



Micrometeoriti

Statistica quantità di caduta delle micrometeoriti
(di Leonardo Malentacchi)

Indice

1. Le micrometeoriti	2
2. Calcolo della quantità di meteoriti	3
3. Ma dove si trovano ?	4
4. Bibliografia e info. documento	6

Indice Tabelle

Tabella 1 Grafico dei Corpi Sistema solare / Diametro	2
---	---

1. Le micrometeoriti

Lo spazio interplanetario è un crocevia di corpi celesti, ne possiamo trovare di svariate forme e dimensioni. Il loro numero dipende dalla grandezza: di quelli enormi ne troviamo pochissimi, vedi i pianeti, ma appena ne cerchiamo di più piccoli, come evidenziato dal grafico della tabella 1, possiamo constatare che il numero dei corpi del sistema solare aumenta enormemente al diminuire del diametro. Prendiamo ad esempio il numero stimato che non superano il Km, arriva ad essere di circa 100.000 oggetti. Proviamo adesso a prendere i corpi non superiori a 1 m di diametro, arrivano alla favolosa cifra stimata di 100 miliardi (10^{11}) di oggetti.

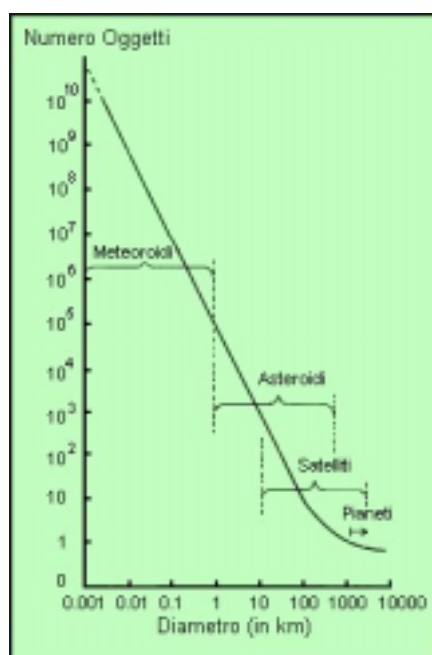


Tabella 1 Grafico dei Corpi Sistema solare / Diametro

Questi corpi girano attorno al Sole, ma a causa di una reciproca interazione gravitazionale, non tutti presentano un'orbita stabile. In particolar modo i corpi più piccoli, sotto l'influenza dei più grandi, derivano dal loro cammino a tal punto che possono incrociare il pianeta Terra. Ogni giorno sulla Terra si assisterebbe ad una pioggia di ogni sorta di dimensione, un arricchimento di materiale che perdura sin dalle sue origini. Quest'apporto si ritiene essere costante, ma in passato, quando il sistema solare era più giovane, era di notevoli dimensioni. Via a via che i planetoidi si sono accresciuti, formando i pianeti, il numero totale dei frammenti è progressivamente diminuito. Per nostra fortuna la probabilità di un incontro con questi corpi segue una legge di probabilità inversa alla dimensione. Ecco che oggetti celesti che hanno una dimensione (> 1 Km) tale da provocare una catastrofe globale, la probabilità che incrociano la terra è decisamente bassa, una media tra 0.5 e 5 eventi ogni milione di anni, ma purtroppo non zero. Ma considerando corpi sempre più piccoli, si arriva a definire un flusso giornaliero e costante di miliardi di piccole particelle. Tale flusso cresce rapidamente al diminuire della massa dei corpi. In particolare, da osservazioni sperimentali è risultato che il flusso presenta un picco massimo distribuito intorno a particelle di dimensione submillimetriche attorno ai 200 μm con masse di circa $1,5 \cdot 10^{-5}$ gr. Ed è per tale motivo che queste



