

## ATTIVÀ DEL CENTRO

## Il progetto StardUstica: polvere di spelle su di noi

di Franco Foresta Martin

**U**NO SCIAME DI POLBERE E ciottoli cosmici si avvicina alla Terra, viene attratto dalla sua potente forza di gravità e penetra negli strati più alti dell'atmosfera, a velocità di alcune decine di chilometri secondo. L'attrito è tale che ogni frammento cosmico si consuma rapidamente, lanciando bagliori di luce e lasciandosi dietro una scia di particelle arroventate. Ma, grappoli di queste particelle disperse nell'alta atmosfera condensano in forma di gocce, si raffreddano e si trasformano in piccolissime sferule solide, di appena qualche frazione di millimetro. Così, un'invisibile pioggia di sferule cosmiche cade lentamente sulla Terra, confondendosi con i prodotti dell'inquinamento umano. In ambienti in cui la presenza di particelle inquinanti è meno intensa, come nell'Isola di Ustica, le sferule cosmiche possono essere più facilmente rintracciate e avviate ai laboratori di analisi, offrendo un contributo alle ricerche sull'origine e l'evoluzione della materia extraterrestre. È quanto propongo nell'articolo seguente, che dedico ai giovani studenti del Liceo Scientifico di Ustica, invitandoli a partecipare a questa esaltante avventura culturale. StardUstica è un nome di fantasia che ho coniato fondendo il vocabolo inglese stardust (polvere di stelle) e quello di Ustica. Con il Progetto StardUstica propongo di ricercare e raccogliere piccole sferule di origine extraterrestre nei sedimenti depositati



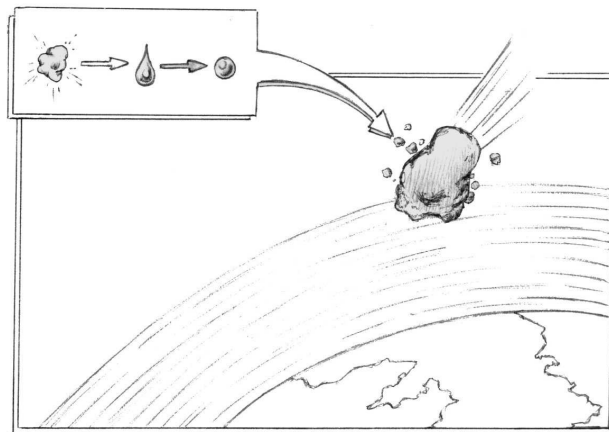
Il logo della ricerca ideato dall'autore dell'articolo.

dalle piogge in alcuni specifici contesti ambientali dell'Isola di Ustica, come pozzi di raccolta delle acque piovane e gorgi storici o preistorici (*vurni* in dialetto usticese).

Poiché la ricerca presenta un'elevata valenza didattica, propongo, che il Progetto StardUstica coinvolga studenti e in-

segnanti di alcune classi del Liceo Scientifico di Ustica, tanto più che in una prima fase, quella della raccolta e della cernita del materiale, sono sufficienti competenze e attrezzature non specialistiche, alla portata di una scuola superiore dotata di un comune laboratorio di scienze.

Il progetto StardUstica ha le



Dinamica di formazione delle sferule cosmiche. un meteoride (un sasso) penetra nell'atmosfera terrestre, si arroventa, frammentandosi in varie particelle. Alcune di queste assumono la forma di piccolissime sferette che gli specialisti chiamano 'sferule cosmiche'.

sue premesse scientifiche in una recente consapevolezza dei ricercatori di Scienze della Terra e di Astronomia. Sul nostro pianeta, oltre a una piccola quantità di meteoriti macroscopiche, cioè di sassi di origine extraterrestre più o meno grandi che si recuperano di tanto in tanto sul terreno, cade un'abbondante pioggia di piccolissime particelle della stessa origine e natura delle meteoriti, ma di dimensioni inferiori al millimetro: alcuni ricercatori le indicano col nome generico di micrometeoriti. Una parte di queste micrometeoriti si presenta sotto forma di sferule cosmiche: sfere quasi perfette che, osservate al microscopio, si distinguono per la loro bellezza, anche fra migliaia di altri frammenti.

Sia le grandi meteoriti, sia le invisibili micrometeoriti hanno gli stessi progenitori, nel senso che possono provenire da:

- > residui della nebulosa primordiale da cui si è formato, cinque miliardi di anni fa, il nostro Sistema Solare;

- > polvere sparsa dall'erosione di corpi minori del sistema solare come asteroidi e comete;

- > schegge scagliate nel corso di collisioni fra corpi celesti.

