

Každý čitateľ iste tuší, čo je predmetom tohto článku. Ale často sa stáva, že tieto tri pojmy uvedené v nadpise sa navzájom zamieňajú. Aby sme hneď na začiatku presne vedeli o akých objektoch budeme hovoriť, zadefinujme si, čo znamenajú. Meteoroid označuje časticu s rozmermi od mikrometrov po niekoľko metrov, ktorá samostatne obieha okolo Slnka po vlastnej dráhe. Táto častica môže byť asteroidálneho alebo kometárneho pôvodu. Pri strete so Zemou sa vplyvom trenia v atmosfére zahrieva a žiari ako svetelný jav – meteor. Pojmom meteor označujeme jav, ale nie samotné teleso, ktoré ho spôsobilo. Ak toto meteoroidné teleso „prežije“ prelet zemskej atmosférou a dopadne na povrch, nazývame ho meteoritom. Len meteoroidné častice asteroidálneho, t.j. súdržného a pevného materiálu, môžu dopadnúť na zem ako meteority. Presnejšie povedané, zatiaľ nemáme vedomosť o tom, žeby existovali i kometárne meteority.

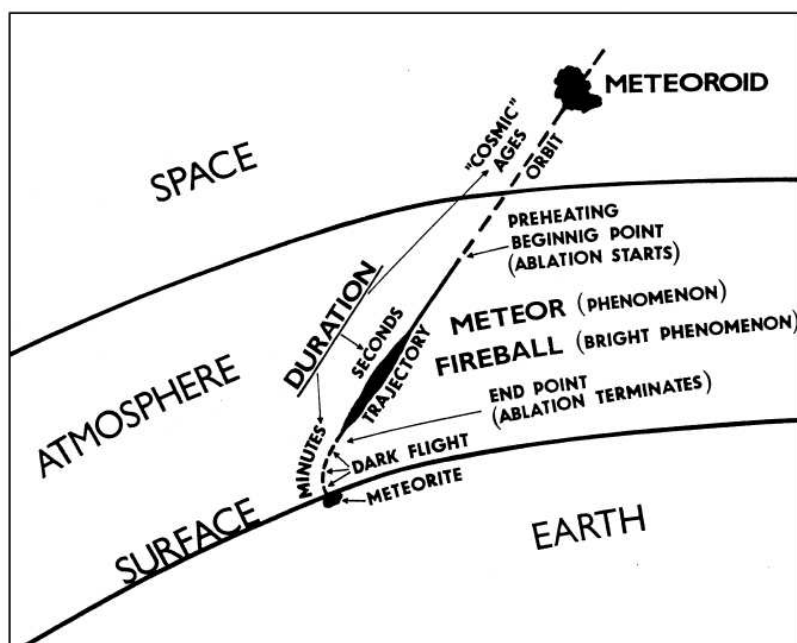


Figure 2. Basic terminology for meteors.

Už Aristoteles vo svojom diele Meteorologia (350 p.n.l) popisuje „padajúce hviezdy“, dnes by sme povedali meteory, ako nie skutočné hviezdy. Na základe ich rýchleho pohybu usúdil, že sú relatívne blízko – v sfére ohňa, nad sférou vzduchu; podľa antickej predstavy 4 elementov: zem, voda, vzduch a oheň. Vysvetľoval jav meteoru ako zmes elementov vzduchu a ohňa nachádzajúcich sa nad oblakmi (zmes vody a vzduchu), ktoré sa pohybujú veľkou rýchlosťou a trením sa vo vzduchu zahrievajú. Tieto predstavy boli prvými pokusmi o fyzikálnejšie vysvetlenie pozorovaných javov. Hoci v mnohých detailoch nezodpovedajú našim súčasným poznatkom, zavše nás udivuje ich principiálna výstižnosť.

Najstaršie záznamy pozorovania meteorov však pochádzajú od starých Číňanov – výborných pozorovateľov, pretože pre nich boli astronomické deje dôležité. Boli presvedčení o ich vplyve na udalosti v cisárstve. Preto dôsledne sledovali a zaznamenávali úkazy na oblohe. Dochované najstaršie pozorovanie meteorov pochádza zo 16. marca roku 687 p.n.l. (Juliánsky dátum). Ide o pravdepodobné pozorovanie meteorického roja Lyríd. Ďalšie nespočetné množstvo záznamov nachádzame okrem čínskej aj v kórejskej a japonskej literatúre. Tieto cenné údaje pre ostatný svet sprístupnili Ishiro Hasegawa z Japonska.

