

METEORITI 2009

Studio al SEM (Microscopio Elettronico a Scansione) per individuare rocce meteoriche.



Una condrite ordinaria, entro cui sono state individuate isole di Ferro-Nichel e di Ferro-FeS (Solfuro di Ferro).

1) Obiettivi.

La ricerca e la collezione di meteoriti è, al giorno d'oggi, sempre più fonte di interesse da parte della gente comune, degli appassionati di materiale astronomico ed anche, e soprattutto, da parte del mondo della scuola. Questa attività, in particolare, ha una valenza didattica molto grande: lo studio delle rocce cosmiche è ideale per approfondire la comprensione dei meccanismi che hanno dato origine al Sistema Solare ed ai vari tipi di oggetti in esso contenuti. Il fatto è che, in generale, **nascono seri problemi nei casi, molto frequenti, in cui si debba distinguere in maniera incontestabile tra la natura cosmica o terrestre** di una roccia dall'aspetto un po' 'strano' trovata direttamente da una persona che non sia uno specifico studioso del campo. Certo, ci sono Istituti specializzati in questo tipo di analisi ma, spesso, costi e tempi sono insostenibili (specie se i campioni da analizzare sono parecchi e di differente provenienza). **In questo progetto il GAT vuole proporre un metodo di indagine veloce e spesso inconfutabile, basato su analisi ed immagini effettuate al SEM** (Microscopio Elettronico a Scansione), uno strumento analitico che, ormai, fa parte della dotazione scientifica di moltissimi laboratori industriali, universitari e, addirittura, di scuole secondarie superiori. Il problema è, COME utilizzare il SEM in maniera veloce e sicura, quindi con costi accessibili a chiunque.

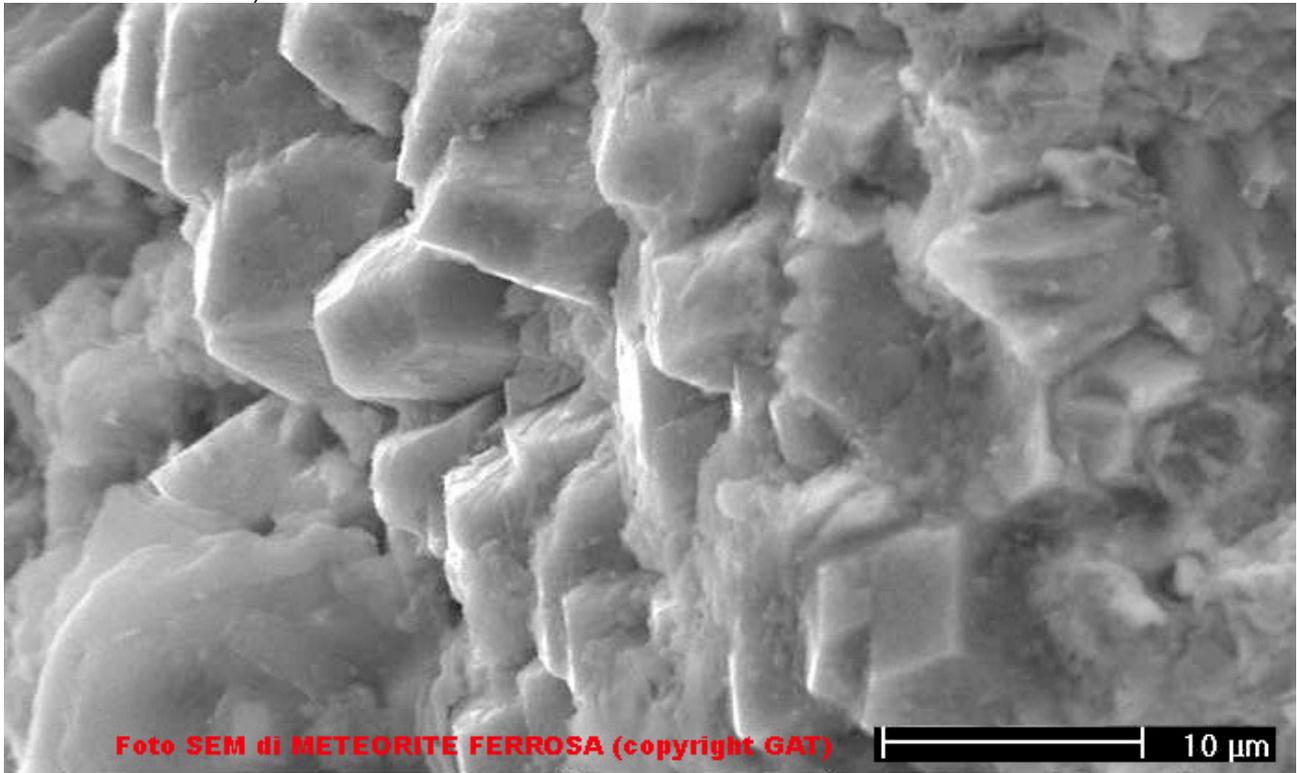
Come ben noto, i meteoriti si dividono in tre grandi classi: AEROLITI (meteoriti pietrose), SIDERITI (meteoriti ferrose, che costituiscono circa l'8% del totale), SIDEROLITI (meteoriti nelle quali la componente metallica e silicatica è comparabile e costituiscono circa l' 1% del totale). A loro volta le AEROLITI si dividono in CONDRITI (circa l' 85% di tutte le meteoriti viste cadere) e ACONDRIITI (circa il 6% di tutte le meteoriti). Mentre le acondriti hanno composizione basaltica piuttosto omogenea (ne fanno parte, per esempio, le SNC di provenienza marziana), le condriti sono caratterizzate dalla presenza, all'interno di una matrice silicatica, di sferule vetrose (CONDRULE) di dimensioni millimetriche o sub-millimetriche composte da Silicati di Ferro e Magnesio (Olivina e pirosseno) prodotte da subitanea (ed in parte ancora inspiegata) fusione del materiale protoplanetario primordiale. In molti casi sono anche presenti granuli di materiale ancora più primordiale ricco di Calcio ed Alluminio (CAI, ossia Calcium, Aluminium Inclusions) formatosi almeno un paio di milioni di anni prima delle condrule. Più in generale le condriti si suddividono a loro volta in enstatiti (le più refrattarie, formatesi in condizioni altamente riducenti), ordinarie (H, L ed LL a secondo del contenuto di porzione metallica) e carbonacee (cosiddette perché contengono inclusioni di materiale organico): è probabile che questa differenziazione sia legata alla temperatura, quindi della distanza, progressivamente maggiore dal Sole a cui si sono formate.



