

UZ IZLOŽBU "POJAVE IZVANZEMALJSKE MATERIJE NA ZEMLJI" U MINERALOŠKO-
PETROGRAFSKOM MUZEJU U ZAGREBU

Vladimir Zebec

Mineraloško-petrografski muzej Zagreb

Potkraj prošle godine otvorena je u Mineraloško-petrografskom muzeju u Zagrebu stalna izložba o izvanzemaljskoj materiji na našem planetu. Ta materija obično dospije na Zemlju prirodnim i donedavno jedininim putem u obliku meteorita. Ali sada još i materija koja je čovjekovom djelatnosti donesena na Zemlju /svemirske misije Apollo i Luna/.

Većina meteorita, koji čine jezgru današnje zbirke, evidentirana je u knjigama Mineraloško-petrografskog muzeja u prvim godinama ovog stoljeća. Uz neke meteorite koji su pali u stranim zemljama, muzejska zbirka sadrži uzorke svih meteorita koji su prilikom pada proadjeni na teritoriju Hrvatske i uzorke svih meteorita koji su proadjeni na teritoriju Jugoslavije.

Zbog skućenosti muzejskog prostora ograničena je izložba na dvije vitrine. Unatoč tome, obuhvaćeni su najzanimljiviji i najvažniji detalji, tako da se ipak dobila zaokružena cjelina o toj neobičnoj temi. Štampan je i katalog u kojem su dani osnovni podaci i fotografije svih meteorita koji se čuvaju u ovom muzeju. Uz izložbeni originalni meteoritni materijal fenomen meteorita objašnjen je brojnim grafičkim i tekstovnim priložima. Navest ću samo neke od ključnih pojmova:

Meteorit - čvrsta materija koja iz međuplanetarnog prostora prirodnim putem dopijeva na površinu Zemlje.

Meteor - svjetlosni efekti koje uzrokuje čvrsta materija iz međuplanetarnog prostora prolaskom kroz gornje slojeve Zemljine atmosfere, ali ne dosegne površinu Zemlje.

Brzina kojom meteoriti ulijeću u Zemljinu atmosferu je 10 - 70 km/sek (pretežno 20 km/sek).

Interakcija meteoritne materije i atmosfere započinje već na 1200 do 1300 km visine. Prvi svjetlosni efekti opažaju se na visini 100 do 120 km. Uslijed otpora zraka meteoritna se masa zagrijava, tali, isparava i kemijski reagira sa zrakom. Svaka 24 sata u atmosferu Zemlje uleti više milijuna meteorita, ali ih samo desetak dosegne površinu Zemlje. Ostali sagore, a njihova materija u obliku prašine padne na Zemlju. Zemljina masa time dobiva prirast od nekoliko tisuća do nekoliko milijuna tona godišnje. Naša atmosfera predstavlja štit kroz koji mogu prodrijeti samo veći meteoriti. Brzina meteorita koji prilikom dodira Zemljine površine nisu teži od 10 t, već je toliko smanjena zbog trenja pri prolazu kroz atmosferu, da u sudaru s tlom izazivaju minimalne efekte. Na teže meteorite atmosfera kao kočnica njihove brzine slabije djeluje i oni udaraju o Zemlju kozmičkom brzinom. Prilikom udara takvih meteorita dolazi do formiranja kratera koje, za razliku od vulkanskih kratera, zovemo meteoritni krateri.

Prilikom udara meteorita teškog 100 t s udarnom brzinom od 10 km/sek oslobodit će se toliko energije da će samo deseti njezin dio biti dovoljan da se meteorit potpuno ispari. Zbog toga ne možemo očekivati da će se na Zemlji naći teži meteoriti. Ipak je do danas na Zemlji utvrđeno oko 80 meteoritnih kratera, gdje su takvi meteoriti udarili. Da spomenemo samo neke od njih koji su temeljito istraženi:

Arizonski krater /Canon Diablo-Vražji kanjon/. Udar se dogodio prije desetak tisuća godina. Promjer kratera je 1300 m. Pretpostavlja se da je projektil meteoritnog željeza imao promjer od 150 m i da je bio težak više od 10 milijuna tona. Računa se da je energija oslobodjena prilikom udara odgovarala eksploziji 53 megatona trinitrotoluola /skraćeno Mt TNT/. Meteorit i dio zemaljskih stijena u koje je udario isparili su prilikom eksplozije i vjerojatno su dje-

lomično, zbog dobivene brzine, opet napustili Zemlju. Težina je ostataka meteoritnog željeza, rasutog oko kratera, 15-20 tona.

