs zavaró hatása nem engedte a planetezimálok bolygóvá összeállítását, így egy kisebb-nagyobb testekből álló, több ezer tagot számláló övezet maradt a helyén. A kisbolygók anyaga bizonyos szempontból azonos, de mégis jelentős különbségek adódnak köztük. Ezek a különbségek lehetővé teszik az osztályzásukat.

Az aszteroidák keringenek a kisbolygóövben az égi mechanika törvényei szerint, ki-ki a maga pályáján. Ezek a pályák keresztezhetik egymást, mert az eltérő sebességek és az ellipszispályák tengelyei közötti különbség más és más pályát határoznak meg. Tehát az ütközések biztosak, csak idő kérdése, hogy mikor történik meg. Az ütközések többfélék lehetnek. Kis-sebességű ütközések esetén összetapadhatnak, vagy minimális pályamódosulás léphet fel. Az is elképzelhető, hogy lepattannak egymásról és gyökeresen megváltozik a pályájuk. Nagy sebességű, nagy tömegű testek szétfúzhatják egymást és a törmelékek tetszőleges irányokban szóródhatnak szét és elhagyhatják a kisbolygóövet. Jelentősen befolyásolja az ütközések kimenetelét a sebesség különbség, az ütközés iránya, az ütközés szöge, az ütköző testek tömege, anyagösszetétele. A „törmelék” neve innentől kezdve meteoroid.

A **meteoroid** egy viszonylag kicsi (homokszem és szikladarab közötti méretű) szilárd test a Naprendszerben, amely túl kicsi ahhoz, hogy kisbolygónak tekinthessük.

Amikor egy bolygó légkörébe lép, a meteoroid a súrlódás hatására felhevül és részben vagy teljesen elpárolog. A meteoroid útján ekkor a gáz ionizálódik és felizzik. Az izzó csóvát **meteornak** vagy hullócsillagnak nevezzük.

Ha a meteoroid bármely darabja eléri a talajt, azt **meteoritnek** nevezzük.

Ez így érthető és elképzelhető, de módosítanom kell, mert az IAU 1995-ben pontosabban definiálta az általam törmeléknek nevezett anyagot.

- A meteoroid méretét 100 μm és 10 m között határozza meg, az ennél nagyobb test aszteroida, a kisebb pedig bolygóközi por.-

A korai Naprendszerben a közelmúlt számításai szerint több mint 100 bolygószerű égitest alakult ki. Ezek folyamatos ütközések miatt összetapadtak, szétestek, a darabok belezuhantak egy másik bolygó kezdeménybe, később bolygóba. A nagyobb égitestek, nevezzük most már bolygónak a törmeléket gravitációs hatásuk erejével vagy magába gyűjtötte vagy az ún. „parittyá hatás” (amit az űrhajózásban pl. szondák felgyorsítására is használnak) kirepítette a külső pályákra.

Régebben volt még forgalomban egy olyan elmélet is, hogy a Nap a pályát megközelítő „idegen” naprendszerből kiszakadt bolygókat befogta, de ma már ennek esélyét minimalizálták. Nem vetették el teljesen az ötletet, mert pl. a Murchison és az Orgueil szenes kondritok kormeghatározásakor az az eredmény adódott, hogy a meteorit idősebb a Naprendszer koránál... Kimutatták, hogy a bennük található szilícium-karbid-, illetve kis sűrűségű grafit szemcsék egy II. típusú szupernóva felrobbanásakor keletkeztek, majd sodródtak be a Naprendszerbe.

De találtak nagy sűrűségű grafit szemcséket is. Ez pedig nem jellemző.

A mai magyarázat szerint, a meteoritokban található, nagy sűrűségű grafit szemcsék

többsége ezzel szemben kisebb tömegű, életük vége felé közeledő vörös óriások körül keletkezett, majd az erős csillagszél juttatta el az éppen formálódó Naprendszerbe.

Tehát, kialakultak a belső kőzetbolygók a maradék egy része a Mars és a Jupiter között hozta létre a „Fő aszteroida övet”, egy része kijebb sodródott.

A Kuiper öv, a fő aszteroida övben keringő égitesteknél valószínűleg több objektumot tartalmazó öv, amely a Neptunuszon túl terül el.

Ezeken kívül még nagyon sokféle pályájú, elnevezésű aszteroidát ismerünk. Csak címszavakban;

A trójai csoport egy kisbolygócsoport gyűjtőneve, amelyek speciális pályán, három bolygó és a Nap közös Lagrange-pontjai közelében keringenek.

Földközeli objektumok. Jó néhány olyan objektum is van, amelyek nem az aszteroida övekben, és nem is nagybolygók vonzásától befolyásoltan keringenek, hanem valamely korábbi gravitációs hatás miatt szabadon mozognak Nap körüli pályájukon ezek keresztezhetik más égitestek pályáját is.

Üstökösök, vagy a Kentaur típusú objektumok...



Meteoroidek érkezése

Tegyük fel, hogy egy széttört kisbolygóból származó darab pályája úgy módosult, hogy ütközőpályára került a Földdel. Néhány paraméter ami fontos lehet:

Sebesség

Ha a meteoroid planetocentrikus pályán halad akkor 12-20 km/s a sebessége, viszont heliocentrikus pálya esetében a maximális sebessége 72 km/s lehet. Ha „hátról” éri utol a céltestet akkor kisebb, ha „szemből” érkezik a akkor nagyobb relatív sebességgel csapódik be.

Beesési szög

Ha a meteoroid túlságosan lapos szögben (25-30 °) érkezik akkor lepattan a sűrűsödő légkörről, és folytatja útját. Ez persze a legnagyobb mértékben a sebességtől függ, ha lassabban mozog, az akkor már meteor, elpárolog. Ha elég gyors és nagy, akkor csak „csíkot húz”, a meteor észlelők legnagyobb öröme, és folytatja útját.

A meteorok feltűnési magassága, ahol megpillantható a fényes csíkjuk az égbolton kb. 80–120 km, és általában 40–60 km magasan hunynak ki. A légkör felső határához 10–70 km/s sebességgel érkeznek.

Ion csatorna

A meteoroidok kozmikus sebességgel érkeznek, ezért kis tömegük ellenére hatalmas mozgási energiával rendelkeznek. Ennek az energiának kb. 1%-a ionizációs és gerjesztési folyamatokra fordítódik, a többi hővé alakul. A gerjesztés hatására fényjelenség lép fel, ez az a hatás, amit először megpillanthatunk, ez a légkör gázainak és a meteoroid párolgó anyagainak ionizálódása miatt jelentkezik.

Egy 30–40 km/s sebességű, 0,1 g tömegű meteoroid kb. 0 magnitúdós fényjelenséget képes okozni pár tizedmásodpercig. Ez a fényesség megegyezik a Vega csillagével (LYR). A Vénusz fényességénél (-4 magnitúdónál) fényesebb meteorokat tűzgömbnek nevezik. Ezek közül sok erősen darabolódik a nagy hőhatás és az erős fékeződés hatására, így kisebb darabokra hullik szét. Az így szétrobbanó tűzgömböket bolidának hívják.



Hőhatás

Ha egy meteoroid 400 km-re megközelíti bolygónkat akkor a Föld mégoly ritka légköre, a kozmikus sebesség miatt, már elkezd megmelegíteni a testet. Az egyre sűrűsödő légkör fékező ereje a meteor mozgási energiáját hőenergiává alakítja, ezért vagy elég, pontosabban elpárolog vagy becsapódik ugyan, de magán fogja viselni az ún. ioncsatorna hatását. A meteorok a hangsebesség többszörösével száguldanak, ezért maguk előtt tolják az összesűrűsödő légkör gázait, így közvetlenül nem érintkeznek a plazmával, de a csatorna oldala, a különböző örvénylések, az ún. termális lökéshullámok, körben elérik a testet, ami még bukdácsolva forog is, ekkor alakul ki az oladási kéreg (fusion crust), a regmaglipt, thumbprint nyomok, az olvadék folyások (flow lines) a leendő meteorit típusától függően. Ez a hatás kerekíti le az éleket is, felelős az esetleges fragmentálódásért.

Hőmérséklet különbség, feszültségek

A meteoroid jól el volt néhány, akár 4,5 milliárd évig az űrben, közben lehűlt, átvette környezete körülbelüli -250 °C hőmérsékletét. Meteor korában, ami néhány másodperctől két-három percig tarthat, hihetetlen hőhatás éri. Eleve, ha ütközés következtében szakadt ki a szülőbolygójából, a test tele lehet repedésekkel, feszültségekkel. Különböző hővezető képességű és hőtágulású rétegek lehetnek bennük. A nagy hőmérséklet különbség a mag és a külső átforrósodott „kéreg” között, megteszi hatását. Például a kő meteoroidok esetében 600 °C esetében biztos a szétesés. (Természetesen minden kijelentéshez oda kellene írni, hogy ez jelentősen függ a sebességtől és a beesési szögtől.) A meteoritek nagy része tehát felrobban, szórásmezőt hozva létre. Általában útjuk végén már szabadesésben hullanak a Földre, kis lyukakat ütve a talajba.

Nagyon nagy meteoroidok a kozmikus sebességük jelentős hányadának megtartásával csapódhatnak a földre, ezzel nagy sebességű becsapódási krátereket létrehozva.



NWAXXXX OC Morocco in Erfoud 2012

Becsapódási kráterek

A becsapódási kráterek monogenetikus szerkezetek. A becsapódás folyamatát három részre osztják.

Érintkezés/összenyomás

A becsapódó test hatása az $E=1/2m*v^2$ képlet segítségével kiszámítható a becsapódás energiája.

A képletből látható, hogy a sebesség (négyzetesen) befolyásolja leginkább a becsapódás energiáját.

Ismét megemlítem, hogy a sebesség 12-72 km/s-ról indul, amikor a meteoroid eléri a felső légkört, a súrlódás lassítja ugyan, de a becsapódáskor ez a sebesség hatalmas.

(Természetesen nagyban függ a becsapódás szögétől és a test lendületétől, pontosabban impulzusától.)

A test a felszínhez érése után átmérőjének megfelelő mélységbe hatol a szilikátos kőzetben. Vízben ez a érték az átmérő 3-4 szerese. A közeg eközben lefékezi a testet. A test ezalatt adja át mozgási energiáját, lökéshullám formájában a közegnek, egy része pedig hővé alakul. Ez pár századmásodpercig tart. A hangsebességnél nagyobb becsapódási sebesség miatt, az energia egy lökéshullámfrontot alkot a becsapódó test előtt, ezért minden kráter kör, pontosabban tál formájú lesz. Kivétel csak a nagyon lapos szögben érkező becsapódás esetében lehetséges.

A nyomás a becsapódás centrumában elérheti a 100 GPa-t, és a 3000 °C hőmérsékletet, ez elpárologtatja az anyagot, távolabb megolvasztja. Az ún. kompressziós lökéshullám visszafelé is hat ez megolvasztja és elpárologtatja a becsapódó testet is. Van még egy hatás amit fontos megemlíteni, mégpedig az, hogy a meteorit, még a vasmeteorit is, részlegesen vagy teljesen széttöredezhet, fragmentálódhat, így a kráter környékén is található meteorit darab. A kompressziós lökéshullám felelős az ún. sokk hatásokért, erről majd a kondritoknál fogok részletesebben írni.

Ebben a fázisban keletkeznek a nagy sebességű jetek, melyek a becsapódás sebességének akár a háromszorosával, sugarasan dobják ki az anyagot. A sokkhatást szenvedett törmelék kicsapódása több 10 km magasságba emelkedhet, sőt sebessége elérheti a szökési sebességet is. Ennek köszönhető, hogy holdi és marsi eredetű meteoritokat találtak a Földön. A visszahulló, hirtelen lehűlő anyag átalakul, kikristályosodik és létrehozza a meteorit gyűjtők számára, az impaktit anyagokat, melyek a talajt alkotó kőzetektől, ásványoktól függően, impakt breccsa, tektit vagy természetes üveg lehet. A kráter alján még nagy mélységben is átalakul a kőzet, ugyanis a lökéshullám szeizmikus hullámkén terjed tovább, hasonló kőzetbreccsák, üvegek alakulhatnak ki, de nem kizárt a gyémánt sem. (Az impaktit anyagokról, fajtáiról külön fogok írni a későbbiekben...)

A test, amit most már meteoritnek nevezhetünk, befejezte ténykedését, a kráter további alakításában már csak az általa keltett lökéshullám vesz részt.

Kivájás

Ez az ún. tranziens kráter növekedése.

Ez nagyon érdekes és bonyolult mechanizmus. (Most néhány mondatot inkább szó szerint idézek.)

„A lökéshullám (shock wave) hatására az anyag a lökéshullám központjától távolodni fog. Amikor a lökéshullám energiája elfogy (az eredeti nyomás visszaáll), az anyag még mindig mozog. A tranziens kráter kinyílása a dekompressziós lökéshullám hatására jön létre. Ez a lökéshullám már hangsebességgel halad, és nem okoz irreverzibilis változásokat (sokkhatást), mint a becsapódás kompressziós lökéshulláma (shock wave).

A becsapódás energiája az anyagot mozgatva a gravitáció és a súrlódás legyőzésére fordítódik. Így a robbanás energiája mellett ettől a két paramétertől függ a végső kráterátmérő. A tranziens kráter a becsapódás energiájától függetlenül hasonló (tál vagy félgömb) alakú, és csak a későbbi folyamatokban veszi fel a „méretének megfelelő” morfológiát. A tranziens kráter mérete szoros összefüggésben van a felszabaduló energia nagyságával; a végső kráterméretet azonban a helyi földtani és gravitációs viszonyok is befolyásolják (például a kráterfal suvadása). A tranziens kráterből távozó anyag mennyiségét valószínűleg elhanyagolhatóan kis mértékben befolyásolja a helyi gravitáció, mivel ebben a robbanás energiája a döntő tényező.”