Neskôr nachádzame zmienky o pozorovaní meteorov i v arabských a európskych zdrojoch. Snaha vysvetliť pôvod meteorov a meteoritov sa viaže v novodobej histórii na osobu E. Chladného, ktorý vo svojej dizertácii z roku 1794 pripisoval meteorom kozmický pôvod. Na základe jeho predpokladu vstupu pevnej meteoroidnej častice do atmosféry vysokou rýchlosťou, dvaja študenti J. Benzenberg a H.W. Brandes z Göttingenskej univerzity v roku 1798 triangulačnou metódou určili výšky simultánne pozorovaných meteorov na približne 100 km nad povrchom Zeme.

Ale za zrod meteorickej astronómie sa považuje až rok 1833, kedy zo Severnej Ameriky sa pozoroval dážď meteorov pochádzajúcich z meteorického roja Leoníd. Leonidy hrali podstatnú úlohu pri neskorších zisteniach o povahe tohto astronomického fenoménu, preto sa im aj tu budeme venovať detailnejšie a na poznatkoch o nich ukážeme ako dnes chápeme javy a fenomény meteorickej astronómie.

Po daždi meteorov z roku 1833, frekvencie sa odhadovali na 15 000 až 60 000 meteorov za hodinu, D. Olmsted pozbieral dostupné informácie o tomto výnimočnom úkaze. Zistil, že dážď Leoníd nebol viditeľný v Európe a ani na západe amerického kontinentu. Takže išlo o krátko trvajúcu aktivitu (~ 4 hodiny), najlepšie pozorovaným nad východným pobrežím Severnej Ameriky 12. novembra 1833.



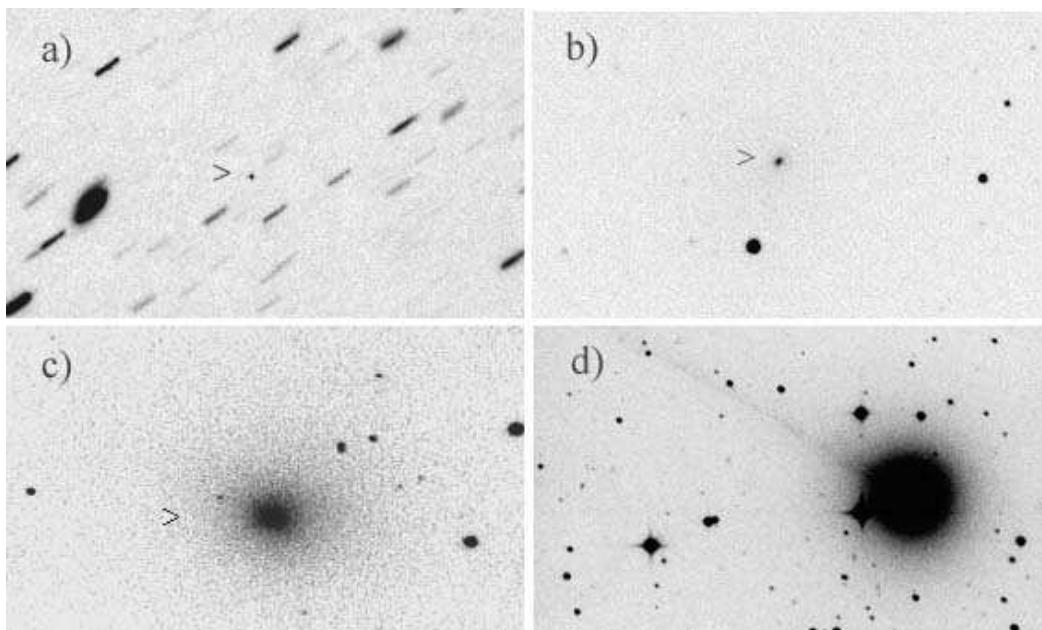
Meteorický dážď v roku 1833.