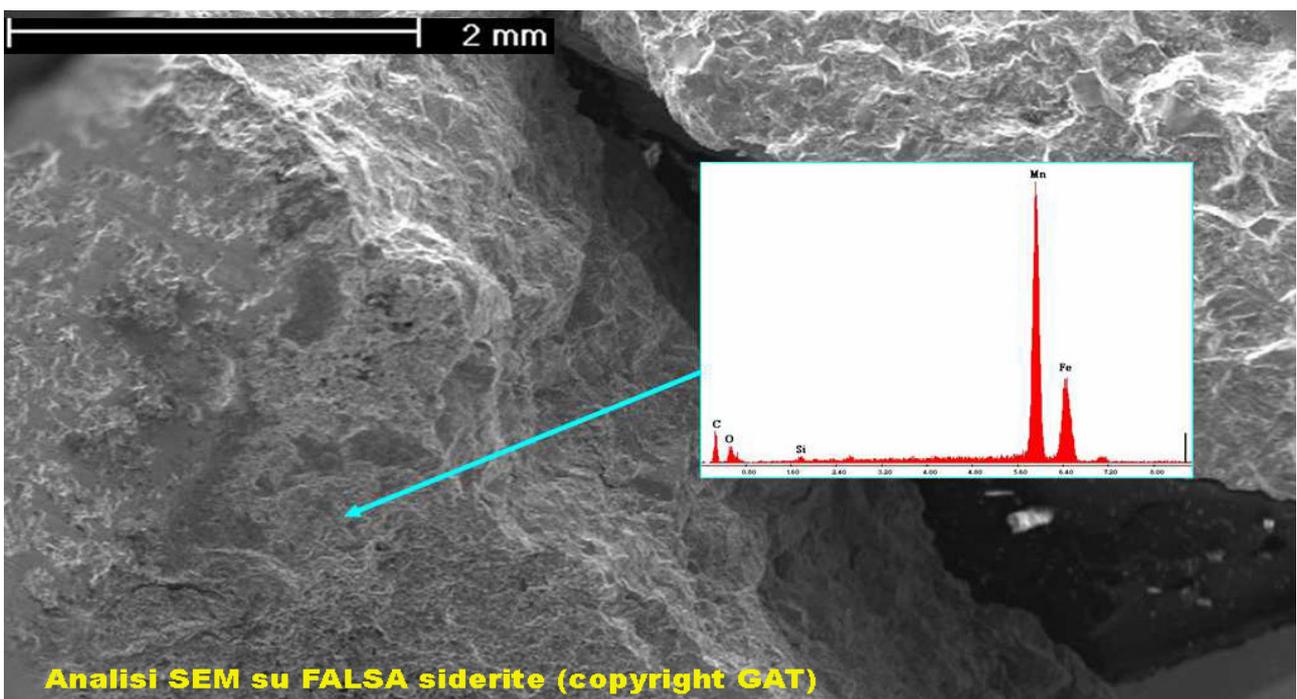
IL TIPO DI SEM UTILIZZATO PER QUESTO PROGETTO.