Mit jelent mindez? Azt, hogy a tranziens kráterek mélységének és átmérőjének aránya nagyjából állandó! A tranziens kráternél ez az arány kb. 1:3,5 .

„A kivájás végzetéig a becsapódó test átadta energiáját a kőzetnek. Az energia függvényében létrejött egy adott méretű “standard formájú” tranziens kráter. Vagyis: a tranziens kráter alakját sem átmérője, sem a becsapódás sebessége, a felszíni gravitáció vagy a felszín anyagának tulajdonságai nem befolyásolják jelentősen (a becsapódás szöge is csak extrém esetben számít). A kráterek változatos formakincsét az ezután következő folyamatok hozzák létre.”

(idézet: Bérczi Szaniszló, Gucsik Arnold, Hargitai Henrik, Horvai Ferenc, Illés Erzsébet, Kereszturi Ákos, Nagy Szabolcs János: A Naprendszer kis-enciklopédiája – A Naprendszer formakincse (1): Becsapódások folyamata, nyomai és hatásai. ELTE TTK – MTA Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport, 2005.)

Átalakulás

A tranziens krátert a gravitáció és a kőzet mechanikai elváltozásai módosítják.

Az anyag kidobódás ekkor már megállt, de a visszahullás még tart, a kráterfalak visszaomolhatnak, suvadnak (suvadás, más szóval lejtőcsuszamlás). Ez feltölti a kráter medencét. Ez a feltöltődés akár 50%-os is lehet. Így létrejött kráter neve; „egyszerű kráter”. A végső kráter átmérője a tranziens kráterénél legfeljebb 20%-kal lehet nagyobb. A modellek azt az eredményt adják, hogy egy kb. 1 km széles kráter is max. 10 perc alatt alakul ki.

A modellezést katonai robbantásokkal létrehozott krátereknél tanulmányozták, de ma már labor körülmények között is modellezhető maga a kráterképződés, de pl. a törmelékterítő jellegzetességei, nem megfelelően tanulmányozhatóak.

A mélység és az átmérő aránya kb. 1:5 változik. A lecsuszamlott üledék alatt lévő kilökött és visszahullott törmelék a megolvadt kőzetekkel együtt alkotja a breccsalencsét, amely részben feltölti az eredeti mélyedést.

Ez alatt található a kráter valódi alja, mely a tranziens kráteréhez képest jelentősen már nem módosult.

A nagy energiájú becsapódásoknál jelentkezik egy ún. rugalmas visszapattanás. A becsapódás kőzetet összenyomó (kompressziós) lökéshulláma elhaladása után a nyomás alatt lévő kőzetből a nyomás az úgynevezett dekompresziós lökéshullám vagy dilatációs hullám segítségével szabadul fel (visszapattan). Ennek magassága a gravitáció nagyságától függ leginkább. A földi gravitáción, a kristályos kőzetben 4 km-es, laza üledékben 2 km-es átmérő fölött már komplex kráterek képződnek. A rugalmas visszapattanás okozta központi csúcs megjelenése a Földön tehát min. 2-4 km széles krátereknél jelentkezhet, a kőzettől függően.
A másodlagos kráter mélység-átmérő aránya kb. 1:10.



A képen az egyik legismertebb becsapódási kráter a **Barringer-kráter** látható.
A kráter 1200 méter átmérőjű, a fennsíkhoz képest 170 m mély, és 45 m magas felgyűrt pereme van. A krátert a számítások szerint egy 45 méter átmérőjű, 300 000 tonna tömegű, 19 km/s sebességgel becsapódó vasmeteorit vágta.

Három típusú meteoritet különböztetünk meg. A kő, kő-vas és vas meteoritek.

Kőmeteoritek – Stony Meteorites

Kondritok

A kondritok a meteoritek egy gyakori típusát alkotják. A meteorithullások idején az esetek 85%-ában kondritos meteorit hullik.

Besorolások

E - Ensztatit kondrit. Ez csak annyit jelez, hogy magas a magnézium tartalma. Az ensztatit a piroxéncsoport gyakoribb tagja, magnézium tartalmú szilikátásvány..

OC - Ordinary chondrite azaz normál vagy közönséges kondrit
A normál kondritok adják a meteorit hullások 73%-át. Ezen belül;

H (bronzit) magas, 12-21% Fe-Ni tartalom. A hullások 31%-a.

L (hipersztén) alacsony, 5-10% Fe-Ni tartalom. A hullások 35%-a.

LL (amfoteritek) kb. 2% Fe-Ni tartalom. A hullások 7%-a. Az LL esetében alacsony a vas és alacsony a teljes fémtartalom is.

Petrológiai jellemzők alapján 6 csoportba osztották őket.

1. Típus: kezdeti kondritos állapotok, ősi szövet, fölmelegedésre utaló nyomok nélkül, nagy mennyiségű víz és szén jelenléte, az olivin és piroxén vízes fázisátmenetei arra utalnak, hogy ez a változás 50-150 °C között történt, ez nem elég ahhoz, hogy forró termikus metamorfózis játszódjon le. Kalcium-alumínium oxid zárványok láthatók (CAI – Ca-Al-Inclusions) bennük.

2, Típus: a fölmelegedés megkezdődött és ennek hatására a kondrumok körvonalai kissé elhalványodnak, a szövetszerkezet átalakul, de még tisztán láthatóak a magok. Jobban látható a vízes változás hatása, de még találhatóak a változatlan olivin és piroxin kondrulák. A kondrulák körül vékony perem látható, számítások szerint 200 °C alatti volt a felmelegedés.

3, Típus: a fölmelegedés hatására ~ 150-250 °C , itt már láthatóak kisebb fokú metamorfózis jelei. A 3-as típust további 10 altípusra osztották, az átalakulás mértéke szerint. Az átalakulásnál főleg a „poros mátrix”-tól az egyre durvább szemcséjű komponensek felé növekszik az érték. A végén már ezek nagyobb szemcséjűek lehetnek mint a kondrulák.

4. Típus: további fölmelegedés hatására a szilikátok szövetei átalakulnak A különböző sűrűségű anyagok hőmozgása már látható a vékony csiszolatokon. A kondrulák széle szabálytalanná válik. Egyre több ásványi anyag válik homogénné a magas hőmérséklet miatt. A mátrix átkristályosodott, és durva szemcséket tartalmaz. A hőmérsékleti tartomány 200-400 °C volt.

5, Típus: a kondrulák széle egyre jobban elmosódik, a mátrix már nem felismerhető 400-600 °C közötti hőmérsékleten a diffúzió tovább folytatódott.

6, Típus: A mátrix és a kondrulák már nem felismerhetőek, az ásványok egymásba alakulása miatt új metamorf ásványok jöttek létre mint pl. a földpátok.
A hőmérséklet 600 °C fölött volt és szinte átsütötte a kondritot.

Sokk metamorfózis becsapódáskor éri a meteoritet, ez nyomással és hőmérséklet emelkedéssel jár, mint arról már volt szó a becsapódási események tárgyalásánál. Fontos! Ez nem egy feltétlenül egzakt paraméter. Nagy szórásmezőből gyűjtött darabok esetén, de individuális meteoritnél sem mindegy, hogy a bevizsgált minta a meteorit melyik részéről származik.

S1: éles kioltás (5 GPa alatt) hőmérséklet változás: 10 °C körül.
Nem sokkolt, az éles kioltás úgy látható, hogy jól elhatárolt a vékony ütközési zóna a kondrit szövetétől. Mikroszkópban kis számban rendezetlen törések, repedések láthatók.

S2: hullámos kioltás (5-10 GPa) hőmérséklet változás: 20 °C körül.
Nagyon gyengén sokkolt. Hullámos kioltás, tehát az ütközési zóna már nem egyenletes, de még vékony, rendezetlen törések láthatóak.

S3: planáris törések (PF-Planar fractures) (10-20 GPa) hőmérséklet változás: 100 °C körül.
Gyengén sokkolt. Az olivinben már planáris törések láthatók. Opak sokk-erek, (opak – az átlátszó kristályok elhomályosulása) az olvadékzsebek, néha összekapcsolódnak. A kioltás határa kezd vastagodni.

S4: mozaikos kioltás (20-30 GPa) hőmérséklet változás: 300 °C körül.
Jelentősen sokkolt. Olivinben gyenge mozaikos kioltás látható. A plagioklászban (ez keményebb földpátok csoportjába tartozó ásvány) még csak hullámos kioltás nyomai láthatók. Megjelennek az ún. deformációs lamellák (PDF). (A deformációs lamellák, remélem geológusok nem olvassák, tehát csak magunk közt, azt jelenti, hogy az ásvány lemezes szerkezetűvé roncsolódott.)

S5: sokk-lamellák (PDF-Planar deformation features), (30-35 GPa) hőmérséklet változás: 600 °C körüli.
Erősen sokkolt. A plagioklász maszkelinitté alakul. (Mi a maszkelinit? Nagyon leegyszerűsítve...
Bizonyos üvegek főként a homok megolvadásával alakulnak ki, de a kristályrács a lökéshullámok hatására megolvadás nélkül is amorffá torzulhat. Így jön létre például a földpátból keletkező maszkelinit. A kiüvegesedett ásványokat a becsapódás lökéshulláma zúzza szét.)
Olvadékzsebek és erek jelentősége megnő a kondrit szövetében. Opak sokk-erek jól láthatóak.

S6: olvadás (35 GPa fölött). Hőmérséklet változás: 1500 °C vagy magasabb.
Nagyon erősen sokkolt. A olivinban szilárd fázisú átkristályosodás, ringwoodit jelentkezik. (Ringwoodit az olivin spinel szerkezetű nagynyomású poliformja.) (spinel szerkezet: köbös rács szerkezet.), lokális olvadások láthatók . Plagioklász sokkolvadást szenved.

Időjárás hatása. (weathering)

A becsapódott meteoritek több millió évet is eltölthetnek a Földön mire megtalálják őket. Az „idő vasfoga” megrágcsálja a meteoriteket is.

W0: nem látható oxidáció a fémen vagy troilite (troilite- vasszulfid). Általában a közelmúltban esett meteoritok jelentős része ide tartozik.

W1: kis oxid foltok a fémes részeken és kis troilite erek láthatók.

W2: mérsékelt oxidáció (kb. 20-60% területen).

W3: nagy oxidáció és troilite (60-95% területen).

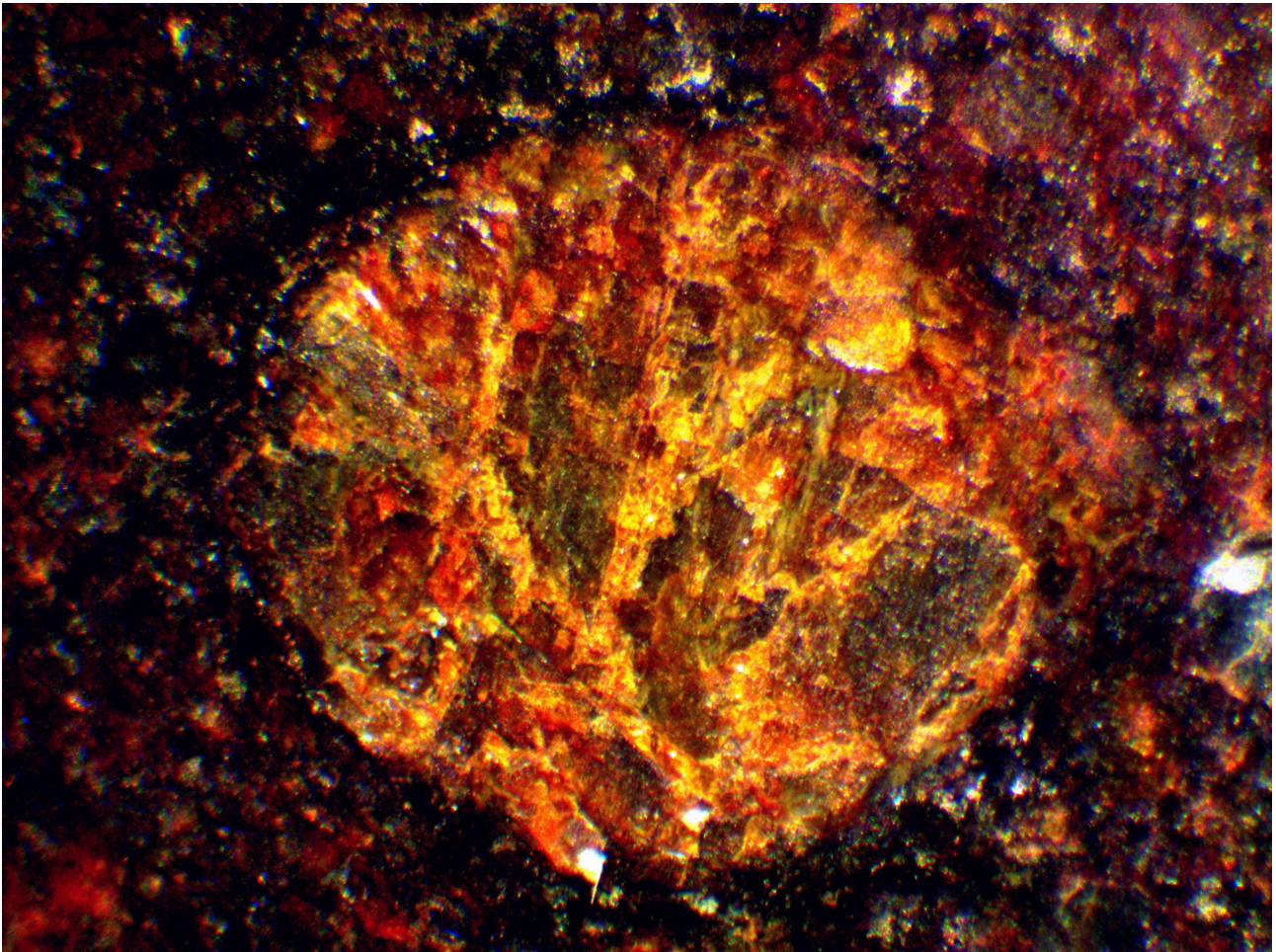
W4: komplett fém oxidációja és troilite (> 95% területen), de még nem változtak a szilikátok.