Olmsted si všimol, že meteory vychádzali z jedného miesta na oblohe, ktoré sa pohybovalo spolu s oblohou. Podobne A. C. Twining a aj ďalší si všimli tento jav a určili presnú polohu radiantu. Prečo meteory vyletovali z jedného miesta na oblohe – radiantu? Meteorické roje sú aktívne každoročne v istom období roka, kedy sa dráhy častíc uniknutých z materskej kométy priblížia k dráhe Zeme. Vtedy do atmosféry vlietajú častice s rozmermi od zlomkov milimetra až desiatky centimetrov, ktoré majú v medziplanetárnom priestore paralelné dráhy a rovnakú rýchlosť. Meteory majú v atmosfére rýchlosti od 11 do 72 km/s. Čím vyššia je ich rýchlosť tým je jav – meteor, jasnejší. A zároveň aj častice s vyššou hmotnosťou spôsobujú jasnejšie meteory. Jasnejším meteorom, približne ako Venuša, hovoríme bolidy. Ale najnápadnejšou črtou meteorických rojov je, že meteory zdanlivo vyletujú z jedného miesta na oblohe, radiantu. Ide o jav perspektívy, podobne ako sa nám zdá, že koľajnice sa v diaľke stretávajú. Meteorické roje nesú názov podľa súhvezdia, v ktorom sa radiant nachádza. Preto Leonidy sú roj, kde meteory zdanlivo vyletujú zo súhvezdia Leva (lat. Leo). Iný veľmi dobre známy roj Perzeíd, ľudovo nazývaný slzy sv. Vavrinca, je aktívny každoročne v polovici augusta (12. august). Radiant má v súhvezdí Perzea. Iný typ meteorov nazývame sporadické meteory. Tie nemajú spoločný radiant a prichádzajú z rôznych smerov. Sporadické meteory možno pozorovať po celú noc každý deň v roku. Meteorické roje sú

pozorovateľné len v istom období roka, niekoľko dní až týždňov. Navyše počas noci len keď radiant roja je nad obzorom. Inak sú nepozorovateľné.

Ale vráťme sa k nášmu meteorickému roju Leoníd. H. A. Newton v roku 1864 na základe priradenia historických záznamov pozorovaní meteorov k Leonidám, určil periódu návratov Leoníd na 33,25 rokov a jeho predpoveď novej aktivity Leoníd 13./14. novembra 1866 sa vyplnila. Rok predtým 19. decembra 1865 E. Tempel v Marseille objavil novú kométu 6. magnitúdy. Nezávisle tú istú kométu objavil i 6. januára 1866 H. Tuttle z Harvard College Observatory. Perióda kométy Tempel-Tuttle bola vypočítaná T. von Oppolzerom na 33,14 rokov. Viacerí autori (Peters, Schiaparelli, Oppolzer) nezávisle identifikovali kométu ako materské teleso Leoníd na základe pozorovania a výpočtov dráh Leoníd z roku 1866. Tak sa našla súvislosť medzi kométami a meteorickými rojmi. Ďalšie dva návraty roja v rokoch 1899 a 1932 boli poznamenané slabou aktivitou a následným nezaujmom odbornej aj laickej verejnosti o pozorovania. Myslelo sa, že Leonidy už viac nebudú produkovať vysokú aktivitu v dôsledku poruchového vplyvu od veľkých planét. V roku 1946 boli po prvý raz pozorované Leonidy pri nízkej aktivite radarovou technikou z Jodrell Bank Radio Observatory. Kométa Tempel-Tuttle bola znovu pozorovaná až v roku 1965. To predznamenovalo dážď Leoníd 17. novembra 1966, ktorý bol najlepšie viditeľný znovu nad americkým kontinentom. Na krátky čas aktivita, odhadnutá z vizuálnych pozorovaní, dosiahla rekordných 144 000 meteorov/hod (40 meteorov/s). Do súčasnosti nebola táto frekvencia meteorov prekonaná.