2) Le meteoriti ferrose (SIDERITI)

Capita spesso di confondere un normale pezzo di lega ferrosa con un oggetto di provenienza cosmica (ossia un frammento di Fe-Ni proveniente dal nucleo interno di un corpo asteroidico ben differenziato). In realtà per distinguere la provenienza cosmica di un pezzo di Ferro è necessario individuare al suo interno una % seppur ridotta (1-15%) di Nichel ed una chiara struttura cristallina che si forma dalla solidificazione lenta di leghe di Ferro contenenti Nichel (esaedriti se $Ni < 6\%$, ottaedriti se $Ni > 6\%$).



Oltre alla struttura cristallina, è decisiva, come già accennato, l'analisi della composizione chimica, che al SEM si può fare facilmente con la sonda EDS. Per esempio NON è un meteorite questo oggetto metallico trovato sulle rive del Ticino, data la presenza preponderante di Manganese:



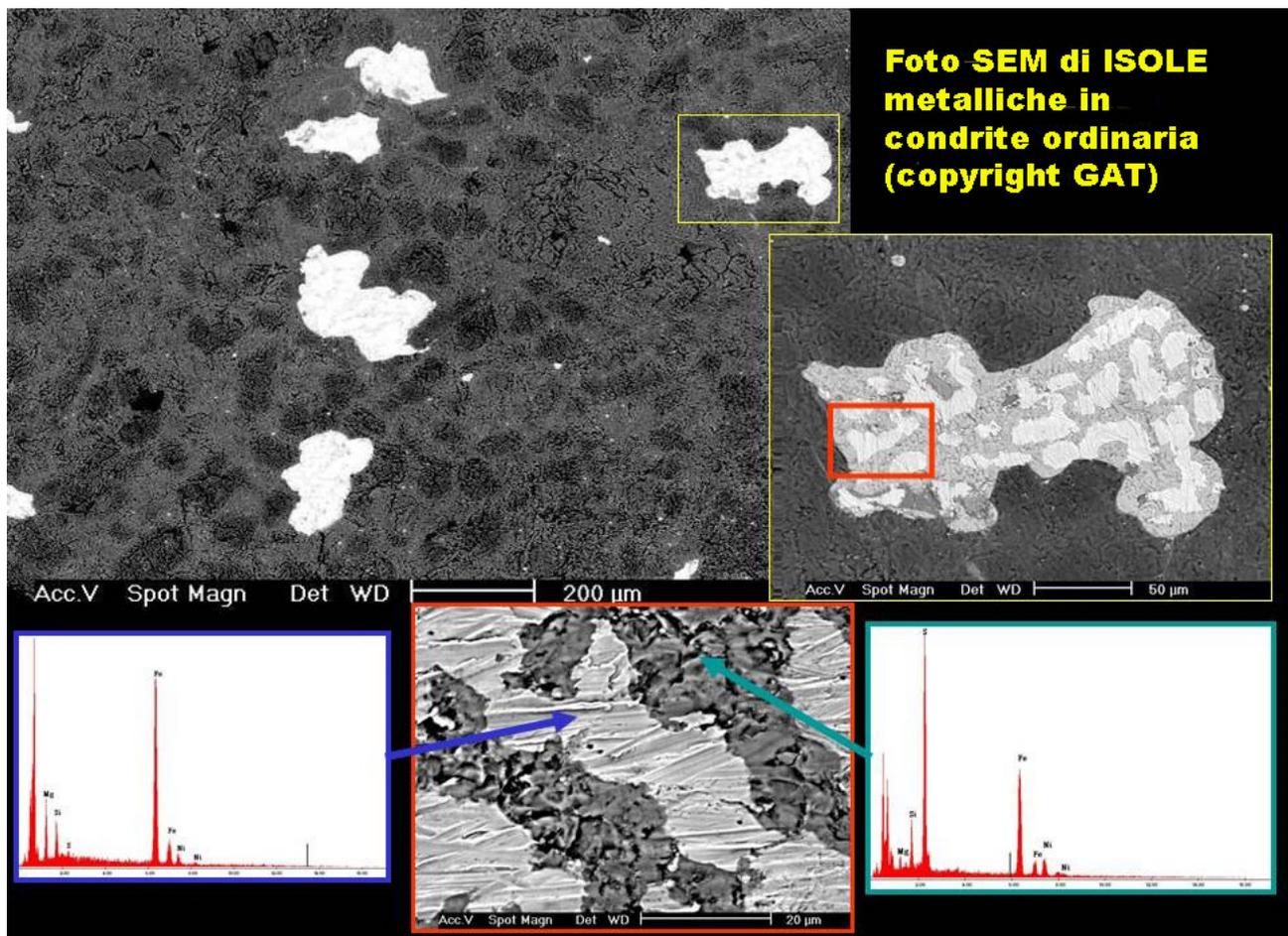
3) Le condriti ordinarie.