W5: megkezdődött a mafikus szilikátok átalakulása, főleg a repedések mentén.

(mafikus – színes, Fe és Mg tartalmú szilikátok: olivin, piroxének, amfibolok, csillámok)

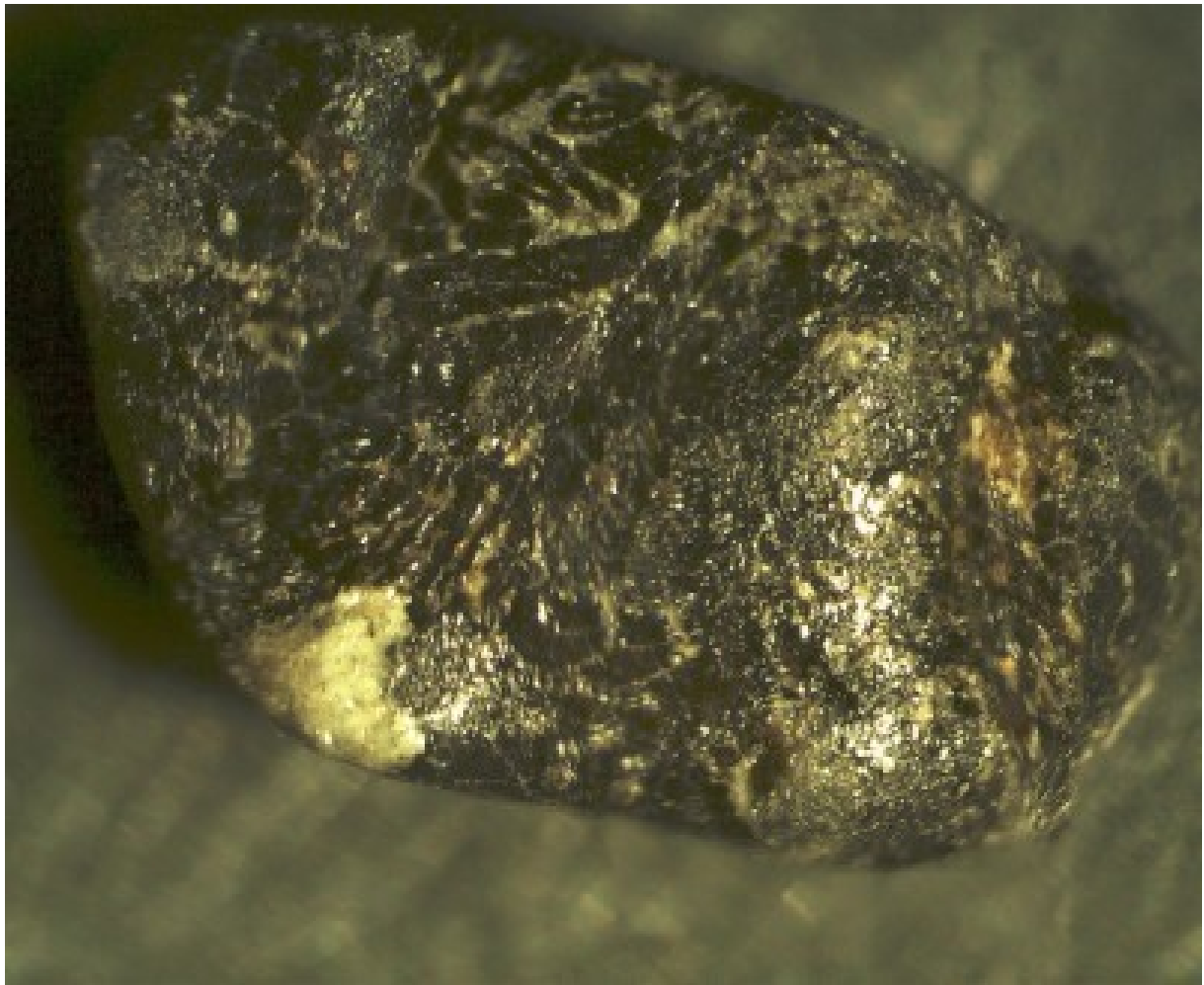
W6: teljes átalakulása szilikátoknak, agyagásványok és oxidok alkotják a szerkezetet.

Minden meteorit tartalmaz valamennyi vasat, ha ez oxidálódni, rozsdásodni kezd, ez elősegíti a kőmeteoritok mállását is.



Csátalja H4, S2, W1, 10X nagyítás

Hogyan néz ki egy „hivatalos” megnevezés?



Chelyabinsk OC LL5, S4, W0. Russia, 2012. 02. 15. TKW: 1t Main mass: Unknown

Menjünk sorban!

Chelyabinsk ez a hivatalos neve a cseljabinszki meteoritnek. Ezen a néven vették lajstromba, így kereshető a meteoritek adatbázisában, a „Meteoritical Bulletin Database”-ben.

<http://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php>

OC - Ordinary chondrite azaz normál vagy közönséges kondrit

LL-5 Ez azt jelenti, hogy L alacsony a vas tartalom, L alacsony a teljes fém tartalma is.

5 jelentése, hogy 5-ös petrológiai osztályba tartozik.

S4 – sokkoltsági foka 4-es kategóriába esik.

W0 – Friss hullás, az időjárási hatások nem jelentkeztek a meteorit felszínén, ill. a meteoritben.

TKW – Ismert összsúly (Total Known Weight)

Main mass – a legnagyobb (ismert) darabjának tömege

Akondritok

Kőmeteoritek kondrium nélkül. Egyes példányai holdi vagy marsi eredetűek.

A hullások 8%-a akondrit.

Az akondritok a kondritokkal indult hőtörténeti fejlődés második szakaszában keletkeznek a nagyobb méretű kisbolygókon. Az átkristályosodás után, a nagyobb égitesten tovább emelkedő hőmérséklet a primitív kondritos kőzet részleges megolvadásával jár együtt.

Először a legalacsonyabb olvadáspontú összetevők olvadnak ki. Ez a vas és a vas-szulfid ásványcsoport.

Az akondritokat a következő osztályokba sorolják:

Primitív akondritok csoport (PAC)

Acapulcoitok – ACAP Bazalt és regolit tartalmúak. Újraolvadt kondrit (átmenet a kondrit és az differenciálódott akondritok között)

Lodranitok – LOD Olivin és piroxin az ásványai. Olyan mint a ACAP, de jobban megolvadt. Fe-Ni tartalommal. „S” típusú kisbolygóból származtatják.

Brachinitok – BRAH Olivint és pigeonit tartalmú. A/S típusú kisbolygóból.

Winonaitok – WIN Olivin ásványok. IAB és IIICD

Ureilitok – URE Olvadt szenes kondrit. „C” típusú kisbolygó

HED meteoritek vagy bazaltos akondritok csoport

Howarditok

Eukritek

Diogenitok

Holdi meteoritek vagy Holdkőzetek meteoritjei

Anortozitok

Bazaltok

Breccsák

Marsi meteoritek (vagy (SNC) meteoritek

Shergottitok – SHE Piroxin a jellemző ásvány, Sökkolt marsi bazalt.

Nakhlitok – NAK Bazaltos kőzet. Mélységi, vulkáni kőzet.

Chassignitok – CHA Diopszid és olivin. Marsi mélységi kőzet.

Más differenciálódott akondritok

Angritok – ANGR Ez biztosan nem HED bazalt.

Aubritok – AUB Ásványai: olivin, piroxén, plagioklász. Olvadt E kondrit.

Sűrűségi adatok

Eukritek – 2,86 g/cm³ +/- 0,07
Howarditok – 3,02 g/cm³ +/- 0,19
Uerilitek – 3,05 g/cm³ +/- 0,22
Shergottitok – 3,10 g/cm³ +/- 0,04
Aubritok – 3,12 g/cm³ +/- 0,15
Nakhlitok – 3,15 g/cm³ +/- 0,07
Diogenitek – 3,26 g/cm³ +/- 0,17
Chassignitek – 3,32 g/cm³

HED meteoritek

Howarditok:

A howarditok breccsás szövetűek. Ezekben a szövetekben főleg eukritos és diogenites töredékek fordulnak elő szenes kondritos szilánkokkal és a becsapódáskor keletkezett szilikátolvadékkal együtt. Az ilyen kőzeteket regolit breccsának is nevezik. Légkör nélküli égitesteken fordulnak elő ezek a kőzetek.

Eukritek:

Az eukritok alapvetően kétfélék: magmás szövetűek és breccsások.
A magmás eukritek bazaltos kőzetek, melyek Ca-ban gazdag földpátból és kétféle piroxénből állnak (pigeonitból és Ca-szegény piroxénből).
A breccsás eukritok olyan regolit breccsák, mint a howarditok, de csak nagyon kis mennyiségben tartalmaznak (10%) diogenit törmelékeket.

Diogenitek:

A diogenitek mélységi magmás kőzetek, amelyek egy kisbolygó kérgében, nagyobb mélységben, hosszú idő alatt kristályosodtak ki. Fő ásványuk a rombospiroxén, amely magnéziumban gazdag. Kis mennyiségben olivin és plagioklász is kísérik a rombospiroxént.

Holdi eredetű meteoritek

Egy 1982-ben az Antarktiszon talált meteorit neve és sorszáma **Allan Hills A81005**. Az Apolló-program keretében (1961-ben kezdődött. 1969. július 21-én, az Apollo-11 űrhajósai, Neil Armstrongnak és Buzz Aldrinnak a Holdra lépésével teljesült a kitűzött cél. A harmadik űrhajós Michael Collins a parancsnoki űrhajóban keringett a Hold körül. További öt sikeres expedíció követte őket 1972-ig) 384 kg kőzetmintát hoztak a Földre. Ugyanebben az időszakban három Luna űrszonda robot is hozott talajmintát a Holdról az orosz űrkutatás keretében. Ennek tömege számomra ismeretlen.
Nos, az Allan Hills A81005 elnevezésű meteoritról Brian Mason (Smithsonian Institut) állapította meg, hogy a minden eddigi meteorittól elütő kőzetminta, holdi meteorit. **Yamato 791197** a sorszáma a japánok által először beazonosított holdi meteoritnek. Japán kutatók 1969-óta módszeresen kutatnak az Antarktiszon meteoritek után. 2014. 07. 06.-ig több mint 184 holdi meteoritet találtak, 46 kg össztömegben és ezeket 50 különböző holdi forrásból származtatják.

A gyűjtés, főleg az Antarktiszon és Nyugat-Szaharában természetesen folyamatos.

Négy típusba sorolják őket.

LUN A: anortozitos felföldi (az anortozitos kéreg, amelyet egységesen holdi felföldeknek nevezünk) >90% anortózit-tartalom

LUN B: mare bazaltos, 70-95% bazaltos anyag

LUN G: gabbró (mélységi magmás kőzet)

LUN N: norit (gránitosan szemcsés kőzet, nagyon hasonló a gabbró-féle kőzethez, hipersztenitnek is hívják) 50-50% bazaltos, ill. földpátos anyag



NWA 5000, Lun N, Morocco, 2007 Okt. TKW: 11,53 kg

Marsi eredetű meteoritek

SNC meteoritek:

A három típusmeteorit, a Shergotty, a Nakhla és a Chassigni után nevezték el SNC-nek. Az SNC-meteoritek olyan meteoritek, melyek kémiai összetételük alapján feltehetően a Marsról származnak. A kutatók felfedeztek egy olyan csoportot, amely kiválik a magmás szövetű akondritok közül. Ennek a csoportnak jellemző és közös kémiai vonásai voltak. A Mars esetében még nincs eredeti marsi kőzetmintánk. Viszont vannak olyan mérési eredmények amik alapján a szakértők biztosak a marsi eredetben. Néhány ezek közül;

Radioaktív kor meghatározás

(Ez úgy zajlik, hogy néhány elem bizonyos izotópjai nem stabilak, hanem minden külső beavatkozástól mentesen radioaktív sugárzás kibocsátása mellett, szigorúan állandó

ütemben elbomlanak és ezáltal más elemekké alakulnak. Ezek arányából következtetni lehet az eltelt időre.)

Néhány Antarktiszi minta esetében azt tapasztalták, hogy azok magmás kőzet (bazalt) tartalmúak és koruk 1,3 – 0,7 milliárd év.

Ebből arra következtettek, hogy a minta származási helyén, 1,3 - 0,7 milliárd éve még volt vulkáni tevékenység. Ez arra utal, hogy a szülőégitest mérete, a már vulkáni tevékenységet nem mutató Hold és a még aktív Föld között kell hogy legyen. Kisbolygók esetében nincs vulkáni tevékenység.