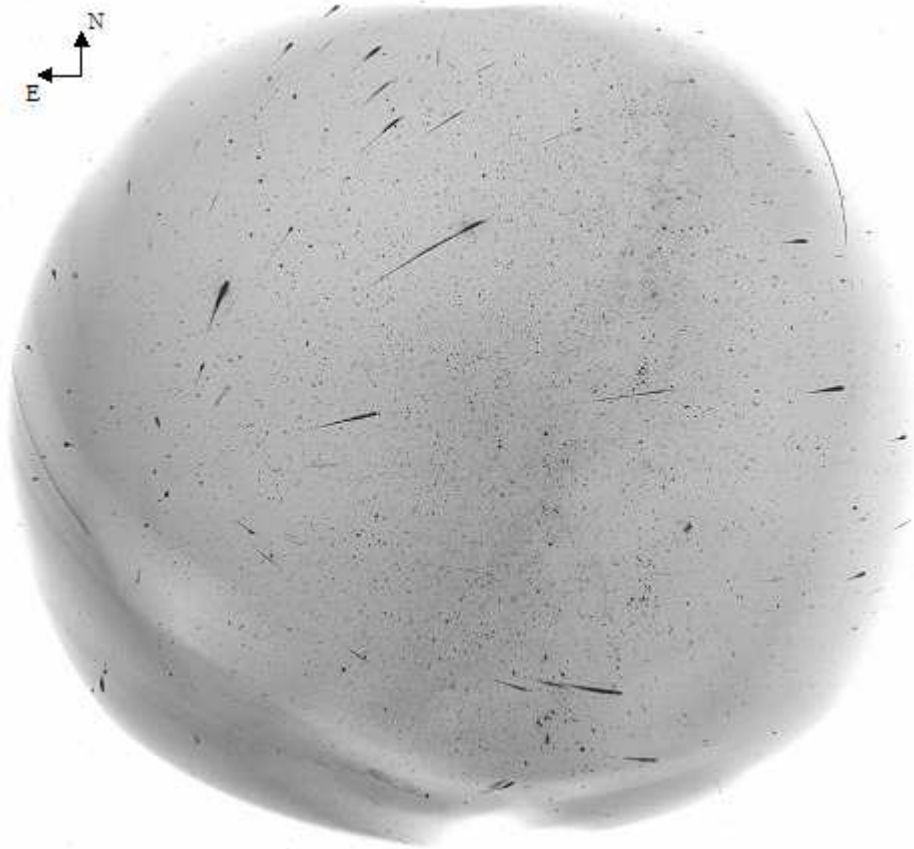
Nový návrat materskej kométy do blízkosti Slnka sa očakával v roku 1998 a s ním spojená výrazná aktivita meteorického roja Leoníd v rokoch 1998-2002.



Kométa 55P/Tempel-Tuttle a) 4.marca 1997 Keck II - 10m, b) 24. decembra 1997 Kuma Kogen Observatory - 0,6m, c) 3. februára 1998 AGO FMFI UK v Modre - 0,6m, d) 15. februára 1998 Tim Puckett - 0,6m.

Predpoveď výraznej meteorickej aktivity Leoníd podľa viacerých autorov pripadla na čas 17. novembra 1998 okolo 20:00 UT, čo zvýhodňovalo pozorovateľov vo východnej Ázii. Preto sa mnoho odborníkov presunulo do východnej Ázie spolu s prvou leteckou medzinárodnou expedíciou Leonid MAC (Multi-instrument Aircraft Campaign), kde na palube dvoch špeciálnych lietadiel NASA bola celá plejáda vedeckých prístrojov. My na našom univerzitnom pracovisku v Modre sme nemali tú možnosť odísť na expedíciu do Ázie, tak sme zostali štandardne pracovať doma. Tradične nepriaznivé poveternostné podmienky v novembri nedávali veľkú šancu pozorovateľom v strednej Európe. Navyše predpovedaná aktivita Leoníd, zväčša trvajúca iba niekoľko málo hodín, mala byť pre pozorovateľov na Slovensku nepozorovateľná. Ale niektorí mladí pozorovatelia monitorovali aktivitu Leoníd aj noc pred 17./18. novembrom (napr. Paulech a Tóth). V noci zo 16./17. novembra 1998 bolo skoro celú noc nad Astronomicko-geofyzikálnym observatóriom FMFI UK v Modre (AGO) jasno, iba nadržanom oblohu pokrývala oblačnosť. Po východe radiantu nad obzor (po 22:30 SEČ) Tomáš Paulech začal vizuálne pozorovanie a upozornil i Juraja Tótha na začínajúcu aktivitu v podobe niekoľkých jasných Leoníd s takmer paralelnými dráhami k obzoru (radiant bol len  $\sim 5^\circ$  nad obzorom). V tom čase sa už na AGO uskutočňovalo celooblohové fotografické pozorovanie 2 kamerami typu Zeiss/Distagon podľa pravidelného pozorovacieho programu. Negatív v pointovanej komore (sledujúcej chod hviezd krokovým motorom) sa vymieňal každé štyri hodiny, zatiaľ čo v nepointovanej komore (statická kamera) bol jeden negatív celú noc, viac ako 11 hodín. Celkove sa za celú noc exponovali 3 pointované a 1 nepointovaná platňa. Na posledných 2 pointovaných snímkach je 168 Leoníd. Z toho na poslednej pointovanej snímke v čase od 23:33:00 UT do 03:37:10 UT je 156 Leoníd. Zvyšujúci sa počet Leoníd súvisel so zmenou výšky radiantu nad obzorom a miernym rastom aktivity s maximom okolo 1:40 UT. Zároveň s fotografickými pozorovaniami sa vykonávali pozorovania dopredným meteorickým radarom na základni Bologna - Modra a pokračovali vizuálne pozorovania, z ktorých bola odhadnutá ZHR  $\approx 400$  (Paulech a Tóth, Kozmos 1999, Tóth a kol., 2000). Leonidy boli výnimočne jasné, s mnohými výbuchmi a stopami trvajúcimi v niektorých prípadoch niekoľko desiatok minút. Leonidy v túto noc pozorovali i fotograficky a vizuálne z Partizánskeho (V. Mešter), fotograficky a vizuálne zo Slovenského Grobu (F. Erben) a niektorí ďalší vizuálne v oblasti západného Slovenska a východnej časti Moravy (K. Hornoch). Ostatné územie v strednej Európe bolo pokryté oblačnosťou, a preto i naše