meteoriti assumo la denominazione di micrometeoriti. Vi sono diverse valutazioni che portano a considerare che l'apporto giornaliero di tale materiale sia dell'ordine di grandezza di migliaia di tonnellate al giorno. Alcuni articoli parlano di circa 14.000 tonnellate solo per le terre emerse, altri per tutto il pianeta ed altri con tolleranza molto elevata ad indicare di quanto sia difficile questa misura: 40.000 ± 20.000 ton/anno. Benché sulla terra cadano giornalmente anche corpi di più grosse dimensioni, le micrometeoriti e la polvere cosmica costituiscono, in massa, l'assoluta maggioranza del materiale in ingresso nell'atmosfera del nostro pianeta, con una percentuale pari al 99,5%. La maggior parte del flusso è concentrato in particelle delle dimensioni comprese fra 100 e 300 μm . Quando un pezzettino di roccia della grandezza di un pisello o più piccolo si scontra con la parte superiore dell'atmosfera del nostro pianeta, a causa dell'attrito brucia regalandoci quello spettacolo molto apprezzato delle stelle cadenti. Naturalmente queste non sono stelle ma sono l'effetto di una brusca frenata. Questi corpi provengono dallo spazio a velocità di decine di migliaia di Km all'ora (decine di Km/Sec), e anche se l'aria ha elevate altezze da 80 a 100 Km è molto rarefatta, la sua presenza si fa decisamente sentire. Un frammento delle dimensioni di 1 centimetro che sopraggiunge a 10 Km/s (36.000 Km/h) sviluppa nell'impatto un'energia confrontabile con quella rilasciata dall'esplosione di una bomba a mano. L'attrito prodotto dallo strofinio con le particelle d'aria, provoca un'inevitabile surriscaldamento a tal punto da raggiungere temperature massime (a circa 85 Km di altitudine) dell'ordine di 3.000-4.000°C, da far vaporizzare le parti superficiali e provocare il breve lampo di luce. Questo rapido scintillio di incenerimento, che dura pochi secondi, è chiamato "meteora". Questi corpi possono consumarsi completamente nell'atmosfera, ma oggetti più grandi possono frammentarsi e via via frenando la loro corsa raggiungere la superficie della Terra, assumendo il nome di meteoriti. E sono proprio questi gli oggetti che diventano preda degli studiosi e di collezioni. Ma la maggior parte del materiale in ingresso nell'atmosfera terrestre raramente supera le dimensioni del millimetro. La micrometeorite quando entra nell'atmosfera terrestre, è una particella così piccola da dissipare la sua energia cinetica prima ancora di bruciare; in tal modo raggiunge la Terra come una pioggia di minute particelle di polvere. Generalmente queste polveri, dato il loro peso notevolmente piccolo, rimangono in sospensione a varie altezze nella nostra atmosfera e sono trasportate al suolo solo dopo diverso tempo grazie anche alla pioggia. L'apporto a tale pioggia viene anche dalla disgregazione dei corpi più grandi: nella collisione, l'energia si libera quasi istantaneamente per trasformarsi in calore o, in parte minore, in energia cinetica di frammenti secondari, immediatamente il metallo e la roccia evaporati si raffreddano e, in mentre sono in caduta libera, si condensano in microscopiche palline del diametro di circa un decimo di millimetro o meno.

2. Calcolo della quantità di meteoriti

Come definito nel paragrafo precedente, il flusso di micrometeoriti (MM) presenta un picco massimo distribuito intorno a particelle di dimensione submillimetriche attorno ai 200 μm con masse medie di circa $M_{\text{mMM}} = 1,5 \cdot 10^{-5}$ gr.

La loro densità, considerando che :

$$\begin{aligned} \text{Diametro} &= 200 \mu\text{m} \text{ da cui il raggio} \rightarrow 100 \mu\text{m} \rightarrow 0,1 \text{ mm} \\ \text{Volume MM} &= V_{\text{MM}} = \frac{4}{3} \pi (0,1)^3 \approx 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

è circa:

$$\begin{aligned} D_{\text{MM}} &= \text{Peso medio} / \text{Volume Medio} = M_{\text{mMM}} / V_{\text{MM}} = 1,5 \cdot 10^{-5} / 4,2 \cdot 10^{-3} \approx 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ gr} / \text{mm}^3 \\ &\rightarrow 3,6 \text{ gr} / \text{cm}^3 \rightarrow 3,6 \cdot 10^6 \text{ gr} / \text{m}^3 \end{aligned}$$



Considerando un raggio medio di 0,1 mm e un valore di pioggia annuale sulla terra pari a un flusso di $F_{MM} 40.000 \pm 20.000$ ton/anno $\rightarrow 4 \cdot 10^{10}$ gr/anno, abbiamo che sulla superficie della terra si depositano un numero di MM pari a :

$$N_{MM/Anno} = F_{MM} / M_{mMM} = 4 \cdot 10^{10} / 1,5 \cdot 10^{-5} \approx 2,7 \cdot 10^{15}$$

Un numero equivalente alla favolosa cifra di 2,7 Milioni di Miliardi di minuscole particelle.

Sapendo che la terra ha un raggio di ≈ 6378 Km, la sua superficie è dell'ordine di grandezza di

$$S_T = 4 \pi r^2 = 4 \pi (6,4 \cdot 10^6)^2 \approx 5 \cdot 10^{14} \text{ m}^2$$

Il numero di MM per ogni metro quadrato diventa:

$$N_{MM/m^2} \approx N_{MM/Anno} / S_T = 2,7 \cdot 10^{15} / 5 \cdot 10^{14} \approx 5 [N_{MM} / (\text{m}^2 \text{ Anno})]$$