Gázok elemzése;

Ezen meteoritekből őrleményt készítettek mert a kőzetek pórusaiban megtalálható a szülőbolygó léköre, ha van... Az elnyelt légköri gázok összehasonlító elemzése nagy hasonlóságot mutatott, megegyezett a Viking szondák mérési eredményeivel.

Szöveti elemzés

A megtalált Mars gyanús meteoritekből készített vékony csiszolatokban, (TS), fehér kristályokat találtak, amelyek polarizált fény hatására feketévé váltak. Ez arra utal, hogy megüvegesedett földpát szemcséket találtak. Ez is azt támasztja alá, hogy viszonylag nagy méretű szülőbolygóról van szó, ugyanis a megüvegesedéshez hatalmas hőmérséklet szükséges. Ehhez nagy erejű becsapódás kell egy nagy tömegű és tehetetlenségű égitestbe, hogy a becsapódási energia hővé alakuljon át, és ne pl. pálya módosítást végezzen.

Egyéb kémiai jellemzők

A minták nagyon hasonlítanak a Földi ásványokhoz. Pl. oxidáció és víz jelenlétére utaló változások.

A kristályok erősen oxidáltak. A marsi légkör 95%-a CO₂ ez felgyorsítja az oxidációs folyamatokat.

A szulfitok esetében a Marson 1 vas atomhoz 2 kén atom kapcsolódik így akár pirit kristályokká is válhatnak, szemben az űrben található 1 vas 1 kén kapcsolattal.

Tehát, ilyen és még sok más, nagyon aprólékos és precíz mérésekkel kell a tudósoknak alátámasztaniuk feltételezéseiket.

Érdekesség, hogy az ALH84001 meteoritben magnetit kristály füzérek is találtak! A magnetit kristály kb. 50 nm, míg a füzérek 200-300 nm hosszúak voltak. Földi környezetben ilyen magnetit füzérek egyetlen „helyen” egy magnetotactic nevű baktériumban találhatunk mint kettős füzér.

A még ennél is fontosabb az, hogy karbonátokat is találtak a minta egy repedésében, ez pedig egykor folyékony víz jelenlétére utal.

Shergottitok:

A bazaltos shergottitok szürke színű magmás kőzetek, melyek monoklin piroxénekből (pigeonit, augit) plagioklász földpátból (amely azonban ütés hatására átalakult maskelynitté) és járulékos ásványokból áll.

Az olivin-porfíros shergottitok nagyméretű olivin kristályokból állnak, amelyek be vannak ágyazva a finomszemcsés bazaltos alapszövetbe.

Nakhlitok:

A nakhlitok főleg monoklin piroxénből álló kumulátos kőzetek. Kisebb részben olivin és más ásványok is előfordulnak benne.

Chassignitek – CHA Diopszid és olivin. Marsi mélységi kőzet.



Chassigny, France, 1815, TKW: 4 kg

Szenes kondritok

A szenes kondrit, rövidítve a C-típusú kondrit olyan meteorit, amelyik viszonylag nagy mennyiségű vizet és szerves vegyületeket is tartalmaz. A víztartalom arra utal, hogy a kisbolygóból származnak, ami viszonylag távolabb kering ill. keringett a Naptól. Ugyanis ahhoz, hogy a víztartalma megmaradjon nem melegedhetett fel 200 C°-nál magasabbra. A szenes kondritok a C-típusú kisbolygókkal mutatnak színképi hasonlóságot. (A C-típusú kisbolygók színképe a szenet tartalmazó szilikátos összetételre jellemző. Ilyenek például az 1 Ceres, 2 Pallas, 511 Davida, 593 Titania, 701 Oriola vagy a 10 Hygiea)

Osztályozásuk

CI csoportot az Ivuna meteoritról nevezték el. Viszonylag nagy mennyiségű kötött vizet

tartalmaz ásványaiban (20%). Szerves anyag tartalma is jelentős, amely aminosavak és policiklikus aromás szénhidrogének (PAH) formájában fordul elő benne. Vizes átalakulás eredményeként létrejött filloszilikátok, magnetit, olivin kristályok alkotják a sötét színű mátrixot. Feltételezik, hogy sohasem melegedtek föl 50 °C-nál magasabb hőmérsékletre.

A CO csoport típusmeteoritje az Ornans meteorit, amely Franciaországban hullott 1868-ban. Sok mindenben hasonló ez a típus a CV kondritokhoz. A CAI-k azonban kisebbek és jobban szét vannak szórva a mátrixban. Az is jellemző a CO típusra, hogy fémes halmazokban fordul elő bennük a vasnikkel.

A CM típusú szenes kondritok típusmeteoritje a Mighei meteorit, amely a mai Ukrajna területén hullott. Nagyon kis méretű kondrumokat tartalmaz és a CAI-k mérfete is ilyen kicsiny: 0,1 – 0,3 milliméter nagyságúak. Víz tartalma körülbelül a fele a CI kondritokénak. Nagy mennyiségben tartalmaz igen sokféle extraterresztriális aminosavat és más vegyületeket, mint például fullerént, heterociklikus és karbonil vegyületeket, alkoholt, aminokat és amidokat. Különösen a Murchison meteorit tartalmaz sokféle aminosavat.

A CV csoport típusmeteoritje a Vigarano, amely Olaszországban hullott 1910-ben. Sokban hasonlítanak a rendes kondritokhoz (H, L, LL típusok). Nagy kondrumok fordulnak elő bennük, magnéziumban gazdag olivin kristályokkal, melyeket gyakran vesz körbe vas-szulfid. A mátrix is főleg vasban gazdag olivinból áll. Fontos összetevői a szenes kondritok eme típusának a CAI-k. A CAI-k (Calcium Aluminium Inclusions) a legkorábbi Naprendszerbeli ásványkiválások, koruk 4,567 Ga (Allende mérés).

A CB csoport típusmeteoritje a Bencubbin meteorit, amely Ausztráliában hullott 1930-ban. Tömegük felét nikkelas alkotja, másik felét redukált kémiai összetételű szilikátok. A kondrumok bennük – hasonlóan a CR kondritokhoz – nagyméretűek.

A CK csoport típusmeteoritje a Karoonda meteorit, amely Ausztráliában hullott 1930-ban. Eredetileg a CV típusúhoz sorolták a Karoondát a velük való hasonlóság miatt. Később alakítottak külön CK meteorit csoportot. Nagy mennyiségben magnetit alkotja a mátrixot vasban gazdag olivin és piroxén társaságában. Oxidált környezetben alakultak ki ezek az ásványok, de a meteoritben nincsen nyoma vizes átalakulásnak. Nagy méretű CAI-k fordulnak elő bennük.

A CR csoport típusmeteoritje a Renazzo meteorit, amely Olaszországban hullott 1824-ben. Annyiban hasonlítanak a CM típusúhoz, hogy jelentős mértékű vizes átalakulás érte őket. Abban viszont jelentősen különböznek tőlük, hogy fémes vasnikkelt és szulfidot, valamint nagyméretű kondrumokat tartalmaznak. A kondrumok alkotják a kőzet tömegének felét.

A CH csoport típusmeteoritje az Allan Hills 85085 meteorit. Nevüket onnan kapták, hogy nagy a vas tartalmuk (H = high, nagy). 15 súly százaléknyi vasnikkelt tartalmaznak. A bennük található kondrumok gyakran tördeltek és kisméretűek. Tartalmaznak egy kevés filloszilikátot, melyek gyenge vizes átalakulásukra is utalnak. Feltételezik, hogy egykor a Merkúr pályáján belüli tartományokban keletkeztek, a Nap közelében.

Sűrűségi adatok

CI - 2,11 g/cm³
CM - 2,12 g/cm³
CR - 3,1 g/cm³
CO - 2,92 g/cm³ +/- 0,11 g/cm³
CV - 2,95 g/cm³ +/- 0,26 g/cm³
CK - 3,47 g/cm³ +/- 0,02 g/cm³



Murchison CM2, S1-2, W1-2 TKW: ~ 100 kg.
Ausztrália Viktória régió Murchison közelében esett 1969. 09. 28. 10:45 UT -kor.

Kő-vas meteoritek (Stony-Iron meteorites)

Fe-Ni ötvözet és szilikátos anyag keveréke. A hullások 1,2%-a kő-vas meteorit.

Pallazitok

A kisbolygó méretű test köpeny-mag határáról származhatnak a kőzetminták.
A két fő alkotó ásvány, fémes vas-nikkel és az olivin. Mellettük kisebb mennyiségben tartalmaznak még schreiberzitet, troilitet és foszfátokat is.

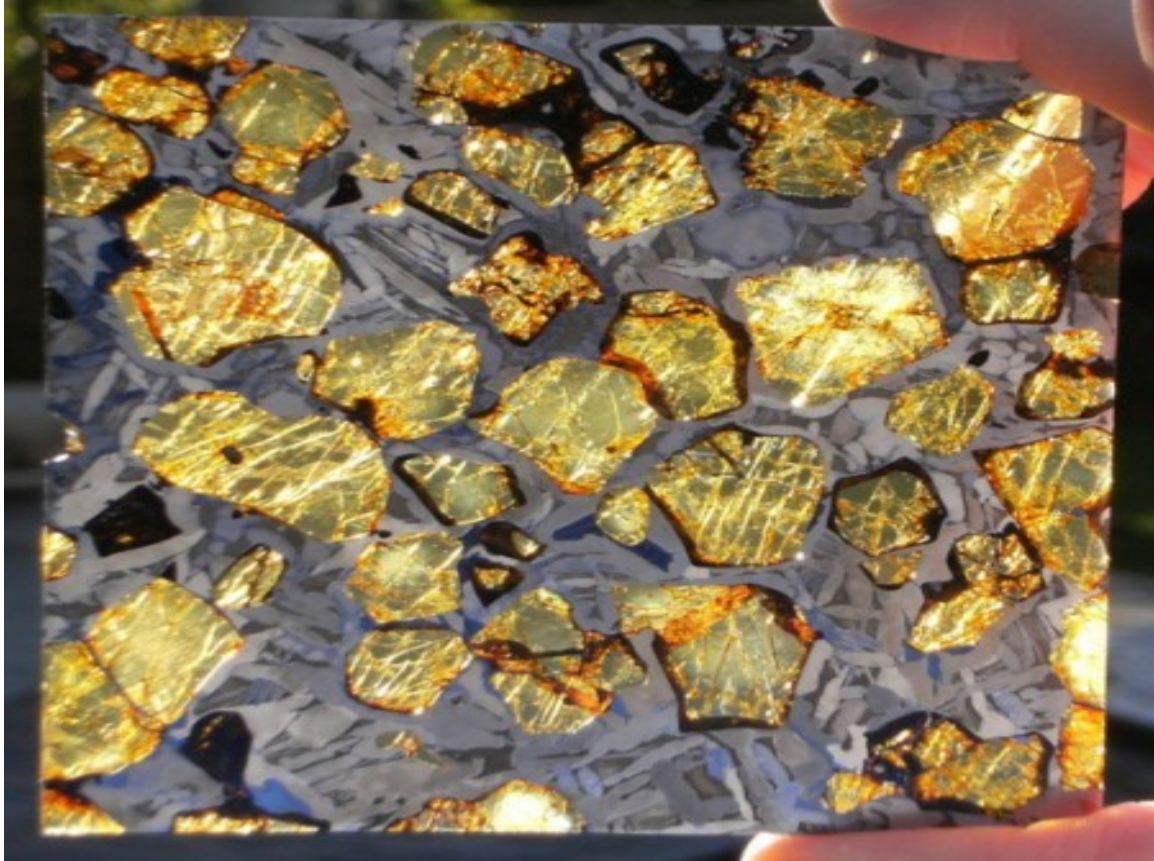
Főcsoport (Main Group Pallasit – PMG) Fe-Ni és olivin

Eagle Station csoport (PES) Fe-Ni, olivin, piroxén

Piroxénpallazit csoport (Pyroxene Pallasite grouplet -PPX) Fe-Ni és piroxén
- ezek (kb. 5%) finom Widmanstätten mintázatot mutathatnak.

Nem besoroltak (Pallasite ungrouped -P-ung) Ezek egyik csoportba sem tartoznak.

A pallazitok Péter Simon Pallasról (1741-1811) kapták a nevüket. Ő adott elsőként részletes leírást egy Krasznojarszk közelében a hegyekben talált érdekes kőzetről. Később derült ki, hogy a kőzet égi eredetű.



Az egyik legszebb pallazit a **Fukang**, Kína 2000, TKW: 1 t.

Mezoszideritek

Fele részt fémes nikkél-vas ötvözetből, és fele részt szilikát összetevőkből áll.

A szilikátos részben főleg olivint, piroxént és Ca-ban gazdag földpátot találunk.

A mezoszideritek breccsásak.

Ebből a típusból is találtak jó nagy darabokat. Például a Vaca Muerta amely az Atacama-sivatagban Chilében hullott és 1861-ben találták meg. A sok töredékek összömege 3,83 tonna volt egy nagy kiterjedésű szórásmezőben.

Négy csoportba osztályozzák a mezoszideriteket. A számjelzés az átalakulás mértékét jelzi.

1.- finomszemcsés 4, - olvadék

Altípusok

Bazaltos (A csoport) Fe-Ni, Ca-piroxin, plagioklász 1A, 2A, 3A, 4A

Ultramafikus (B csoport) Fe-Ni, Ca-piroxin, plagioklász, ortopiroxin 1B, 2B, 3B

Ortopiroxén (C csoport) ortopiroxén 2C



Mount Padbury, Ausztrália 1964 Mezosziderit-A1 TKW: 272 kg

Vasmeteoritek – Iron Meteorites

5,7 % ill. 90 % jellemzi őket és mindkettő érték igaz.