Meteoritni krater Ries /Nördlinger Ries/. Krater promjera oko 20 km nalazi se u Zapadnoj Njemačkoj, oko 110 km sjeverno od grada Dillingena na Dunavu. Meteoritni udar dogodio se prije 15 milijuna godina. Vjerojatno je udarila kometa, no teško je točno utvrditi vrstu meteoritnog tijela. Njegova materija ne samo da je isparila, nego su se i molekuli disocirali na atome. Ispareni materijal /meteoritno tijelo i dio zemaljskih stijena u koje je meteorit udario/ nakon eksplozije se djelomično kondenzirao u atmosferi i u formi tektita padao čak po čehoslovačkoj /moldaviti/. Računa se da bi tako velik krater mogao načiniti kameni meteorit promjera oko 1 km s udarnom brzinom od oko 20 km/sek.

Najveći pronađeni meteoritni krateri dosežu u promjeru i više od 100 km. Takav je, npr., nedavno istraženi Popigajski krater u Sibiru, nedaleko od jugoistočnoga dijela poluotoka Tajmir; njegov je unutrašnji promjer 100 km, a vanjski 125 km.

Zanimljivo je kako je dokazano da je doista riječ o meteoritnim kraterima. Vrlo rašireni mineral u površinskim dijelovima Zemljine kore jest kremen / SiO_2 /. Kad taj mineral dodje pod takav ekstremno visok tlak i vanredno visoku temperaturu, kakvi su samo prilikom udara velikih meteorita, njegovi će se atomi pregrupirati u gušću slagalinu. Nastat će specifično gušće modifikacije koje će i nakon udara zadržati svoja nova svojstva /za meteoritni krater Ries proračunano je da je tlak prilikom udara dostigao fantastičnih 4500 milijuna atmosfera uz temperaturu od 15000°C /. Da bi bilo jasnije, dat ćemo pregled raznih modifikacija silicijskog dioksida / SiO_2 /:

Modifikacije SiO ₂	Gustoća	
Tridimit	2,27	dolaze u uvjetima koji redovno vladaju u Zemljinoj kori
Kristobalit	2,32	
Kremen	2,65	

Koesit	3,01	u prirodi su nadjeni jedino u meteoritnim kraterima.
Stišovit	4,35	

Recimo i to da na Mjesecu i oni najsitniji, mikroskopski maleni meteoriti udaraju o Mjesečeve stijene velikim brzinama jer nema atmosfere koja bi im kočila brzinu i u kojoj bi sagorjeli. Posljedica je toga da će i najsićušniji meteorit u Mjesečevom stijenju napraviti mali, čak mikroskopski sitan krater.

Posebno mjesto u znanosti o meteoritima zauzima tzv. sibirski /ili tunguski/ meteorit. Pao je 30.VI 1908. u sibirskoj tajgi. Taj svemirski projektil eksplodirao je 5 km iznad površine Zemlje. Snaga eksplozije procjenjuje se na 10 Mt TNT. Da je dosegao tlo načinio bi krater promjera oko 700 m. U krugu polumjera 10 km na drveću su bile polomljene grane, ali je drveće ostalo uspravno. U širem pojasu, između 10 i 20 km, drveće je bilo radikalno prema van oboreno na tlo. Zvučni efekt osjetio se u krugu polumjera 1000 km a svjetlosni efekt do 1500 km od mjesta pada. Meteoritna materija nije pronađena. Pretpostavlja se da je to bila manja kometa. Iz tla su jedino izdvojene sitne silikatne kuglice i kuglice magnetita Fe₃O₄. Procjenjuje se da je u atmosferi ostalo raspršeno nekoliko milijuna tona materije, uslijed čega je prva noć nakon pada bila u Evropi toliko svjetla da su se mogle čitati novine. Da mu je staza bila drukčija tek za nekoliko stupnjeva, taj je meteorit mogao potpuno razoriti New York.

Da vidimo zbog čega se baš u najnovije vrijeme toj materiji posvećuje tolika pažnja. Svi meteoriti koji su dosad pronađeni podvrg-

nuti su detaljnim kemijskim i mineraloškim istraživanjima. Na temelju toga meteoriti su klasificirani u nekoliko skupina:

I. KAMENI METEORITI - u njima silikatni sastojci premašuju količinom metalne sastojke.

1. Hondriti - silikatnog su sastava, u strukturi imaju male kuglice.
2. Ahondriti - silikatnog su sastava; bez kuglica u strukturi, slični stijena koje se kristaliziraju iz magme.
3. Sideroliti - prijelazni tip od kamenih prema željeznim meteoritima.