Ovvero per ogni metro quadrato della terra, ogni anno si depositano circa 5 MM, e se ci fate caso qualche volta può capitare che si depositano anche sopra la vostra testa. Considerando che le MM non sono un fenomeno moderno dettate dalla moda, ma una realtà che caratterizza il sistema solare, queste stanno precipitando sulla superficie della terra praticamente sin dalla nascita del pianeta (≈ 5 Miliardi di anni fa). Questo significa che sin dalla notte dei tempi per ogni metro quadrato della terra, approssimando per difetto, supponendo un flusso continuo pari a quello odierno, è precipitato almeno un numero equivalente a:

$$N_{MMTot/m^2} \approx N_{MM/Anno} T_{Terra} = 5 \cdot 5 \cdot 10^9 \approx 2,5 \cdot 10^{10} [N_{MM} / \text{m}^2]$$

25 000 000 000 particelle

Pertanto sin dalle origini del pianeta sarebbero precipitati circa 25 Miliardi di minuscole particelle di MM per ogni metro quadrato della terra per un peso pari a:

$$P_{MMtot} \approx N_{MMTot/m^2} P_{SO_{MM}} \approx 2,5 \cdot 10^{10} 1,5 \cdot 10^{-5} \approx 4 \cdot 10^5 [\text{gr} / \text{m}^2] \rightarrow 400 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

Per calcolare tale valore ho utilizzato la stima più bassa del flusso delle micrometeoriti, ma se invece avessimo utilizzato le stime più alte avremo potuto raggiungere cifre come le 4 tonnellate.

Ma quanto volume possono occupare tali quantitativi di materiale ?

$$V_{MMtot} = P_{MMtot} / D_{MM} = 4 \cdot 10^5 / 3,6 \cdot 10^6 \approx 0,1 \text{ m}$$

Questo significa che dalla notte dei tempi, la terra si è accresciuta, compattando le micrometeoriti, di circa 10 cm. Ma considerando che la stima presa in esame è tra le più inferiori, si può raggiungere valori pari a circa 1 m, ma il valore potrebbe essere ben più impressionante, di decine di metri, se consideriamo che il flusso non è stato continuo ma decisamente più elevato in passato e in un fattore crescente in funzione logaritmica e non lineare. Dato che le micrometeoriti sono in prevalenza costituite da ferro abbiamo ricevuto dal cielo una bella scorta di quest'elemento, che dovremmo trovare in ogni angolo della terra in gran quantità. La maggior parte sarebbe poi sparita alla nostra vista a causa della vitalità della superficie del pianeta, dell'elevata attività geologica della crosta terrestre.

3. Ma dove si trovano ?

Dato che la stragrande superficie della terra è composta da acqua, i 4/5 delle meteoriti si depositano sui fondi degli oceanici, dei mari, dei laghi e dei fiumi. Si disperdono anche in altre zone dove difficilmente possono essere raccolte come sulle montagne, sui deserti, sulle foreste o in zone disabitate. Visto che si trovano in qualsiasi luogo, ed esistono vari metodi per il loro ritrovamento, la loro raccolta non è privilegio di ricercatori specializzati, ma chiunque può cimentarsi in tale attività e poter tenere in casa un cimelio di enorme valore culturale. La loro origine, con molta probabilità, è stellare e in particolar modo derivano da una Supernova esplosa nelle immediate vicinanze, avvenuta all'epoca della formazione del nostro sistema solare. Se riusciamo a