Tutti questi frammenti di varie dimensioni e di varia costituzione: rocciosa, metallica o mista, permeano lo spazio interplanetario e, quando si avvicinano alla Terra, vengono risucchiati dalla forza di attrazione, tuffandosi nell'atmosfera a velocità di decine di km al secondo. Si è potuto calcolare che, già fra i 120 e i 90 km di altezza, il calore sviluppato dall'attrito con le molecole dell'atmosfera è talmente elevato da arroventare il frammento cosmico fino a temperature di alcune migliaia di gradi. In questa fase si sviluppa quello che viene chiamato il "rocce ablativo": la materia di cui è fatto l'oggetto cosmico, sia esso di natura rocciosa o metallica, va-

porizza, passa direttamente dallo stato solido a quello di vapore. Nella maggior parte dei casi l'oggetto si consuma del tutto, generando quello spettacolare fenomeno astronomico definito meteora (in maniera impropria ma suggestiva: stella cadente). Solo i corpi cosmici di maggiori dimensioni sopravvivono alla distruzione completa e fanno arrivare al suolo uno o più meteoriti. Dunque, a rigore di termini scientifici, c'è differenza fra la meteora che è il fenomeno visivo della stella cadente, e la meteorite che è il frammento solido eventualmente caduto e recuperato. Il corpo cosmico nella fase di ingresso nell'atmosfera, indipendentemente dal fatto se una sua frazione arriverà a toccare il suolo, viene invece definito meteoroido.

Per circa due secoli, a partire dalla metà del 1700, cioè da quando è stato accertato il meccanismo di ingresso dei meteoroidi nell'atmosfera terrestre, gli studiosi hanno ritenuto che la raccolta e il riconoscimento delle meteoriti macroscopiche rappresentasse l'unico modo per analizzare il materiale di origine cosmica arrivato sulla Terra. Solo negli ultimi decenni si è aperto il nuovo campo d'indagine delle microscopiche sferule cosmiche.

Come diceva il grande e fortunato chimico francese Antoine Lavoisier, ghigliottinato durante la rivoluzione francese: "Nulla si crea e nulla si distrugge: tutto si trasforma". Questo principio vale anche per quella parte di materiale cosmico che sembra dissolversi durante il tuffo arroventato nell'atmosfera. Infatti è stato accertato che, durante il processo ablativo, le microscopiche particelle vaporizzate e disperse nell'alta e fredda atmosfera, condensano, riconsolidano e cadono giù verso il suolo, talvolta lentamente, talvolta velo-

cemente, in funzione del loro peso. Molte di esse assumono la forma di minute goccioline, la cui composizione chimica e mineralogica riflette la natura del corpo cosmico da cui provengono: hanno questa specifica origine le sferule cosmiche di cui propongo la ricerca a Ustica.

Le sferule furono rinvenute, per la prima volta, agli inizi del 1900, in antichi sedimenti geologici depositati nel fondo dei mari. Analizzando questi sedimenti alla ricerca di microfossili, i paleontologi trovarono numerose particelle sferiche inorganiche che, lì per lì, classificarono come materiale di incerta provenienza. Successivamente, grazie anche all'evolvere delle tecniche di microscopia elettronica e di analisi degli elementi in traccia, è stata certificata la loro origine cosmica. Nel frattempo le sferule sono state trovate anche nei ghiacci polari, nel corso di campagne di ricerche di meteoriti effettuate fra le bianche e incontaminate distese di neve, dove i frammenti di materiale cosmico si rintracciano più facilmente che altrove. E, addirittura, le sferule, assieme ad altri tipi di micrometeoriti, sono state raccolte con apposite trappole montate su aerei in volo ad alta quota.