celooblohové snímky patria k jediným z celej Európskej bolidnej siete, a sú teda jednostaničným pozorovaním celooblohových komôr. Pointovaná celooblohová snímka s 156 Leonidami patrí k najkrajším ilustratívnym fotografiám meteorického roja v celej histórii meteorickej astronómie a doslova obletela svet. Odhaduje sa, že fotografiu v novinách, časopisoch, knihách a na internete videlo viac ako 100 miliónov ľudí. Používa sa v učebniciach astronómie a na rôznych internetových stránkach na ilustráciu meteorického roja. Je to zásluhou neúnavnej a stálej práce kolegov na observatóriu UK v Modre, ktorí tieto pozorovania zabezpečujú a sú pripravení podobné výnimočné javy zaznamenať.



Pointovaný negatív so 156 Leonidami v noci 16./17. 11. 1998 na AGO FMFI UK v Modre. Expozičná doba: od 23:33:00 UT, 16. 11. do 3:37:10 UT, 17. 11. 1998. Sever (N) je hore a východ (E) je vľavo.

V roku 1998 išlo o výnimočnú aktivitu roja Leoníd. Maximum nastalo o 18 hodín skôr, ako sa očakávalo a malo i iný pôvod. D. Asher z observatória Armagh v Severnom Írsku ukázal, že išlo o meteoroidy, ktoré boli v dráhovej rezonancii 5/14 s Jupiterom a boli vyvrhnuté materskou kométou pri prechode perihéliom ešte v roku 1333. Pozorované a fotograficky verne dokumentované pozorovanie tohoto bolidného maxima Leoníd v roku

1998, podnietilo viacerých autorov detailnejšie skúmať dynamiku prúdu. To prinieslo spresnenie predpovedí výnimočných aktivít meteorických rojov až na 5 minút ako to bolo potvrdené v prípade Leoníd v nasledujúcom roku 1999.