II. ZELJEZNI METEORITI - metalni sastojci premašuju ili potpuno nadomještaju silikatne sastojke.

1. Litosideriti - prijelazni tip od željeznih prema kamenim meteoritima.
2. Heksaedriti - sastavljeni su od kamacita /željezo sa 2-7% nikla/: kalavost je u smjeru heksaedra a tlačni sraslaci u smjeru ploha ikozitetraedra 112
3. Oktaedriti - izdvajanje kamacita i tenita /željezo sa 30-75 % nikla/ u smjeru ploha oktaedra.
4. Ataksiti - bez strukture.

Proučavanjem meteorita mogu se izvoditi zaključci o evoluciji i gradnji Zemlje i Sunčevog sistema. Da pokušamo još poredati nekoliko ključnih "kamenčića" u mozaik čijim se slaganjem stvorila logična slika o gradnji naše planete:

1. Proučavanjem staza pojedinih meteorita došlo se do zaključka da

oni dolaze iz tzv. planetoidnog pojasa. Pojas planetoida nalazi se između staze Marsa i Jupitera a pretpostavlja se da je nastao raspadom nebeskog tijela /planeta/. Upravo tu, po logici zakonitosti u Sunčevom sistemu, nedostaje jedan veliki planet.

2. Postoje dvije osnovne grupe meteorita - kameni i željezni.

3. Gustoća je Zemlje kao cjeline 5,52. Ali, srednja gustoća Zemljine kore do 20 km dubine samo je 2,65. Iz toga proizlazi nužni zaključak da je gustoća u dubljim dijelovima mnogo veća.

4. Proučavanja Zemlje na temelju širenja potresnih valova jasno su ukazivala na lupinastu gradju Zemlje. Pojedine lupine bile bi različite gustoće.

Na temelju proučavanja meteorita /željezni i kameni/ pretpostavilo se da bi jezgra Zemlje bila izgradjena slično željeznim meteoritima iz nikalno-željezne legure, koja ima gustoću oko 9. I kad se tako izračuna srednja vrijednost za kameni omotač /slično kamenim meteoritima/ i za nikalno-željeznu jezgru /slično željeznim meteoritima/ približili bi se onoj srednjoj vrijednosti 5,52 koja odgovara gustoći Zemlje kao cjeline.

Osim tih pretpostavki, neki meteoriti upućuju na zaključak da su to preostali dijelovi materije iz vremena kad se formirao Sunčev sistem. Izuzetno važno mjesto tu zauzimaju vrlo rijetki tzv. "ugljkovodični meteoriti" koji u svom sastavu imaju i nešto raznih ugljikovodika /2-6%. Smatra se da su to najprimitivniji i ujedno najhladniji kondenzati kozmičkih oblaka iz kojih je nastao Sunčev sistem. U sastavu su im i minerali čija je temperatura postanka ispod 100°C. Kako to da ti minerali "prežive" snažno zagrijavanje pri prolasku kroz atmosferu? Uzrok je tome što isparavanje i sagorijevanje, a zbog toga smanjivanje meteoritnog materijala, mnogo brži od širenja /vodjenja/ topline kroz isti materijal. Zato unutrašnjost meteorita ostaje toplinski nedirnut. Može se nešto ugrijati jedino od udara: intenzitet toga zagrijavanja ovisi opet

o težini meteorita /manji meteoriti slabije a veći jače/.

Meteoriti s masom od nekoliko stotina kg izgube barem višestruki dio svoje konačne meteoritne mase pri kratkotrajnom letu kroz atmosferu. Za meteorit Grant, koji je nakon pada bio težak 480 kg, računa se da je ušao u atmosferu sa 2000 kg meteoritne mase.

Historijski gledano, za razvoj meteoritike bio je od velikog značenja i pad meteorita kod Hrašćine u Hrvatskom zagorju, 26. svibnja 1751. Tu je, prvi put u svijetu, sastavljen takav zapisnik o padu u koji su unesene izjave najbližih očevidaca pada. To je bilo vrlo važno radi usvajanja gledišta da meteoriti potječu iz izvanzemaljskog prostranstva. Meteorit je prilikom pada naišao od istoka u obliku vatrene kugle koja se u zraku uz eksploziju raspala. Iskopana su iz zemlje dva komada. Veći komad, koji je i jedini ostao sačuvan, nakon pada bio je težak oko 40 kg. Danas se čuva u Mineraloškoj zbirci Prirodoslovnoga muzeja u Beču, kamo je dospio kao poklon ondašnjem vladalačkom paru Franji i Mariji Tereziji. Drugi, manji komad od oko 9 kg izgubljen je - dio je prekovan u čavle (!). Danas u muzeju imamo samo uzorak od 0,56 g, koji smo dobili od Bečkog muzeja.