A meteorit hullások 5,7% csupán, viszont az összes ismert meteorit tömegének a 90% vasmeteorit.

Eddig kb. 500 tonnányi vasmeteoritet találtak meg.

A vasmeteoritok többsége M típusú aszteroidákból származik, melyek olyan nagyobb ősi aszteroidák magjának maradványai, melyeket becsapódások törtek szét. Jelentős kivétel ez alól a IIE kémiai osztályú vasmeteorit, amely feltehetően a 6 Hebe S típusú aszteroida kérgéből származik.

Kémiai és izotópelemzések azt mutatják, hogy legalább ötven különböző égitestből származnak. Ez azt jelzi, hogy korábban legalább ennyi nagy aszteroida létezett az aszteroida-övben – sokkal több, mint napjainkban.

Osztályzásuk

Hexahedritek (H) -alacsony nikkeltartalom, nincs Widmanstätten mintázatuk, de lehetnek Neumann vonalak.

Oktahedritek (O) -közepesen magas nikkeltartalom, ez a leggyakoribb, van Widmanstätten mintázat.

A mintázatban a kamacit lamellák szélessége alapján további besorolást alkalmaznak.

Coarsest (Ogg) – Legdurvább: a lamellák szélessége > 3,3 mm

Coarse (Og) - Durva: a lamellák szélessége 1,3-3,3 mm

Medium (Om) - Közepes: a lamellák szélessége 0,5-1,3 mm

Fine (A) – Finom: a lamellák szélessége 0,2-0,5 mm

Finest (Off) - Finomabb: a lamellák szélessége <0,2 mm

Plessitic (Opl) – Finom szemcsés keveréke a kamacit-nek és taenit-nek, átmeneti struktúra az oktahedritek és ataxitok között.

Ataxitok (D) -nagyon magas nikkeltartalom, ritka, nincs Widmanstätten mintázat.

Kémiai osztályozás, mely a nyomelemek arányán alapul.

(A ppm jelentése: Az egész rész egy milliomoda (Part per million)).

(Ge-Ni kölcsönhatás (Ge-Ni correlation) a Germánium és adott mennyiségű Nikkel kölcsönhatását, ill. keveredését külön elemzik, Esetenként ezt az arány mérést elvégzik Gallium és Nikkel esetében is.)

IAB

- **IA:** Közepes és durva oktahedritek, 6.4-8.7% Ni, 55-100 ppm Ga, 190-520 ppm Ge, 0.6-5.5 ppm Ir, Ge-Ni kölcsönhatás nincs.

- **IB:** Ataxitok és közepes oktahedritek, 8.7-25% Ni, 11-55 ppm Ga, 25-190 ppm Ge, 0.3-2 ppm Ir, Ge-Ni kölcsönhatás nincs.

IC

IIAB

- **IIA:** Hexahedritek, 5.3-5.7% Ni, 57-62 ppm Ga, 170-185 ppm Ge, 2-60ppm Ir.

- **IIB:** Legdurvább oktahedritek, 5.7-6.4% Ni, 446-59 pm Ga, 107-183 ppm Ge, 0.01-0.5 ppm Ir, Ge-Ni kölcsönhatás nincs.

- **IIC:** Plessitic oktahedritek, 9.3-11.5% Ni, 37-39 ppm Ga, 88-114 ppm Ge, 4-11 ppm Ir, Ge-Ni kölcsönhatás van.

- **IID:** Finom és közepes oktahedritek, 9.8-11.3%Ni, 70-83 ppm Ga, 82-98 ppm Ge, 3.5-18 ppm Ir, Ge-Ni kölcsönhatás van.

- **IIE:** Különböző durvaságú oktahedritek, 7.5-9.7% Ni, 21-28 ppm Ga, 60-75 ppm Ge, 1-8 ppm Ir, Ge-Ni kölcsönhatás hiányzik.

- **IIIB:** Közepes oktahedritek, 7.1-10.5% Ni, 16-23 ppm Ga, 27-47 ppm Ge, 0.01-19 ppm Ir

- **IIICD:** Átmenet az ataxitok és finom oktahedritek között, 10-23% Ni, 1.5-27 ppm Ga, 1.4-70 ppm Ge, 0.02-0.55 ppm Ir

- **IIIE:** Durva oktahedritek, 8.2-9.0% Ni, 17-19 ppm Ga, 3-37 ppm Ge, 0.05-6 ppm Ir, Ge-Ni

kölcsönhatás hiányzik.

- **IIIF:** Közepes és durva oktahedritok, 6.8-7.8% Ni, 6.3-7.2 ppm Ga, 0.7-1.1 ppm Ge, 1.3-7.9 ppm Ir, Ge-Ni kölcsönhatás hiányzik.

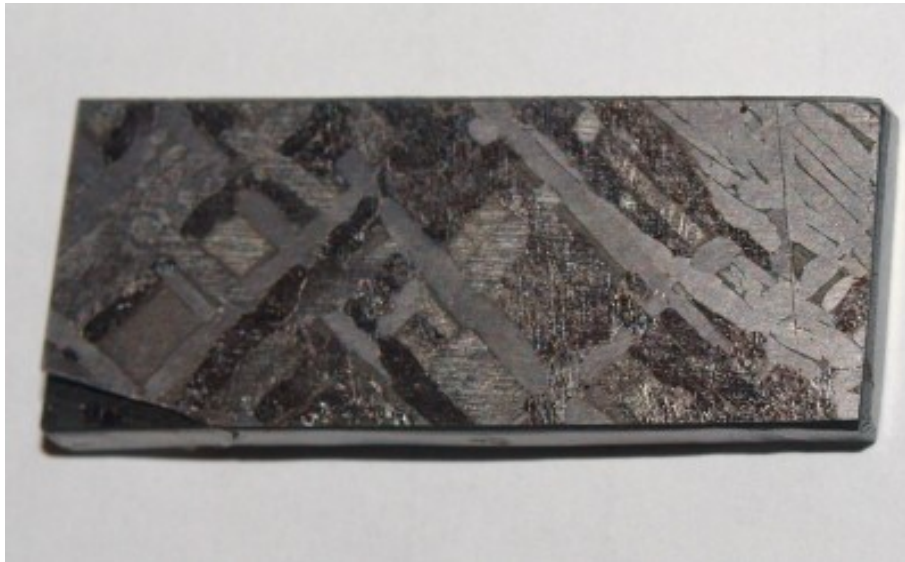
- **IVA:** Finom oktahedritok, 7.4-9.4% Ni, 1.6-2.4 ppm Ga, 0.09-0.14 ppm Ge, 0.4-4 ppm Ir, Ge-Ni kölcsönhatás van.

- **IVB:** Ataxitok, 16-26% Ni, 0.17-0.27 ppm Ga, 0,03-0,07 ppm Ge, 13-38 ppm Ir, Ge-Ni kölcsönhatás van.

A vasmeteoritek két csoportra oszthatók: magmás és nem magmás vagy primitív vasmeteoritek.

Primitív vasmeteoritek: IAB, IIE, Udei Station csoport, Pitts csoport, JBL, SLM, SLH, SHL.

Magmás vasmeteoritek: IC, IIAB, IIC IID, IIF, IIG, IIIAB, IIIE, IIIF, IVA, IVB.



Cape York Iron IIIAB 1818 Grönland TKW: 58,2t
Gyönyörű Widmanstätten mintázattal

A legnagyobbak kivétel nélkül vasmeteoritek.

Az első 10 legnagyobb.

- 1, **Hoba**, IVB Ataxit, Namíbia, 1920, 60 t.
- 2, **Campo del Cielo**, IAB-MG Durva oktahedrit, Argentína, 1969, 37 t.
- 3, **Cape York**, (Ahnighito), IIIAB, Nyugat Grönland, 1894, 30,875 t.
- 4, **Armanty**, IIIE Közepes oktahedrit, Kína, 1898, 28 t.
- 5, **Bacubirito**, IRUNGR, Finom oktahedrit, Mexikó, 1863, 22 t.
- 6, **Cape York** (Aqpalilik), IIIAB Közepes oktahedrit, Ny-Grönland, 1963, 20,1 t.
- 7, **Mbosi**, IRUNGR, Közepes oktahedrit, Tanzánia, 1930, 16 t.
- 8, **Campo del Cielo**, IAB-MG Durva oktahedrit, Argentína, 2005, 14,850 t.
- 9, **Willamette**, IIIAB Közepes oktahedrit, USA, 1902, 14,14 t.

10, **Chupaderos**, IIIAB Közepes oktahedrit, Mexikó, 1852, 14,114 t.



Hoba, Namíbia, 1920 Iron IVB Ataxit, TKW: 60 t.

Impaktit anyagok

Impaktit a meteorit-becsapódás által érintett kőzetek együttes elnevezése.

Felosztásuk szövetük, a sokk-metamorfózis foka és összetevőik alapján történhet.

Először néhány szó a „sokk-metamorfózis” hatásáról.

Az előző leírásban szó volt a kompressziós lökéshullámról.

Becsapódáskor rövid időre magas hőmérséklet, akár 2000-2500 °C és magas nyomás kb. 10–500 gigapascal, (~ 100.000-5 millió atm nyomást jelent) keletkezik, ez okozza a sokk-metamorfózist.

A legtöbb ásvány és kőzet 5–10 GPa nyomás esetén már maradandó elváltozásokat okoz.

Geológusok „HEL szintet”, „HEL határt” emlegetik ilyenkor, ez egy rugalmassági határ ami adott kőzetre, ásványra jellemző. (Hugoniot elastic limit, HEL)

A szilárd anyag akkor olvad meg, amikor a lökéshullám alól felszabadult kőzet hőmérséklete magasra emelkedik. A nagyobb gravitációjú égitesteken azonos méretű

kráterben több olvadék keletkezik, mint kisebb gravitációjú égitesteken. 60 GPa feletti nyomáson a teljes kőzetanyag maradéktalanul átolvad.

A meteoroid testek légkörön történő áthaladáskor átalakulást szenvednek. Ha nem párolognak el, és elérik a felszínt akkor sem biztos, hogy megmaradnak. Ennek oka, hogy a becsapódás lökéshulláma a becsapódó testen is áthalad, s mivel ez van a központban, ez mindig a legerőteljesebb hatást szenved el.

Érdekesség, hogy a számítások szerint általában a kb. 40 méternél kisebb testek maradnak meg, melyek 1 km-nél kisebb krátert ütnek, az ennél nagyobbaknál kicsi az esély meteoritdarabok megtalálására mert az egész test elpárolog. Légkörrel rendelkező égitestnél a meteorit anyaga a légkörbe kerül por, ill. az elpárologott test porrá kicsapódott anyagának formájában. Mindig a legfinomabb szemcseméretű frakció ülepedik ki legkésőbb a légkörből, és emiatt ez lehet a legnagyobb elterjedéssel. Ez az agyagfrakciójú réteg a platinacsoport elemeiben és köztük a legnagyobb sűrűségű irídiumban valamint más elemekben nikkelen és kobaltban igen gazdag.

Impakt breccsa

A becsapódáskor a kőzetek megolvadnak ill. szögletes darabokra törnek. Ha az olvadék gyorsan hűl le, amorf szerkezetű üveg keletkezhet. A törmeléket a megszilárdult olvadék cementálja össze, ezzel breccsa keletkezik. A kráter belsejében található breccsalencse törmelékekből és megolvadt kőzetek keverékéből áll.

Tektit

Más néven impakt üveg, amely földi becsapódások alkalmával kidobott, szétfröccsent és gyorsan lehűlt anyag olvadékcseppjeiből áll. Ezek a közeli törmelékterítőn túl nagy területet beborító szórásmezőkben találhatóak.

A becsapódásos eredetű tektitek általában feketék, de némelyek, a homokos üledékéből keletkezett moldavitok áttetsző világoszöldek. Alakjuk általában lekerekített, de található szögletes, vulkáni üvegszilánkhoz hasonló is. A moldavitot színe miatt drágakőnek használják. De korábban talizmánokat készítettek belőlük.

A híres Líbiai sivatagi üvegből (Libyan Desert Glass) készült Tutanhamon fáraó híres nyakláncán látható szkarabeusz bogarak.

Alakjuk alapján a tektiteket három nagy csoportba sorolják:

- 1, Gömb, könnyecsepp, korong súlyzó alakúak. Alakjukat a megszilárdulásukkor forgó olvadékból nyerték.
- 2, Némelyek a légkörön történő áthaladáskor megolvadnak, és hópajzshoz vagy peremes gombhoz hasonló alakúak
- 3, A Muong-Nong típusú tektitek réteges szerkezetűek (laoszi lelőhelyükről elnevezve). Közöttük igen nagyok is találhatóak.

Impakt üvegek általában csak a fiatalabb becsapódások körül találhatóak, mert az üveg geológiai időléptékek alatt nem stabil, átkristályosodhat és széteshet (a földi tektitek közül a legidősebb 35 millió éves).



Átalakult kvarcásványok

A sokkhatást szenvedett kvarcásványok polimorf módosulatai igen nagy sűrűségű kvarcváltozatok.

A coesit (>30 GPa) (2,93 g/cm³) csak >60 km mélységben keletkezhet endogén úton. Tektonizmussal (kéregmozgás) kerülhet a felszínre. Coesit a Föld felszínén csak becsapódással vagy atomrobbantással keletkezhet.

A stishovit (>12–15 GPa) (4,23 g/cm³) képződése a modellek szerint 300–400 km mélyen történhet, így a felszínen csak becsapódásos kőzetben található.