## Meteority

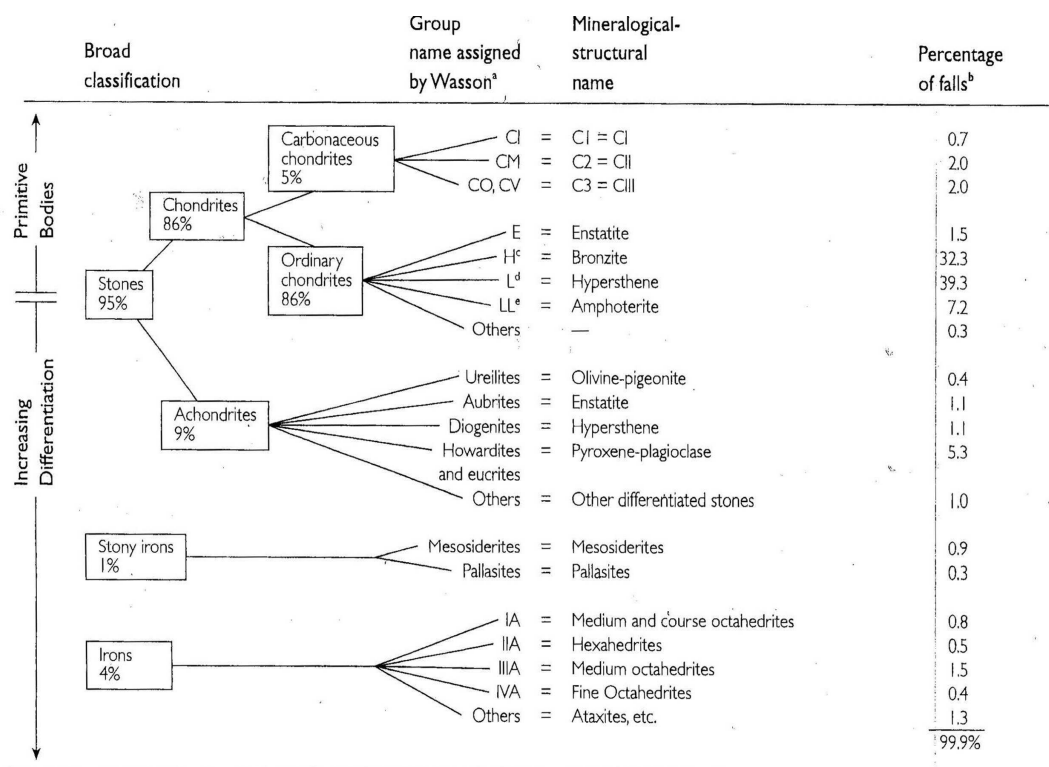
Každý deň do zemskej atmosféry vnikne približne 42 ton medziplanetárneho materiálu vo forme prachu, ale aj väčších telies, ktoré môžu ako meteority dopadnúť na povrch alebo do oceánov. Predpokladá sa, že makroskopických meteoritov dopadne denne na celú planétu asi 100. Štatisticky potom na naše územie ročne pripadajú tri pády. Ale väčšina z nich sa nikdy nenájde. Len malá časť z tohto počtu sa pozoruje fotograficky, alebo v súčasnosti video technikami, kde sa dá vypočítať i miesto predpokladaného pádu.

V minulosti nebolo pre ľudí si predstaviť, že kamene (meteority) môžu padať z neba. Preto relatívne neskoro až v roku 1813 Parížska akadémia vied oficiálne uznala, že meteority môžu padať z oblohy, to znamená, majú mimozemský pôvod. Bolo to pri hromadnom páde meteoritov, kde pri rozpade jedného telesa v atmosfére, padal meteoritický dážď. Na zem dopadli tisícky úlomkov meteoritov. Tomuto úkazu hovoríme pád meteoritov na rozdiel od nálezu meteoritu, ktorý dopadol na povrch v minulosti, ale jeho priamy pád nebol vôbec pozorovaný. Napríklad posledný meteorit nájdený na našom území je tiež nález v blízkosti obce Rumanová (okres Nitra), ktorý tam ležal približne 12000 rokov. Je to jediný meteorit na Slovensku nájdený v 20. storočí. V 19. storočí sú známe štyri prípady: Lenartov, Oravská Magura, Divín a Veľké Borové.



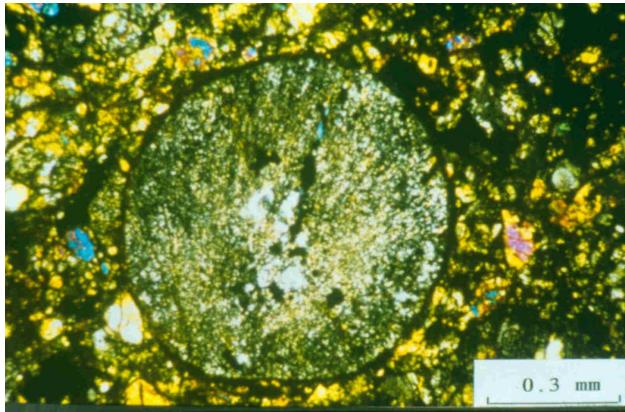
Rumanová – 4,3 kg H5 chondrit, nález v aug. 1994. (Foto V. Porubčan).