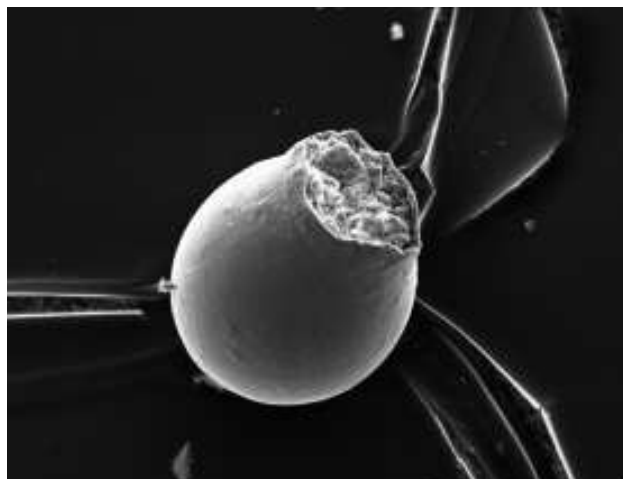
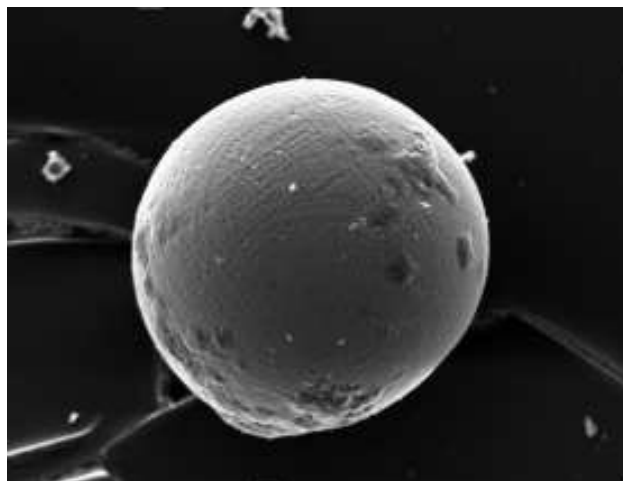
Poiché le sferule cadono in maniera più o meno continua su tutta la Terra, in linea di massima, nulla impedisce di ricercarle anche in sedimenti attuali, depositati in ambienti urbani o extraurbani. Esistono delle circostanze che favoriscono la concentrazione di questo fine materiale extraterrestre. Durante le piogge, infatti, le particelle in sospensione nell'atmosfera vengono trascinate giù più facilmente (anzi spesso esse stesse costituiscono i nuclei di condensazione delle gocce di pioggia). Di conseguenza, tutti i luoghi in cui l'acqua piovana si raccoglie e ristagna, avendo la possibilità di

depositare le polveri di cui è carica, sono siti privilegiati per la raccolta di particelle extraterrestri che, col trascorrere dei mesi, possono concentrarsi anche su piccole aree.

Nei sedimenti recenti, tuttavia, affluisce anche un'enorme quantità di micro-particelle generate dai processi inquinanti, alcune delle quali assumono pure forma sferica. Le fonti di inquinamento che producono sferule analoghe a quelle cosmiche sono soprattutto le grandi centrali a carbone, gli inceneritori e le fonderie. Per fortuna questi impianti, molto diffusi nel territorio antropizzato, spargono la maggior parte dei loro prodotti entro un raggio di qualche decina di km dalla sorgente. Se si prelevassero campioni di sedimenti nelle aree fortemente inquinate, la mescolanza dei due tipi di particelle, costringerebbe i ricercatori a procedere a una minuziosa cernita, al fine di riconoscere e separare le poche sferule cosmiche da quelle artificiali. Proprio per evitare questo inconveniente la ricerca delle sferule cosmiche si è concentrata, finora, nei sedimenti geologici di età pre-industriale.

Alla luce di tutte queste considerazioni, l'Isola di Ustica si candida come un luogo ideale per la ricerca delle sferule cosmiche, non solo per la presenza di pozzi e cisterne storiche che raccolgono esclusivamente acqua piovana, concentrandone efficacemente i sedimenti, ma soprattutto perché nel suo territorio non esistono fabbriche, industrie e altre attività produttrici delle micro particelle inquinanti che altrove ricadono in abbondanza, costituendo un notevole fattore di disturbo.

Al fine di esemplificare la metodologia di indagine del progetto StardUstica, rendendola accessibile anche a giovani studenti che non possono contare su strumentazioni sofisticate, suggerisco due vincoli:



*Due probabili sferule cosmiche rinvenute nel pozzo di raccolta delle acque piovane del vicolo III Chiesa, in Ustica, fotografate con un microscopio a scansione elettronica a circa 200 ingrandimenti. La maggiore, di circa tre decimi di millimetri di diametro, presenta un guscio a base di cristalli ossidi di Ferro con una caratteristica tessitura intrecciata. La minore, di circa un decimo di millimetro oltre al guscio in ossidi di ferro, presenta un tipico foro di sfondamento dovuto all'espulsione del nucleo nella fase di decelerazione.*

1. limitarsi alla ricerca delle sferule di natura metallica, che possono essere facilmente captate con un magnete;

2. raccogliere le sferule di dimensioni maggiori, da un decimo di millimetro in su, che possono essere individuate agevolmente con un microscopio a bassi ingrandimenti, di tipo didattico.