Lechatelierit igen nagy, 50 GPa feletti nyomáson és 1700 °C feletti hőmérsékleten kvarcból lechatelierit olvadékásvány jön létre, ami a becsapódásos kőzeteken kívül egyedül fulguritokban, azaz villámcsapás által közvetlenül ért talajból vagy homokból keletkező kőzetben található a természetben.

Gyémánt nagy mélységben (>60 km) jöhet létre, illetve kimberlitben kerülhet a felszínre (pl. Dél-Afrika). Sokkhatásra a grafit gyémánttá alakulhat. Ilyenkor nanogyémántok keletkezhetnek.

Terminológia

A szakirodalom jelentősebb része angol nyelven íródott, de a magyar szakcikkek olvasásakor is gyakran találkozni angol szavakkal. Megpróbálok segíteni, néhány a meteoritikában gyakran használt kifejezés magyar fordításával. Ezeket Dr. Bérczi Szaniszló „A PLANETOLÓGIAI TERMINOLÓGIA TERVEZETE” munkájából válogattam.

atmospheric blow-off | légkörelfújás
bathypelagic impact | mélytengeri becsapódás
big whack | óriás becsapódás (pl. ~ kéreglefröccsentést okozó)
big whack” „Big Splash” | kéreglefröccsenés
bolide | tűzgömb, bolida
bow shock | lökéshullám
bowl-shaped crater | tál alakú kráter (=egyszerű kráter)

brecciated bedrock | breccásodott alapkőzet
brim | karima lásd: gyűrűárok/annular trough
buried impact basin | eltemetett becsapódási medence
captured satellite | befogott hold
carbonaceous chondrit | szenes kondrit
comparative planetology | összehasonlító planetológia (ajánlott) = komparatív planetológia
compression wave | kompressziós lökéshullám
cosmic ray exposure age | kozmikussugárzás-kitettségi kor
dark mobile materials | előredobott olvadéksáv
disrupted comet | szétdarabolódott üstökös, szétszakadt üstökös
early intense bombardment EIB | korai intenzív bombázás időszaka
ejection zone | kilökési zóna
elastic rebound | rugalmas visszapattanás
elastic wave | szeizmikus lökéshullám
excavation wave | kivájó hullám
fallout ejecta | kidobott törmelék
fission track | hasadásnyom
fractured asteroid | összetört szerkezetű kisbolygó
furrow | repedés / hosszanti mélyedés
fusion crust | oladási kéreg (meteorit)
ghost crater | fantomkráter
giant impact modell | óriásbecsapódás-modell
Hugoniot elastic limit (HEL) | rugalmassági Hugoniot-határ
impact melt breccia | becsapódásiolvadék-breccsa
kink banding | tördelt lemezek eltolódása
Low-angle impact | laposszögű becsapódás
mantled material / deposit
/ mantling layer | fedő üledék
melt breccia | kőzetolvadék-breccsa
oblique impact | ferde szögű becsapódás
pasted-on material / terrain / deposit | felkent üledék / terület
penetration depth | behatolási mélység
release wave | dekompressziós lökéshullám
remaglypt | ujjnyommintás meteorit
residual shock effect | maradandó sokkhatás
shock metamorphism | sokkmetamorfózis
strewnfield | szórásmező
submarine impact | tenger alatti becsapódás
textural type | szövettípus
thermal history | hőtörténet
ventifact | sarkos kavics, éles kavics
vesicular | hólyagüreges

Felhasznált források:

Bérczi Szaniszló, Gucsik Arnold, Hargitai Henrik, Horvai Ferenc, Illés Erzsébet, Kereszturi Ákos, Nagy Szabolcs János: A Naprendszer kisenciklopédiája – A Naprendszer formakincse (1): Becsapódások folyamata, nyomai és hatásai. ELTE TTK – MTA Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport, 2005.

Bérczi Szaniszló, Guccsik Arnold, Hargitai Henrik, Józsa Sándor, Kereszturi Ákos, Nagy Szabolcs, Szakmány György: Kiszatlasz a Naprendszeréről (11) Közetszövegek a Naprendszerben. ELTE TTK – MTA Geonómia Bizottság Koszmosz Anyagokat Vizsgáló Úrkutató Csoport, Budapest 2008.

THE TELLURIC CONDUCTIVITY ANOMALY AT MAGYARMECSKE:
IS IT A BURIED IMPACT CRATER? Tamás Bodoky, Márta Kis, István Kummer, György Don Eötvös Lorand Geophysical Institute of Hungary,

Földön kívüli égitestek geológiai és rétegtani tagolása és nevezéktana
Hargitai Henrik, Császár Géza, Bérczi Szaniszló, Kereszturi Ákos
ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék,

Olivin-ringwoodit fázisátalakulás az NWA 5011 L6 típusú kondritban: kőzettani és geokémiai megfigyelések. Nagy Szabolcs, Gyollai Ildikó, Józsa Sándor Szegedi Tudományegyetem, Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék

Rajtagság meghatározása egyállomásos (single-station) mérésekből
Dr. Csizmadia Szilárd Vega Csillagászati Egyesület

A METEORJELENSÉG FIZIKÁJA
Hegedüs Tibor, Ph.D., BKKM-i Önk. Csillagvizsgáló Intézete, Baja

Termikus és sokkmetamorf jelenségek egy kis égitest fejlődésében a magyarországi és Antarktisz meteoritok petrográfiai Raman és infravörös spektroszkópiás vizsgálata alapján. Gyollai Ildikó – Diplomadolgozat –

„A planetológiai terminológia tervezete”
Dr. Bérczi Szaniszló

Valamint a magyar és angol WIKIPEDIA oldalai.

Magyarországi meteoritek

A meteoriteket mindig ahhoz az országhoz sorolják amiben a hullása illetve megtalálása történt, később sem sorolják át, ha a határok megváltoznak. Ennek köszönhetően ma 22 hiteles magyar meteoritot ismerünk. Néhány lista több meteoritot is említ, de ezek kétségesek ill. nem léteztek. Példa erre Ofen-Buda nem létező helyhez kötött esemény, de ilyen pl, Kisgyőr vagy Mikolawa teljesen bizonytalan, nem bizonyított hullások, ill Monica Grady féle katalógus néhány hibás bejegyzése.

A magyar meteoriteket ABC szerint sorolom fel és lehetőleg a korabeli beszámolókból, híradásokból idézek, alkalmanként múzeumi fotókkal megmutatva.

Borkút

1852. 10. 13-án hullott meteorit Borkút község közelében (ma Ukrajna).

A borkúti meteorit az egykori Máramaros vármegyében, 1852. október 13-án hullott le

Szedorek István kertjében és környékén.

„**A hullás története:** 1852. okt. 13-án, du. 3 órakor esett le Máramaros megyében, Borkúton, a Tisza partjától 45 ölnyi [85 m] távolságban, egy Szedorek István nevű lakos háza telkén, ágyúdörgéshez hasonló morajjal s kétrendbeli eldurranással. Ez időben a láthatár kissé borult volt, s apró szemű eső csepergett. Szedorek az udvarán időzván, egyszerre fütyölésszerű süvöltő hang tette figyelmessé, hogy a légből valami esik, ösztönszerűleg meghajlott, és leguggolt a földre, hogy a fenyegető ütést elkerülje. Az esés megtörténvén, kénzsgot érzett. Erre körülnézvén, meglátta a követ a földre fúródva, s oly forrónak találta, hogy kezében alig tarthatta. A kő darabokra tört, Egy nagyobb, 7 font és 6 1/4 latnyi [4030 g] és egy kisebb 7 latnyi [120 g] darab Pöschl József, ottani erdőmester birtokába kerültek, több töredékdarab pedig több más birtokoshoz. Pöschl a kisebb darabot magának tartotta, a nagyobbikat pedig Győrbe küldötte Pöschl Károly, nyugalmazott cs. kir. őrnagy testvérének, ki szenvedélyes mineralóg[us] volt. A bécsi múzeum [ma Naturhistorisches Museum] egy 15 1/2 latnyi [270 g] darabot kapott Berghoffer udvari fogalmazótól. A borkúti meteoritet Dr. [Franz] Leydolt írta le, elemzését pedig Bécsben [Joseph] Redtenbacher vezérlete mellett Dr. Nurischany hajtotta végre.”
Forrás: Török J 1882 Természettudományi Közlöny, 14.



Borkut OC L5 Ismert tömeg/TKW: ~7 kg.

Csátalja

Magyarországon Csátalja közelében 2012. augusztusban szántás során Kiss Károly észrevette, hogy kifordított az eke egy nagy követ kb: 40-50 cm mélységből. Mivel a kő feltűnően nehéz volt, ezért magával vitte és átadta a szántó tulajdonosának. A tulajdonos később a bajai csillagvizsgálóban hagyta. Ez a meteorit a Magyarországon talált meteoritek közül az eddigi legnagyobb példány. Megtalálásakor 15,8 kg körüli volt.



Csátalja, OC, H4, S2, W1, Magyarország, 2012. Aug. TKW: 15,8 kg



Hraschina

1751. 05. 26-án tűzgömb suhant át Hraschina (Horvátország) felett, hatalmas robbanások voltak hallhatóak mintegy 2600 km² területen. Vasárnap este sokan sétáltak és látták a tűzgömböt és a hullást is ugyanis két nagyobb vasmeteorit darab, egy 39.8 kg és egy 9 kg-os hullott le Hraschina keleti részén. A nagyobbik 1,4 m mélyen fúródott a földbe. A kisebb darab egy részét szétosztották a lakosok között akik szöveget?! készítettek belőle, a többi Pozsonyba szállították, de az elveszett. A main mass azaz a főtömeg a bécsi kincstárba került és ma is látható a NhM

Naturhistorisches Museum -ban.

Ez a meteorit arról híres leginkább, hogy 1808-ban Alois von Beckh Widmanstätten felfedezte a róla elnevezett Widmanstätten mintázatot ami az oktahedrites vasmeteoritek jellemző szövete.



Hraschina meteorit Iron IID. TKW: 49 kg.

Kaba

A „kaba-debreceni lebkő”

1857. 04. 15.-én este 10 óra körül Szilágyi Gábor, kabai gazda álmából egy mennydörgés szerű zajra riadt, és azt látta, hogy egy fényesen izzó valami a földjébe csapódik, másnap meg is kereste a követ. Először Török József akadémikus vizsgálta aki a Debreceni Református Kollégium természettan tanára volt. A kollégium a császár mineralógiai kabinetjének követelése ellenére nem adta át a követ, rebellió!!! A vegyelemzést Németországban végezték. A kő jelenleg a Debreceni Kollégium Múzeumában van kiállítva.



Kaba, szenes kondrit/Carbonaceous chondrite CV3, S1, hullott/fall 1857. 04. 15. 22:00 LT, TKW: 2601 gramm

Kakowa

Kákófalván (Kakowa, ma Románia), 1858. 05. 19. 08:00 LT. négy juhász tompa dörgést majd zúgást hallott, kicsit később egy „füstfellegecskétől körözött fekete tárgyat, kimondhatatlan sebességgel földre esni láttak.” Esés után „tarackdurrogáshoz” hasonló dörrenés hallatszott. A legidősebb pásztor, Csinka Zsurzs a forró kéreggel bevont meteorkövet átadta a hatóságoknak. Természetesen ez a meteorit is Bécsbe került...



Kakowa, OC L6, Ismert tömeg/TKW: 577 gramm, a rajzot Moritz Hörnes osztrák paleontológus készítette.

Kaposfüred

Nem tisztem, hogy vitatkozzam Marcell atya történetével, ha ő ezt így élte meg, akkor én így adom tovább...

„**A hullás története:** 1995. május 6-án este Török Marcell, kaposszerdahelyi római katolikus plébános elhatározta, hogy hajnalban korán felkel friss fűvet sarlózni a kertjében. Másnap valami fényességre felriadva kinyitotta ajtaját, és egy fényes tárgy becsapódását

észlelte 7-8 m távolságra a kertjében. Meleg légáramot érzett, és megfigyelte, hogy a becsapódó tárgy fényes csóvát húz maga után, de ekkor rögtön becsukta az ajtót. Mivel mindez a boszniai háború idején történt, először azt hitte, hogy egy lövedék csapódott be. Az órája ekkor éjjel 3 órát mutatott. Visszafeküdt aludni, és csak amikor öt óra tájban felvirradt, akkor ment ki megnézni a tárgyat. Azt tapasztalta, hogy a becsapódott tárgy nyugat felé, a Kaposvár–Fonyód vasútvonal irányban kidobta a földet, és egy 1,5 m átmérőjű, 1,1 m mély krátert vájt. A kráter nyugat felé elnyújtott volt, ami megfelelt a kelet–északkelet felőli érkezési iránynak. Török plébános észlelte, hogy a becsapódó tárgy letörte az egyik fenyőfa csúcsát, és megolvasztotta az alumínium ruhaszáritó drótot. Amikor a tárgyat megpróbálta kiemelni a kráterből, az megolvasztotta az ásóját. Miután sikerült kiemelnie a kétökölnyi fémdarabot, egy vödör vízbe dobta, melyet az rögtön elpárologtatott.”



Kaposfüred, Iron IVA, 1995. 05. 07. 03:00 LT. Ismert tömeg/TKW: 2,2kg

Kisvarsány

A Kisvarsány meteorit 1914. május 24-én hullott le a Szabolcs megyei Kisvarsány község határában. A vas- magnézium arány alapján L6-os típusba sorolták ezt a kondritot. És most jöjjön a korabeli bulvár! Idézet a Nyírvidék, 1914. július 26-i számának tudósításából. A tudósító, Dr. Jósa András, a Szabolcs vármegyei Múzeum igazgatója.