Meteority sa delia na tri základné skupiny, kamenné, železo-kamenné a železné. Samozrejme, jednotlivé základné skupiny majú detailnejšie delenie, ale tým sa nebudeme do detailov zaoberať. Meteority vznikali v podmienkach, kde ich materské telesá asteroidy neprešli takým komplexnými geologickými procesmi ako planéty. Mnohé meteority pochádzajú z asteroidov, ktoré neboli vôbec diferencované, to znamená, že prvky a ich zlúčeniny vo forme rôznych minerálov sa nediferencovali postupne vo vzdialenosti od stredu telesa. Jednoducho ťažšie prvky v roztavenom stave nesedimentovali postupne do jadra. Iné, menej početné skupiny meteoritov prešli týmito procesmi, inak by sme nemali na zemi železné typy meteoritov. Medzi nájdenými meteoritmi je veľa takých, ktoré dlhšie odolávajú zvetrávacím procesom na zemi. Sú to zvlášť železné meteority. Ale keď sa pozrieme na štatistiku pozorovaných pádov meteoritov, ktorá vernejšie dokumentuje pomer medzi jednotlivými druhmi meteoritov, najčastejšími meteoritmi sú kamenné. Tie tvoria asi 94%. Na železo-kamenné pripadá 1% a na železné 5%.



Z kamenných meteoritov je najpočetnejšou skupina chondritov, ktoré patria k nediferencovaným, primitívnym meteoritom. Chondrity okrem iného sa vyznačujú tým, že obsahujú chondrule, sférické (guľovité) útvary s rozmermi od 0,1 do niekoľkých milimetrov roztavených a znovu skondenzovaných minerálov, pravdepodobne vzniknutých pri formovaní protoplanetárnej hmloviny.





Rez obyčajným chondritom meteoritu Rumanová (1994), na ktorom vidieť sférické zrnká roztavených kremičitanov – chondruly. Zdroj: **Rojkovič I., Porubčan V., Šiman P., 1995:** Nález meteoritu pri obci Rumanová. *Mineralia Slovaca*, 27, 4, 331-342

Malú časť z kamenných meteoritov (8%) tvoria achondrity, ktoré neobsahujú chondrule. Ide pravdepodobne o pretvorené horniny z diferencovaných telies. Aj formačné veky týchto meteoritov sú oveľa mladšie ako chondritov. Ich pravdepodobnými materskými telesami sú veľké asteroidy ako napríklad Vesta, alebo planetárne telesá Mars alebo Mesiac. Z týchto telies sa uvoľnili po impakte asteroidu alebo kométy, ktorá dodala dostatočnú únikovú rýchlosť horninám planéty. Po úniku z gravitačného poľa planéty, alebo mesiaca sa meteoroidné teleso samostatne pohybovali po dráhe okolo Slnka. Zvyčajne po niekoľkých miliónoch rokov sa aspoň malá časť z nich stretla so Zemou a takto môžeme na Zemi získať planetárny materiál aj bez vyslania nákladných medziplanetárnych sond. Od roku 1969 sa začalo so systematickým zberom meteoritov z Antarktídy. Nie že by ich tam padalo viacej ako na iné miesta na Zemi, ale ľadovce ktoré slúžia ako zberné plochy počas státisícov rokov. Vlastným pohybom a vystupovaním pri úbočiach pohorí koncentrujú nabhierané meteority na relatívne malú plochu, kde ich výskumníci zbierajú. takýmto spôsobom sa nazhromaždilo niekoľko desiatok tisícov meteoritov rôznych druhov. Samozrejme meteority dopadajú aj na iné časti sveta. Niektoré púštne oblasti v Maroku, alebo v Austrálii sú tiež ideálnym miestom na hľadanie.

Ale aj na Slovensku sme v nedávnej minulosti hľadali viaceré meteority, ktorých pád bol pozorovaný fotografickou, alebo video technikou. Napríklad 6. mája 2000 v poobedňajších hodinách bol cez deň pozorovaný pád meteoritu Morávka, ktorého úlomky sa našli v okolí obce Morávka na severovýchode Českej republiky. Prelet atmosférou tohto telesa bol veľmi nápadný, jasný, sprevádzaný výbuchmi a inými zvukovými efektmi. Podľa výpočtov dr. Borovičku z Astronomického ústavu (Ondřejov) Akadémie vied ČR, ktorý analyzoval náhodné video záznamy, ako aj hlásania množstva ľudí, ktorý tento nápadný bolid