Date queste esemplificazioni,

è possibile calcolare quante sferule cosmiche di tipo metallico cadono ogni anno, in media, su una superficie come Ustica e, di conseguenza, valutare quali sono le probabilità di trovarle e collezionarle, rendendole poi disponibili per un'approfondita analisi scientifica?

Partendo da alcune stime ricavate dalla letteratura scientifica

sull'argomento, facciamo qualche considerazione quantitativa. Il peso di tutto il più minuto materiale extraterrestre (polveri e residui dei processi di ablazione) che penetra ogni anno nell'atmosfera è valutato dagli studiosi in circa 50 milioni di kg. La frazione di questa 'polvere di stelle' che presenta caratteristiche ferromagnetiche (presenza di ferro e altri elementi metallici) è circa il 6% del totale, dunque 3 milioni di kg. Se si considera che queste particelle a base di ferro hanno un diametro medio di 1/10 di millimetro, si ricava un totale di circa 500 mila miliardi di particelle. Poiché l'intera superficie terrestre vale circa 500 milioni di km quadrati, se ne ricava che, ogni anno, per ogni km quadrato, si distribuiscono, in media, 1 milione di micrometeoriti ferrose. Quante di esse avranno la forma di sferule facilmente riconoscibili al microscopio? Nell'ipotesi più riduttiva, cioè ammettendo che le sferule metalliche siano solo l'1%, la cifra si riduce a 10 mila. Dato che Ustica ha una superficie di circa 8,6 km quadrati, si può concludere che l'Isola riceve, ogni anno, una pioggia di 80-90 mila sferule cosmiche di tipo metallico.

Tutte queste valutazioni, ovviamente, hanno un valore statistico, poiché le particelle non si distribuiscono in maniera assolutamente omogenea per unità di superficie. Tuttavia, è legittimo ritenere che, una volta individuati alcuni efficaci bacini di raccolta delle acque piovane, sia possibile estrarre e selezionare questo interessantissimo materiale, senza eccessiva fatica.

C'è da precisare che, trattandosi di particelle a base di ferro e di altri metalli facilmente ossidabili, la loro durata a contatto con l'aria, non dovrebbe andare oltre l'anno: le piccole sferule metalliche, infatti, quando esposte agli agenti atmosferici, de-



*Un magnete avvolto in una bustina di plastica: così si possono captare dal fondo di pozzi e cisterne le sferule cosmiche di natura metallica. La cernita va fatta successivamente per mezzo di un normale microscopio.*

gradano rapidamente e si distruggono. Insomma, non c'è da aspettarsi un accumulo di sferule antiche, a meno che queste non siano state ricoperte e isolate da spessi sedimenti (come accade per le sferule che si depositano nel fondo degli oceani).

Dal punto di vista chimico-mineralogico, le piccole sferule metalliche di origine extraterrestre rispecchiano la composizione delle meteoriti metalliche da cui traggono origine, essendo composte prevalentemente da Ferro e subordinatamente da Nickel, Alluminio, Ossigeno, Silicio e Zolfo. Poiché ogni sferula, nella fase di formazione durante l'ingresso in atmosfera, diventa un piccolo crogiolo sottoposto a particolarissime condizioni termiche e dinamiche (rapida fusio-

ne, ossidazione, veloce raffreddamento, brusco frenamento) la sua composizione chimica e mineralogica riflette tutte queste vicende. Di solito, nel guscio più esterno si raccolgono cristalli a base di ossidi di ferro che assumono una caratteristica tessitura incrociata. Se presenti, gli elementi più pesanti come il Nickel migrano all'interno, formando un nucleo che, talvolta, viene espulso in volo per l'improvvisa decelerazione dovuta al frenamento atmosferico, ne' più ne' meno come verrebbe espulso il povero passeggero di un'automobile a causa di una catastrofica inchiodata di freni ad altissima velocità. Talvolta le sferule possono conservare al loro interno la memoria della loro lunga permanenza nello spazio, sotto

forma di tracce di alcuni 'isotopi cosmogenici' come il Berillio 10 e l'Alluminio 26.