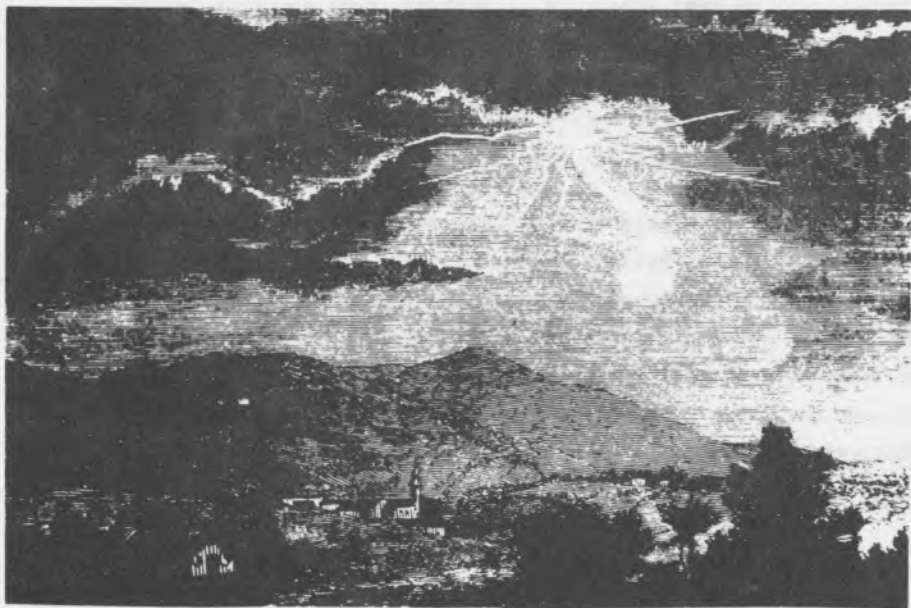
Hrašćinsko meteoritno željezo znamenito je po još nečemu. Od meteorita, kojima je pad bio direktno promatran, prvi put su na njemu opažene tzv. Widmannstättenove figure. Nastaju zbog izdvajanja kamacita /Fe sa 2-7% Ni/ i tenita /Fe sa 30-75% Ni/ s oblikom lamela u smjeru oktaedra. U presjeku meteoritnog željeza, na površini jetkanoj kiselinom, kamacit se vidi u obliku stupa koji su obloženi uskim pojasom tenita. Medjuprostor je ispunjen plesitom /fino prostranje kamacita i tenita/.

Na temelju Widmannstättenovih figura u meteoritnom željezu može se tvrditi za neki meteorit, čiji pad nije nitko promatrao, da je doista riječ o meteoritu. Widmannstättenove figure dosad nisu konstatirane na željezu zemaljskog porijekla.

Posljednji pad meteorita dogodio se kod nas 20.I 1951. godine 30 km jugoistočno od Dubrovnika. Meteorit je pao u maslinik i zabio se tridesetak centimetara u zemlju. Bio je težak 1,9 kg a sistematiziran je kao brečoliki hondrit /kameni meteorit/.

Kolika je opasnost od udara meteorita za ljude? Od svakih 66 meteorita, koji udare Zemlju, jedan pogadja selo ili grad. Zabilježeno je i nekoliko slučajeva kad su bili direktno ugroženi ljudi. Vjerojatnost da neki stanovnik Jugoslavije bude pogodjen meteoritom može se očekivati jedanput u 86.000 godina. Ali se koeficijent opasnosti znatno povisuje mogućnošću da budu pogodjene instalacije, npr. željezničke pruge, nasipi i brane hidroobjekata, atomske centrale, skladišta vojnog materijala i sl.

Prirodne katastrofe može izazvati pad velikog meteorita u gusto naseljena područja, zatim u morske prostore što bi izazvalo stvaranje golemog plimskog vala ili na površine pokrivene vječitim ledom što bi izazvalo njegovo otapanje. Na kopnenom dijelu Zemlje ima samo 5% nenastanjenih predjela koji mogu primiti meteorit po razornosti sličan tunguskome bez ljudskih žrtava. Godine 1908. stanovnici Zemlje imali su baš tu sreću.



Pad meteorita u Hrašćini u Hrvatskom Zagorju 26. V 1751.