Le rocce in parte arrugginite e dotate di una **crosta scura (parziale o totale) di materiale fuso**, possono essere delle meteoriti. Per dimostrarlo (od escluderlo) è necessario tagliare una sottile sezione del campione (1-2 mm è sufficiente) e sottoporla a processo di lappatura (molto semplicemente una 'lucidatura' per rendere estremamente regolare la superficie).

A questo punto l' esplorazione al SEM (elettroni di Backscattering) richiede pochi minuti ed è immediatamente decisiva: un materiale meteorico mostra infatti una matrice grigio-scura (silicato di Magnesio e/o alluminio contenente spesso strutture circolari attribuibili a condrule) disseminata da **'ISOLE' chiare di natura metallica** (Ferro-Nichel e/o Ferro solfuro). Anche in questo caso la presenza di Nichel nelle ISOLE metalliche è una condizione quasi obbligata della provenienza cosmica.

Queste isole sono talmente inconfondibili (a volte si vedono già ad occhio nudo dopo sezionamento) da lasciare pochi dubbi. Ma, se qualche dubbio persistesse, si possono effettuare su una superficie 'estesa' (1-2 mm) di campione, **MAPPE globali della distribuzione** di vari elementi come Ferro, Nichel, Zolfo. Si tratta di uno strumento potentissimo che la sonda EDS del SEM realizza con grande facilità, raccogliendo i raggi X che ciascun elemento emette con energia assolutamente specifica, quando viene colpito dagli elettroni energetici della sorgente del SEM. La sovrapposizione di mappe relative ad elementi differenti permette di avere una visione quasi 'tridimensionale' della situazione compositiva: in particolare la sovrapposizione delle mappe di Ferro, Nichel e Zolfo ne evidenzia immediatamente un collegamento reciproco, tipico delle rocce meteoriche.

Un esempio del nostro metodo viene riportato qui di seguito:



4) Le condriti carboniose.

Si tratta di meteoriti molto rare che alla vista, presentano spesso **una superficie esterna nera** e lucida. Ancora una volta l'esplorazione al SEM (con elettroni di backscattering) di una sezione di un paio di millimetri mostra una morfologia assolutamente peculiare: una matrice grigia piuttosto eterogenea appare disseminata da una notevole quantità di **ISOLE molto SCURE, quasi NERE** (materiale a scarsa conducibilità e basso numero atomico) di forma e geometria molto variabile (dimensioni di 10-30 micron). Le immagini a forte ingrandimento di queste ISOLE scure ne mostrano una morfologia straordinaria: sembrano delle gocce di materiale catramoso !

Le analisi compositive della sonda EDS del SEM sono ancora una volta decisive perché, nel caso di una vera condrite carboniosa, indicano che **le 'gocce' scure dall'apparenza catramosa sono costituite quasi integralmente da CARBONIO** organico (ossia non accompagnato, come per esempio nei carbonati, da una seppur minima porzione metallica).

Ecco un esempio del nostro metodo, applicato ad una roccia molto dubbia, che solo dopo l'indagine SEM si è rivelata una VERA condrite carboniosa:



E' chiaro che l'esperienza di questa indagine, essendo stata estesa ad alcune tra le principali classi di rocce meteoriche, è una base di partenza molto importante per la disamina, durante il 2009, di tutta una serie di altri materiali di possibile provenienza cosmica. Ne abbiamo a disposizione già un certo numero che ci permetteranno, ad indagine completata, di pubblicare molte informazioni di grosso interesse per tutti coloro che si vogliono dedicare a questo affascinante campo della ricerca geologico-planetaria. Molte delle immagini che realizzeremo verranno inserite nella 9° edizione della mostra su L'Esplorazione del Sistema Solare, un' altro dei progetti fondamentali che il GAT ha programmato per il 2009.