Tutte le analisi per il riconoscimento dei costituenti caratteristici delle sferule cosmiche, ovviamente, possono essere fatte solamente in laboratori specializzati, per mezzo di strumenti come microscopi elettronici a scansione e piccoli acceleratori di protoni che sono in grado di effettuare un'analisi spettrale dei vari elementi costitutivi di un campione, anche se questo ha dimensioni submillimetriche.

Ma il laboratorio di analisi che certifica la natura extraterrestre dei campioni è l'ultimo atto della ricerca. Prima c'è tutto un lavoro di individuazione dei siti di raccolta, di allestimento dei materiali necessari, di captazione e di selezione delle sferule metalliche, di riconoscimento di particelle inquinanti, che può essere fatto da studenti, purché si adottino metodi di ricerca rigorosi. Le indicazioni metodologiche e pratiche per svolgere la ricerca, al fine di non appesantire il testo di questo articolo, si trovano in Appendice.

Al di là dei risultati utili consistenti nella scoperta di sferule metalliche di origine cosmica cadute a Ustica, la ricerca ha un particolare valore ambientale perché permetterà di sapere se arrivano fino alla nostra Isola analoghe particelle inquinanti prodotte, a grande distanza, da impianti industriali.

A conclusione di questo articolo non mi resta che riferire alcuni fatti che rappresentano una premessa positiva all'avvio e allo sviluppo del Progetto StardUstica. Innanzi tutto, con la fondamentale collaborazione di Vito Ailara, abbiamo personalmente verificato la presenza di sferule metalliche nei sedimenti di alcuni pozzi di raccolta di acque piovane. Uno dei più ricchi di materiale è risultato, finora,



*Aspetto al microscopio ottico di un gruppo di particelle raccolte col magnete nel pozzetto di Vicolo III Chiesa. Fra i tanti frammenti ferrosi di forma irregolare, spicca, al centro, una sferula.*

quello in Vicolo Chiesa III, collegato alle acque che piovono sul tetto della Chiesa di Cristo Re. Col metodo della captazione magnetica e della cernita al microscopio a bassi ingrandimenti (descritto in Appendice), finora abbiamo selezionato una dozzina di particelle dall'apparenza di sferule cosmiche. Due delle sferule raccolte, analizzate al microscopio elettronico e successivamente esaminate da uno dei massi esperti italiani in questo campo, il professor Gian Mario Molin dell'Università di Padova, sono state diagnosticate come 'sferule metalliche di probabile origine extraterrestre. Altre analisi sono in corso per confermare questa ben fondata ipotesi. Una delle due sferule presenta una caratteristica peculiare delle sferule cosmiche: un foro di sfondamento dovuto all'espulsione del nucleo interno più pesante (vedere figura qui accanto). L'altra sferula presenta un guscio formato da cristalli di ossidi

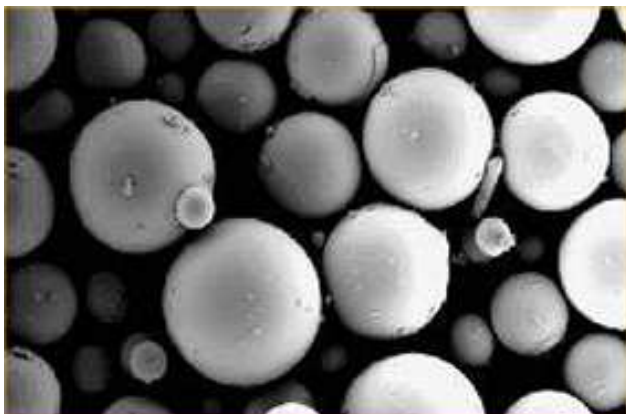
di Ferro con un'evidente tessitura incrociata

L'altro fatto che ci riempie di soddisfazione è che il preside del Liceo Scientifico di Ustica, professor Francesco Pintaldi, ha aderito al progetto StardUstica, includendolo fra le attività culturali che verranno svolte da alcune classi.

Infine, alcuni istituti di ricerca, che qui pubblicamente ringrazio, come l'Infn (Istituto nazionale di fisica nucleare), l'Ingv (Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia), e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Padova, hanno dato la loro disponibilità a effettuare le sofisticate analisi richieste per il riconoscimento delle particelle.

Sono convinto che, una partecipazione così ampia ed entusiastica ci darà l'opportunità di portare a compimento una ricerca di grande interesse scientifico e di alto valore culturale.