raccoglierne qualche campione, possiamo affermare di poter tener in mano una vera e propria polvere di stelle, e dato che sta vagando da circa 4,6 miliardi di anni indisturbato nello spazio, è praticamente un fossile spaziale. La raccolta dei fratelli maggiori delle meteoriti, è notevolmente difficile, sono preda di soli esperti che vi si dedicano per mestiere, e i risultati per un profano sono tali da scoraggiare presto chiunque, a meno che non ti precipiti in casa o nel proprio giardino. Invece se ci si accontenta di reperti molti piccoli come le micrometeoriti si possono ottenere alcune soddisfazioni. Come già evidenziato, le micrometeoriti sono molto piccole, si possono trovare di dimensioni comprese fra $\sim 50 \mu\text{m}$ e $\sim 1 \text{ mm}$ con masse fra $\sim 10^{-6}$ e $\sim 10^{-3}$ gr. Osservandole al microscopio, con almeno 20 ingrandimenti, si presentano come tanti piccoli frammenti di forma sferoidale lucide ed in prevalenza metalliche. Alcune presentano piccole depressioni sulla superficie, altre hanno forma di goccia, a causa di fenomeni di depressione aerodinamica subiti mentre il metallo si stava consolidando. Queste piccole particelle di polvere una volta surriscaldate si fondono e si condensano quasi immediatamente in sferule. Dato il loro piccolissimo peso, la dinamicità dell'atmosfera è in grado di tenerli in sospensione per molto tempo, e possono essere dispersi dal vento su enormi estensioni. Tendenzialmente questi granelli seguono un percorso in discesa precipitando dolcemente come se dovessero scendere le scale di un grattacielo, ma qualche volta prendono un ascensore che li aiuta a raggiungere la terra più velocemente: la pioggia. Dato che non vi è un luogo privilegiato di caduta, queste si depositano praticamente ovunque, nei prati, in strada, sugli edifici, sopra la nostra testa senza che ce ne possiamo accorgere o spazzarli via dalla nostra casa come polvere indesiderata. Una tale quantità dovrebbe rendere non raro il micrometeorite, ma in realtà ci scontriamo con la dinamicità della terra. La superficie essendo molto attiva, in diverse zone, eventuali particelle non si accumulano, ma vengono spostate mescolate o eliminate. La superficie della terra è dilavata continuamente dalle piogge, con il risultato che la stragrande maggioranza di loro giunge al mare. Da aggiungere il fattore uomo, dove in una città, le strade sono continuamente ripulite. Per potersi accumulare si devono individuare dei luoghi in cui le particelle vengono intrappolate, ad esempio la precipitazione delle micrometeorite su di una spiaggia subisce un minor effetto di dilavazione, su di essa si può accumulare senza essere dispersa. Una volta in mare, come per la superficie della terra, i fondali più bassi presentano un'elevata vitalità e il rimescolamento dovuto all'apporto di continuo materiale dai fiumi terrestri e spostamento dovuto alle correnti, comporta che si devono individuare zone più tranquille. Ad esempio i fondali dell'Adriatico, e soprattutto la laguna veneta, sono troppo alterati dal continuo sovrapporsi di materiali fluviali per fornire speranze di trovare meteoriti. Occorre raggiungere profondità maggiori dove l'apporto di altri materiali non è elevato, che fra l'altro costituisce il 70% della superficie terrestre. Per ovvi motivi legati alla capacità di raggiungere queste profondità, queste zone sono preda solo di specialisti. A semplificare la ricerca esistono dei luoghi dove si possono concentrare sulla superficie terrestre. In particolare, quelli ideali sono i pozzetti di scarico delle acque piovane e le grondaie, dove si depositano le parti più pesanti della polvere che cade sul tetto e dove non sono presenti molti altri tipi di particelle o detriti. Dato che tutta la superficie della terra è interessata al bombardamento micrometeoritico, maggiore è la zona tenuta sotto controllo e maggiori sono le probabilità di raccolta. La pioggia provoca un doppio effetto, oltre a far precipitare più velocemente la polvere, "lava" tutta l'area del tetto, con la conseguenza che tutto il materiale che si è depositato lentamente sulla sua superficie viene convogliato in un unico scarico. In un colpo solo è come se si fosse amplificato la superficie di raccolta e il tempo. Altro fattore principale che facilita la raccolta è che la maggior parte delle micrometeoriti è composta in grande percentuale da ferro e quindi un banale magnete diventa una valida e semplice attrezzatura di facile reperibilità. Non esistono comunque solo micrometeoriti ferrose, la parte rocciosa di un corpo extraterrestre,



subendo lo stesso processo di riscaldamento, raffreddandosi bruscamente si solidifica in un materiale vetroso molto simile a una particolare roccia vulcanica chiamata *ossidiana*. Le micrometeoriti vetrose sono molto difficili da essere individuate, sono troppo leggere per essere trovate nel fondo di una grondaia e non esiste un modo semplice per separare quelle rimaste per caso. Però, se fra il materiale raccolto vi è stato un inferiore accumulo di detriti terrestri, qualche volta è possibile vedere al microscopio, a circa 20 ingrandimenti, delle sferule di aspetto vetroso di colori vari, dal giallo trasparente, al verdastro, al nero. Anche osservando della semplice sabbia al microscopio è possibile ogni tanto vedere delle sferette di vetro davvero perfette.

4. Bibliografia e info. documento

Revisione documento:

Rev. 01 del 15/01/2006

Bibliografia:

- [1] <http://alphacygni.altervista.org/index.html>
- [2] <http://it.groups.yahoo.com/group/Meteore>
- [3] <http://www.pd.astro.it/meteoriti/cap8.htm>
- [4] <http://www.comune.pisa.it/apsn/Articoli/Micrometeoriti.htm>
- [5] <http://www.castfvg.it/index.html> "Micrometeoriti"
- [6] <http://www.castfvg.it/index.html> "**Scudi spaziali contro gli effetti nefasti della Polvere di Stelle**" di Mario Basile
- [7] Presentazione di Giacomo Briani 22 Febbraio 2005 "Le micrometeoriti dallo spazio interplanetario alla vita sulla Terra"

Autore articolo:

Leonardo Malentacchi

Revisore Scientifico:

Leonardo Malentacchi