„Folyó év május 24-én tőlünk keletre egy meteor oly dörrenéssel robbant szét, hogy

Nyíregyházán ajtók, ablakok erősen zörögtek, mintha földrengés lett volna. A meteor nagyobb átmérőjűnek látszott a Holdnál. A tűnemény Mándokon és az Ung megyei Pálócon is keleten tűnt fel, tehát tőlünk legalább is 100 kilométernyi távolságban durrant szét apró darabokra, melyek közül Nagyvarsányról Virányi Sándor főszolgabíró és Evva István tb. főszolgabíró buzgalmából többek ajándékeként 4 darab került múzeumunkba, amelyek 1550, 110, 50 és 16 gramm súlyúak. Buday Ferenc vásárosnaményi gyógyszerész öccsének egy nagyobb darab van birtokában, melyet múzeumunknak ígért. Állítása szerint Namény környékén mintegy 30 darab hullott le.”



Kisvarsány, OC L6 Hullott: 1914. 05. 24. 18:45 LT. Ismert tömeg/TKW: 1500 gramm

Knyahinya

Csillagfalvai meteorit

1866. 06. 09.-én du. 5 óra körül meteorit hullott Csillagfalva és környékén (ma Ukrajna). 1000 darabra becsülik az összegyűjtött töredékek számát.

Dr. Szabó József, egyetemi tanár a Magyar Tudományos Akadémia 1867. jan. 31-én tartott ünnepélyes közgyűlésén kimerítően értekezett:

„E meteor, mint tüzes golyó, hazánk északnyugati részén tűnt fel az égbolt magaslatán Liptószentmiklós felett, innen keletnek tartva áthaladt Szepes, Sáros és Zemplén megyén, s eljutva Ung megye északnyugati részéig, Knyahinya s a szomszéd helységek felett mennydörgésszerű robajjal szétpattant, és világítani megszűnt. Fekete felhő képződött belőle, melyből sűvöltéssel indult meg a kőzár, ennek bevégződése után szürke porfelleg maradt vissza a légben, melyet az északi szél dél felé, Ungvár felé vitt, és lassanként ködfátyolképen szétfoszlott. A meteor iránya tehát tisztán nyugat–keleti volt s pályája hosszúsága, Liptószentmiklóstól Ung megyéig, 28–30 mérföldre [~220 km] becsülhető. A tünetemények ez egész sorozata csak néhány másodpercig tartott. Az ezen alkalommal lehullott kődarabok számát, mint említők, 1200-ra s ezeknek összes súlyát 10 mázsára [~500 kg] becsülik. Különös véletlen szerencse, hogy ez a kőzár, noha házak, emberek és barmok közé esett, senkit agyon nem ütött, sőt még csak meg sem sértett.”



Knyahyna, OC, L/LL5 1866. 06.09. 17:00 LT. Ismert tömeg/TKW: 500 kg.

Lenarto

Lénartó (Lenartov), Sáros vármegye, Bártfai járás, Eperjes tartomány, (ma Szlovákia)
Ismét egy egy élvezetes leírás Török Józseftől:

„Esésideje nem ismeretes: felfedezték az 1814. év október végén Sáros megyében Lénartó mellett, a gácsországi [galíciai] határnál, közel Bártfához [Bardejov] a Lenartowka nevű erdőben. Felfedezője egy juhász volt, ki egy forrás mellett iszap és rothadásnak indult falevelek alatt találta, s tündöklő fényénél fogva ezüstnek tartotta. E helyéről ezen

194 fontnyi [108,6 kg] vastömeg a helység földesurához, Kapy József kir. tanácsoshoz került, ki azt, magának emlékül egy kis darabot levágatván belőle, Sennowitz Mátyás eperjesi tanárnak adta, azon köteleztetéssel, hogy felét a Magyar Nemzeti Múzeumnak küldje be. Erre egy év múlva, tehát 1815-ben kapott nemzeti múzeumunk egy 133,5 fontnyi [74,8 kg] nagy, s étetett felületén a Widmanstätten-féle rajzokat pompásan feltüntető darabot, mely jelenleg is egyik fő ékessége. Ezen meteorvas kisebb fele számtalan részre daraboltatva, Európa több múzeumába került, nevezetesen egy 5 fontnyi [2,8 kg] darab a bécsi császári múzeumba [ma Naturhistorisches Museum]. A bécsi múzeum őre, [Paul] Partsch és báró Brudern József ezen vasból késeket és kardokat készítettek, melyek a damaszkuszi acél hullámzó vonalait mutatják. A tiszta vastömegbe kisebb-nagyobb szemcsék, sőt nagyobb vese alakú darabok is vannak beágyalva.”



Lenarto, Iron, IIIA, Talált: 1814. 10. Ismert tömeg/TKW: 108,5 kg

Magura

Az „Árvai vagy szlaniczai meteorvas”

A Magura a királyi Magyarországon, Árva megyében hullott (ma Szlovákia), 1840-ben. A vasmeteorit IAB-MG típusú. Szabad szemmel is megfigyelhető grafit szemcséket tartalmaz. Ez a vasmeteorit típus ősi (primitív) kondritos anyagokkal áll rokonságban. Bár „hivatalosan” 1840-ben hullott, csak 1844-ben került a Magyar Királyi

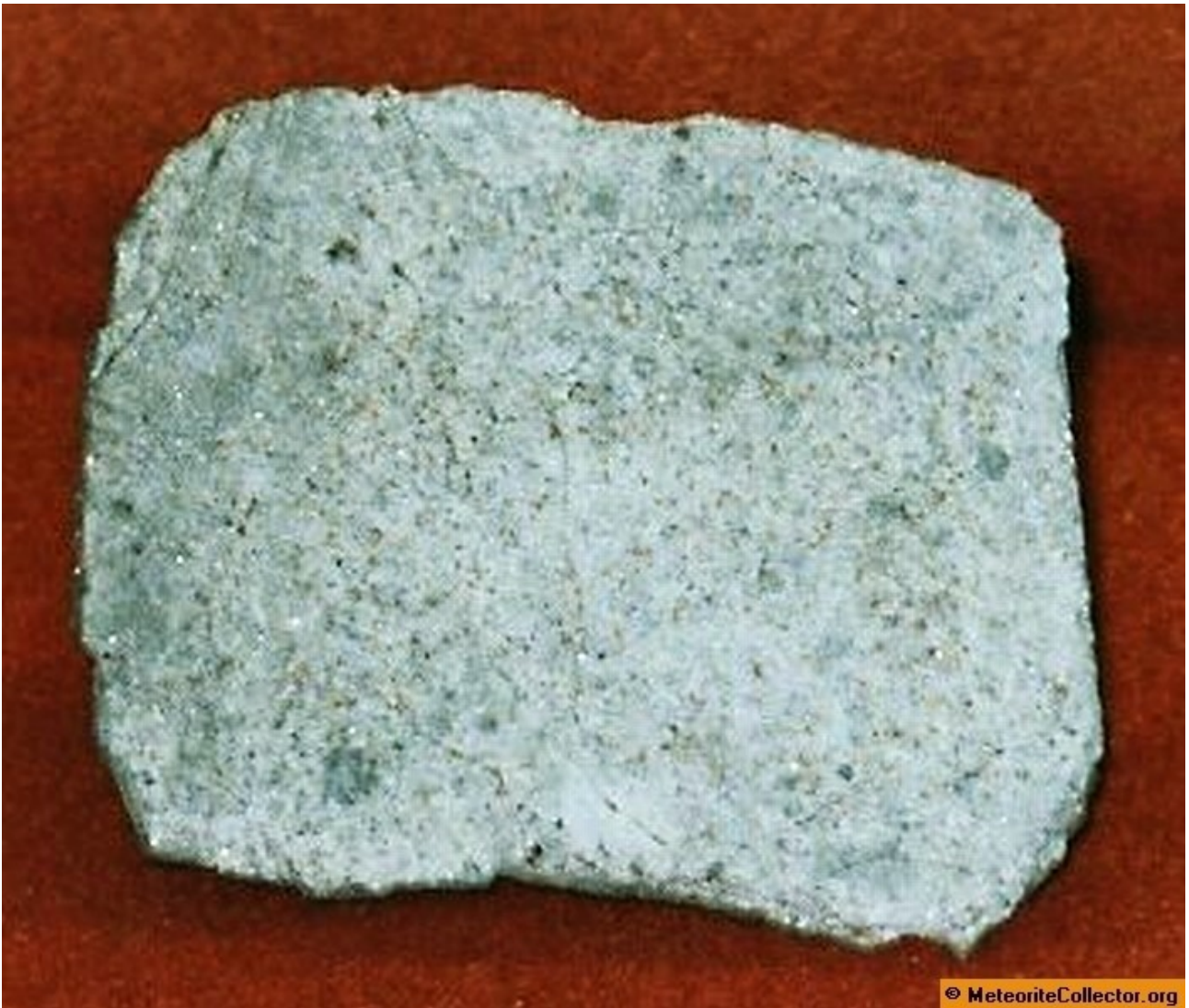
Természettudományi Társasághoz néhány példány, úgy, hogy Horváth Alajos Árva megyei orvos küldött néhány darabot Weisz János uradalmi mérnöknek. A Társaság bizottsága állapította meg, hogy vasmeteoritokról van szó. Ma 150 kg össztömeg van nyilvántartva, de 1500 kg egy (valamilyen?) becslés eredménye....Ugyanis Szlanica falu kovácsa, praktikusan szerszámokat és patkókat készített a fellelt darabokból, a szórásmező nagy része pedig jelenleg is el van árasztva, ugyanis itt alakították ki az Árvai-Magura hegység víztározóját...



Magura, Iron IAB-MG 1840, Ismert tömeg/TKW: 150 kg.

Malomháza

Sopron vármegyében, a Felsőpulyai járásban Malomházán (Minnichhof, Ausztria) 1905. 05. 27. 10:45 kor láttak meteorhullást.



Minnichhof, OC UNCL (unclassified, osztályozatlan) Hullott: 1905. 05. 27. 10:45 LT
Ismert tömeg/TKW: 562 gramm

Mezőmadaras

Mezőmadaras, a néhai Maros-Torda vármegyében található (ma Románia).
1852. 09. 04. 16:30-kor hullott meteorzápor a Mezőségeen, Mezőmadaras környékén. A hullásmező kb. 10 km hosszú és 4 km szélességű ellipszis volt. A szórásmezőben található az egy 8 ha területű kb. 4 méter mély tó, nevezetesen az Isten tó.

Dr. Knöpfler Vilmos leírása az eseményről: „Egészen tiszta, felhőtlen ég mellett s teljes szélcsendben tűnt fel a tűzgolyó, mely délnyugatról északkelet felé vonult és kialudván, mennydörgésszerű, vagy távoli ágyúk dörgéséhez hasonlítható zaj volt hallható Károlyvár s Nagyenyedtől kezdve Tordáig és Kolozsvárig, északkelet felé pedig Marosvásárhely és Szászrégenig. Az eldurranás után a mezei munkások süvöltő hangokat hallottak a levegőben, s eközben látták a lehulló köveket. Egy-két mezei munkás az Isten-tó közelében lévén, látta azt is, hogy egy nagy tömeg a tóba esett, vizét egy ölnyi magasságra felloccsantotta, és az egész tóban nagy hullámokat vert fel.” A közel két méteres hullám egy ilyen kis tóban, (mai mértékkel mérve, kb. 8 foci-pálya területen), izgalmas látvány lehetett... A szép L3-as kondrit felületén egyenletes fekete kéreg volt látható. Alakjuk kerekded, gumós esetleg kissé lapított.



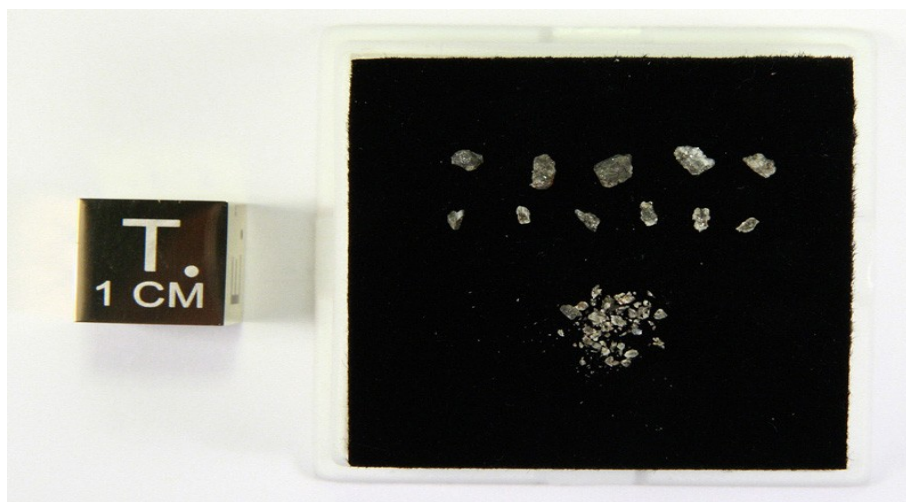
Mező-Madaras, OC L3, Hullott: 1852. 09. 04. 16:30. Ismert tömeg/TKW: 22,7 kg (de a becslések szerint akár 50-60 kg is lehetett a teljes tömeg)

Mike

Sztrókay Kálmán Imre leírása a Földtani Közlönyből:

„1944. május 3-án Mikén este fél hét óra tájban fent a levegőben néhány gépágyúszerű dörrenés volt hallható, majd erős suhogás közt néhány ököl nagyságú kő esett a falura. (...) A kövek kívülről a darabokon látható fekete kéreggel voltak bevonva. [Somsich Gyula

mikei lakos 1944 nyári levele a Pázmány Péter Tudományegyetem Ásvány- és Kőzettani Intézetének.] Az értesülés szerzése után kérésünkre Kempf Imre miki kereskedő még további két kisebb darabot küldött fel az egyetemi Ásvány- és Kőzettani Intézetbe. Tájékoztatása szerint a hullás részleteiről kevés megfigyelés történt, mert akkortájt a vidéken heves légi harcok folytak, ami elterelte erről a rendkívüli jelenségről a figyelmet. 1945 telén volt módunkban újra a lehullott többi darab sorsával törődni. Ekkor azonban azt az értesülést szereztük, hogy a község súlyos harci tevékenység színtere volt, az arcvonal itt tartósan megmerevedett, a lakosságot kiköltöztették, majd visszatértükkor a romok eltakarítása s a lakóházak helyreállítása közben nem gondoltak többé a meteoritokkal A hullásból tehát mindössze az a néhány darab maradt meg, melyekhez előzőleg sikerült hozzájutni. A birtokunkba került négy töredékdarab egyenkénti súlya 1,98; 33,14; 49,64 és 139,43 g, összsúlyban 224,2 g volt. Ebből a kémiai, kőzettani és ércmikroszkópi vizsgálatok számára a két kisebb darabot fel kellett áldoznunk.”