pozorovali, sa podarilo zrekonštruovať dráhu telesa v slnečnej sústave pred stretom so Zemou ako aj miesto dopadu meteoritov. V tomto prípade video záznamy detailného rozpadu ako aj seizmické záznamy, kedy rázová vlna z rozpadu telesa dorazila na povrch zeme a rozochvela citlivé seizmometre, slúžili na jeden z najpodrobnejšie a najpresnejšie zdokumentovaných prípadov preletu meteoritu zemskou atmosférou v celej histórii. Najväčší úlomok mal zaletieť cez hranice až na naše územie v okolí obce Vrhpredmier (Klokočov). Žiaľ na našom území sa meteorit nenašiel ani po viacerých expedíciách pracovníkov a študentov z Katedry astronómie, fyziky Zeme a meteorológie FMFI UK ako aj z hvezdárni z Kysuckého Nového Mesta, Žiliny, Banskej Bystrice a Žiaru nad Hronom. Oblasť, kde by teleso mohlo ležať v ťažkom zalesnenom teréne, má rozmer približne 5x2 km. Iný zaujímavý prípad nastal 17. novembra 2001, kedy zo staníc na Skalnatom Plese a v Modre bol fotografickými celooblohovými komorami pozorovaný bolid nad západnou Ukrajinou. Dr. Spurný z Ondřejova vypočítal miesto dopadu veľkého meteoritu len asi 15 km od našich východných hraníc, ale na ukrajinskej strane. Tieto metódy sú vo svete najpresnejšími na pozorovanie meteorov a výpočet miesta dopadu. V atmosfére sa svetelná dráha dá určiť s presnosťou na 10 m zo vzdialenosti niekoľkých stoviek kilometrov. Za polstoročie pozorovaní v strednej Európe ide o najväčší meteorit (450 kg) a zároveň s najhlbšie pozorovaním prienikom do atmosféry, pohasol vo výške len 13,5 km nad povrchom. Jasné meteory, bolidy zvyčajne prenikajú do výšok 40 až 20 km, kde sa zabrzdia natoľko, že prestávajú svietiť a potom padajú len voľným pádom. Žiaľ v tomto prípade ukrajinského meteoritu s názvom Turji-Remety (dedina blízko miesta dopadu meteoritu), sa ani nám, ani kolegom z Ukrajiny, či z Nemecka, nepodarilo žiaden teleso nájsť.

Novším prípadom je pád malého meteoritu s predpokladanou hmotnosťou len 120g v blízkosti obce a hradu Šášov. Kolegovia z blízkych hvezdárni a planetárií prehľadávali ornicu a blízke okolie, ale terén a náplavy z blízkeho koryta rieky Hron dávali len minimálne šanca na úspech. Ale 31. augusta 2007 bol z českých celooblohových staníc pozorovaný a dr. Spurným vypočítaný ďalší meteorit s väčšou hmotnosťou ako Šášov. V rokoch 2008 a 2009 prebiehalo hľadanie meteoritu v Malej Fatre na Martinských holiach. Žiaľ napriek niekoľkotýždňovému úsiliu sa meteorit nepodarilo nájsť. Ale skúsenosti z týchto expedícií sa nakoniec zúročili pri ďalšom prípade.

Rok 2010 sa zapísal do histórie meteorickej astronómie na Slovensku. Dopadol na východné Slovensko meteorit Košice, ktorý sa po 20 dňoch aj našiel. Dnes je to už veľmi známy prípad, ktorý sa podarilo nájsť na našom území po dlhých rokoch. Od posledného pozorovaného pádu meteoritu Veľké Borové prešlo totiž 115 rokov. Košický meteorit je unikátnym prípad aj v celosvetovom meradle, pretože tento meteorit má známu dráhu v Slniečnej sústave, ktorú vypočítal Jiří Borovička z Ondřejova a patrí len k 15 podobným prípadom na svete a prvým na našom území. Viac sa môžete o meteorite dozvedieť z článku „Meteorit Košice“ na našej stránke.



Meteorit Košice a členovia prvej expedície z Astronomického ústavu SAV a Katedry astronómie, fyziky Zeme a meteorológie FMFI UK, ktorá ho našla. Prvý a druhý fragment našli J. Tóth a D. Búzová.

Táto práca - Praktická astronómia populárne - je podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. LPP-0378-09.