FRANCO FORESTA MARTIN



*Sferule di inquinamento prodotti da una grande centrale di carbone. La ricerca StardUstica dovrà accertare se nell'Isola arrivano, trasportate dal vento, queste particelle inquinanti generate da sorgenti distanti centinaia di chilometri. La loro apparenza è simile alle sferule cosmiche, ma le analisi chimico-mineralogiche permettono di identificarle, risalendo persino al tipo di carbone usato dall'impianto di combustione.*

#### APPENDICE

Gli strumenti necessari per la ricerca delle sferule cosmiche sono pochi e, di solito, presenti nel gabinetto di scienze di una scuola superiore; in ogni caso di facile reperibilità presso negozi di ottica, ferramenta e cartolerie. Eccone l'elenco.

1. Piccolo microscopio per uso didattico con oculari intercambiabili in modo da avere ingrandimenti variabili da 10x a 100x .

1. Una lente di ingrandimento da orologiaio.

Una potente calamita.

Qualche bustina di plastica di dimensioni tali da contenere la calamita.

Un grosso ago per cucito da magnetizzare, sfregandolo su un polo della calamita.

Una piccola vaschetta di plastica per raccogliere le particelle raccolte e osservarle al microscopio.

Diversi piccoli adesivi magnetici, di quelli usati per appendere i foglietti di carta su sportelli metallici. Sul lato magnetizzato, che di solito è scuro, deve essere incollato un sottile foglio bianco che poi va ritagliato a misura.

5. Una volta individuato il sito di raccolta, per esempio il fondo di una cisterna, bisogna infilare la calamita dentro la bustina di plastica e strisciarla sul sedimento, sia esso secco sia umido. In caso di pozzo profondo con acqua stagnante, bisogna calare la calamita per mezzo di un bastone o di uno spago e usare tutte le precauzioni del caso per non esporsi a rischi di caduta. Se l'operazione di campionamento viene affidata a studenti, ci deve essere sempre presente un adulto per controllo e garanzia.

Ritirata la calamita, si vedrà subito che la plastica, in corrispondenza dei poli magnetizzati, si ricopre di minute particelle ferrose. Le particelle così catturate vanno depositate all'interno della vaschetta che sarà poi collocata sotto l'obiettivo del microscopio. Per fare cadere le particelle raccolte, basterà sfilare la calamita dalla busta di plastica. Sconsiglio di usare la calamita senza busta perché risulterebbe impossibile, con le dita, staccare le più minute particelle ferrose attaccate ai suoi poli magnetici. Nel caso che il sedimento sia ba-

gnato e limaccioso, si può costatare che le particelle ferromagnetiche aderiscono comunque alla plastica, in corrispondenza dei poli della calamita, ma per raccoglierle e selezionarle bisogna aspettare che il sedimento si essicchi.

Cominciando a esaminare il campione di sedimento a bassi ingrandimenti, si vedrà che la maggior parte delle particelle raccolte è costituita da frammenti irregolari, di colore rugginoso, probabilmente residui di strutture in ferro che si degradano: insomma, niente di extraterrestre. Un'altra frazione dei frammenti maggiori si presenta forme con gli spigoli aguzzi e superficie nerastra o marrone scuro. Si tratta probabilmente di piccoli frammenti di minerali ferromagnetici di origine terrestre, sollevati dai vortici di vento e ricaduti giù con le piogge.

E, finalmente, ecco, confusa nel mucchio, qualche rara sferula dall'aspetto di una biglia metallica, con riflessi argentei e la superficie leggermente increspata, a buccia d'arancia. E' questa l'apparenza caratteristica delle sferule cosmiche a base di ferro e di altri metalli pesanti come il Nickel. E' necessario estrarle dal mucchio e metterle da parte al sicuro.

A questo scopo, con l'aiuto dell'ago magnetizzato, con l'occhio al microscopio e la mano ferma, attiriamo la particella dal fondo della vaschetta in cui si trova e riponiamola sull'adesivo magnetico. Così non potrà saltare via accidentalmente e sarà anche più facile osservarla isolatamente al microscopio e, eventualmente, fotografarla. Poiché ogni adesivo magnetico può contenere diversi campioni, conviene raccogliere insieme tutti quelli simili, numerare l'adesivo, registrando data e luogo di raccolta, e riporlo in un contenitore.

FRANCO FORESTA MARTIN