Mike, OC L6, 1944. 05. 03. ismert tömeg/TKW: 224 gramm

Miskocz

A hullás története: Istvánffy Miklós krónikája szerint 1560-ban „Miskolc mezőváros mellett öt igen nagy, emberfőnyi nagyságú, sárgás és barnás színű, súlyos, kénkőszagú kő esett le, miután a tiszta eget hirtelen iszonyú villámlás, dörgés és váratlan levegőindulás háborította meg, mely azután szempillantás alatt elcsendesedett. Egyikük most is a diósgyőri várban őriztetik, a többit Balassa Zsigmond elküldte Ferdinánd királynak.” A hullás dátuma Szentiványi Márton szerint 1560. május 10-e. Egy XVIII. századi feljegyzés 1559-re tette a hullást, és ez a téves adat szerepelt az 1722-ben a *Bresslauer Sammlungen* egyik kötetének Istvánffy krónikája alapján közölt beszámolójában is. Innen került be a szakirodalomba Chladni közlése révén. A Diósgyőrben maradt és a Bécsbe küldött példányok egyaránt elkallódtak.

Mócs

1882. 02. 03-án délután négy óra körül egy tüzes meteor tűnt fel Hont megyében (ma Románia). Ebből a tüzes meteorból kövek repültek szerteszét.
„A leesést, tiszta derült ég mellett, három rendbeli erős dörgés előzte meg, melyet sortűzszerű ropogás követett, s végre a tüneménynek sorozatát a szélzúgáshoz hasonló

hang fejezte be, mit kétségkívül a lehulló nagyszámú kövek idéztek elő, minthogy ezidőtájtban tökéletes szélcsend uralkodott.” írta Török József; A Magyar Birodalom meteoritjei című tanulmányában mely 1882-ben a Természettudományi Közlönyben jelent meg. Ez volt a híres mócsi meteorit.

Dr. Koch Antal kolozsvári egyetemi tanár tanulmányozta és megállapította, hogy nem egy kőből állt, hanem sok darabból. Ez azt jelenti, hogy a meteoroid már azelőtt szétesett több darabra, mielőtt elérte volna a légkört. Körülbelül 3000 darabját találták meg egy hatalmas területen. A szórási ellipszis kb. 15 km hosszán és 3 km szélességű volt, az összegyűjtött tömeg 300 kg-ot tett ki.



Mocs, OC, L5-6, S3-5, 1882. 02. 03. 16:00 LT, Ismert tömeg/TKW: 300 kg.

Nagyborove

Nagyborove, Liptó vármegye, Liptószentmiklósi járás, Zsolna tartomány, (ma Szlovákia) 1895-ben hullott, de a hullás körülményeiről nem találtam semmit.

Három darabjának sorsát ismerjük, legnagyobb Magyarországon van, 5,9 kg tökéletes

olvadékkéreggel bevonva a másik individual darab, ez 194 gramm Chicago-i múzeumba került és 53 gramm fragment Londonba került.



Nagy-Borové, OC L5, Hullott: 1895. 05. 09. Ismert tömeg/TKW: 6,1 kg

Nagydiveny

„Trencsén megyében, Nagydivina és Budetin [Budatín] helységek között 1837. év július 2-án 11 és fél óraker esett le, kevésbé felhős ég mellett, mennydörgéshez hasonló robaj kíséretében, a mezőn dolgozó számos parasztember szeme láttára. Lottner János, nagydivinai lelkész, ki valószínűleg szintén szemtanúja volt az eseménynek, azonnal a

hely színére sietett, és a meteorkövet, mely még fél óra után is meleg volt, hazavitte, s földesasszonyának, özv. gróf Csáky né sz. Lasanszky Ludovika asszonynak adta. A grófné hazafias érzületének köszönhetjük, hogy e nagybecsű kincs nemzeti múzeumunk számára megmentetett. Kérték ugyan tőle a bécsi múzeum számára, de ő csak megtekintés és leírás végett küldötte fel. 1838. júl. 17-én jutott az a Magyar Nemzeti Múzeum birtokába, Lottner csak egy 4 latnyi [70 g], a leesés alkalmával levált darabot adott belőle a bécsi múzeumnak [ma Naturhistorisches Museum].

E meteorkövet Sadler József, volt egyetemi tanár 1844-ben a kir. m. Természettudományi Társulat Évkönyvei, I. kötet 35. s köv. lapjain a tökéletes épség, nagyság és sajátságok tekintetében valamennyi európai meteorkő királyának nevezi. És akkor valóban az volt.”

Forrás: Török J. (1882): A Magyar Birodalom meteoritjei (II. rész). Természettudományi Közlöny, 14,



Gross-Dirvina, OC H5, Hullott: 1837. 07. 24. 11:30 Ismert tömeg/TKW: 10,5 kg

Nagyvázsony

Van egy régi alapvicc aminek a poénja:” Így sem rossz! :-) „ Nekem a story-ról ez jutott eszembe.

„A megtalálás története: 1890. január 17-én Koralovszky János, egy munkát kereső bányász egy látszólag Nagyvázsony környékén lehulló meteort látott az égen. Átkutatta a hullás feltételezett környékét, és egy szántóföld szélén lévő vízmosásban talált is egy

meteoritdarabot. A példány Mayer-Gunthof úr adományaként a bécsi cs.kir. természettudományi múzeumba került. Külső fele limonitosodott, így már hosszú ideje a földön heverhetett, tehát nem a megfigyelt hullásból származott. „



Nagy-Vázsony, Iron, IA. Megtalálás: 1890. 01. 17. Ismert tömeg/TKW: 1980 gramm

Nyírábrány

Somlyódy János főszolgabíró levele a Szabolcs vármegyei Múzeum igazgatóságának:
„A folyó év július hó 17-én este 7 óra tájban Nyírácsádon, a hivatalos helyiségem felett, északkeleti irányból jövet, egy a folyó évi május hóban látott meteorhullásnál sokkal nagyobb meteorhullást észleltem. A tűzsáv óriási nagy volt, és annak megszűnése után pár perccel ágyúdörgésszerű robbanás hallatszott. Körülbelül 7-8 vagy kilenc robbanás

következett gyors egymásutánban. Mint utánajártam, a meteor a nyírábrányi határban esett le; idemellékelve, a múzeum számára megküldeni kedves kötelességemnek tartottam.”

* A már említett kisvarsányi meteorit hullásra utalt a főszolgabíró úr.

Az ásványain végzett kémiai összetétel, a Mg/Fe arány alapján, a Nyírábrány kondritos meteorit az LL5 típusba sorolták be.

Akkor egy kis számháború...

A teljes ismert tömeg 1100g a The Meteoritical Society adatbázisa szerint.

1350 gramm hullott Kiss Lajos, a Természettudományi Társulat tagja szerint, (1934).

Mivel 246 gramm tömeget levágtak a vizsgálatokhoz, 1104 gramm van a rudabányai Múzeumban, Bartha Lajos szerint.



Nyírábrány, OC LL5, Hullott: 1914. 07. 17. 19:00 LT. Ismert tömeg/TKW:1100 gramm

Ófehértó

1900. 07. 25-én a helyi szájhagyomány szerint Majláth József gróf béresei „csillaghullásra” lettek figyelmesek a falu Nyírgyulaj felőli határában és bevitték az „égből érkező hatalmas követ” a kastélyba. Majláth gróf azonnal felismerte a lelet értékét, és a Magyar Nemzeti Múzeumnak adományozta a meteoritot.



Ofehértó, OC L6, Hullott: 1900. 07. 25. Ismert tömeg/TKW: 3750 gramm

Ohaba

„Erdélyben lesett az ördög.”

1857. 10. 11. 00:15-kor hullott Székásszabadja, Alsó-Fehér vármegye, területén (Ma Románia) egy szép kondrit. A hullás körülményéről olvasni külön élmény.

„A hullás története: 1857. október 10-én, éjjel hullott alá. Leesési körülményei igen

nevezetesek. Az említett nap estéjén a balázsfalvi kerületben eső Ohaba község görög nem egyesült lelkésze, Moldován Miklós lefeküdt a csúrje bemenetelénél a szalmába, az éjszakát ott töltendő. Éjfél tájban azonban egy mennydörgésszerű zaj riasztotta fel álmából, és egy tűztömeget látott a tiszta égen, mely villámsebességgel hullott alá a földre. A megijedt lelkész annyira elkábult, hogy néhány percig sem nem hallott, sem nem látott. A leesést több utas is látta, kik a szabadban egy hegyen töltötték az éjszakát, kiknek fekvő marháik is felugrándoztak a mennydörgésre meg a nagy világításra, és a tünemény felé fordultak.

Másnap reggel egy szőlőpásztor, Groszad Mihály, a szőlők szomszédságában eső saját gyümölcsöskertjében megtalálta a meteorkövet, mely a kemény s mohával benőtt talajba volt befúródva. Értesítvén erről Moldován lelkészt, ez a bíróval és a községi elöljárókkal kiment a hely színére, megnézni a "csodát". A hozzájuk csatlakozott községi jegyző, Thalmann, felismerte a kő becsét, átvette a feltalálótól, és a balázsfalvi (Blaj) kerületi elöljárónak adta át; innen Karl Schwarzenberg herceg, az akkori erdélyi katonai és polgári kormányzó rendeletére a bécsi cs. kir. ásványmúzeumba [ma Naturhistorisches Museum] küldetett, hol az most a knyahinyai után a legnagyobb meteorkő. Őfelsége a szőlőpásztornak és a leletnél szereplőknek 500 forintot rendelt kiosztatni. Az erdélyi német lapok ezen meteorkőesést ily cím alatt tették közzé: "Der Teufel in Siebenbürgen" [Az ördög Erdélyben]. Az ohabai, egészen fekete, bágyadt kéreggel borított meteorkő háromoldalú piramist képez, melynek magassága 14 1/2 hüvelyk [38 cm]; a piramis két oldala domború és sima, ellenben a harmadik oldala és a talapzata a meteoriteket jellemző kagylószerű mélyedésekkel van ellátva. (...) A kő eredetileg 29 fontot [16,2 kg] nyomott."

Forrás: Török J. (1882): A Magyar Birodalom meteoritjei (II. rész). Természettudományi Közlöny, 14,



Ohaba, OC H5, Hullott: 1857. 10. 11. 00:15 LT. Ismert tömeg/TKW: 16,25 kg

Zsadány

Ismét Török József: A Magyar Birodalom meteoritjei című tanulmányából idézek:

„A zsadányi meteorkőhullás 1875. március 31-én, délután 3-4 óra között ment véghez. Ezen nevezetes eseményről Ormos Zsigmond, Temes megyei főispán tudósította először a kir. m. Természettudományi Társulatot, beküldvén egyszersmind a hullott meteoritekból 2

darabot, mint tanúit e nevezetes tűneménynek. Ennek alapján a Társulat egy küldöttséget menesztett április 15-én a helyszínére oly célból, hogy a szükséges vizsgálatokat megtegye, s a tényállást megállapítsa. A küldöttség tagjai Krenner József múzeumi őr és Petrovits (Pethő) Gyula társulati másodtitkár valának. A helyszínén több szemtanú kihallgatása után konstatálták, hogy Zsadány község keletre eső részében több ház udvarára és kertjébe, meg a község mellett elterülő rétekre és szántóföldekre hullottak a meteorkövek. A tanúk vallomásai szerint az ég ez alkalommal egészen tiszta volt s csak imitt-amott mutatkoztak kisebb felhők. Tűzjelenségeket az ég boltozatán egyáltalában nem vettek észre, hanem a kövek hullását megelőzte egy erős ágyúdörgéshez hasonlítható moraj, melyre puska lövéshez hasonló csattanás következett s végre oly zajgás, mintha az egész ég forrna. E közben hullottak a kövek. Nevezetes, hogy a lehullott kövek közül néhányat azonnal felvettek és egészen hidegeknek találták; sőt egy kő épen egy szecskahalmazra esett, mely meg nem gyulladt.”



Zsadany, OC, H5, 1875. 03. 31. Ismert tömeg/TKW: 552 gramm

