

CONTENUTO DI URANIO E TORIO NELLE METEORITI

M. CURATOLO - D. PALUMBO - M. SANTANGELO

Molti ricercatori in questi ultimi anni si sono interessati al problema della composizione delle meteoriti; dai risultati sperimentali si è cercato trarre elementi circa la genesi di questi materiali, questione ancora aperta, ed avere informazioni sui processi chimici e termodinamici cui le meteoriti furono soggette prima della loro caduta sulla terra.

Uno degli aspetti del problema è quello dell'abbondanza percentuale degli elementi chimici e della loro composizione isotopica nella materia meteorica dei diversi tipi: ciò perché esso è connesso con quello più generale dell'origine e distribuzione degli elementi nel cosmo e nella terra, nonché con quello dell'età delle meteoriti (1).

In un recente lavoro Urey e collaboratori (2), esaminando un gran numero di analisi chimiche effettuate su questi materiali, sono pervenuti alla formulazione di alcuni criteri di classificazione in base alla percentuale dei componenti più abbondanti ed alla presenza o meno di disomogeneità strutturali nella massa fondamentale. Fra gli elementi meno abbondanti presentano particolare interesse quelli delle due famiglie radioattive naturali Torio e Uranio; le loro concentrazioni sono state determinate per alcune meteoriti siliciche (stony meteorites) e per qualcuna ferrica (iron meteorites) (3).

Purtroppo però i valori trovati, con metodi diversi, scartano tra loro, anche per lo stesso tipo di campione, comunque se pure è azzardato fare estrapolazioni e dedurre conclusioni da dati ancora così incerti, sono questi per il momento i pochi che si possono sfruttare per un tentativo di interpretare le possibili relazioni di costituzione e origine tra meteoriti e materiali terrestri.

I punti più delicati per la determinazione del contenuto di elementi radioattivi naturali nelle meteoriti, sono i seguenti:

- 1) basso contenuto di Uranio e Torio ($10^{-7} \div 10^{-9}$);
- 2) alta probabilità di contaminazione dei campioni;
- 3) inadeguatezza di alcuni metodi di misura.

Poiché nel nostro laboratorio, in questi ultimi tempi è stata im-

piegata la tecnica delle emulsioni nucleari per determinazioni di basse attività (⁴), abbiamo voluto eseguire con tale metodo, misure sulle meteoriti. Riferiamo qui di seguito sui risultati ottenuti.

* * *

La meteorite a nostra disposizione (*) era un frammento di condrite che va sotto il nome di « Château Renard » descritta da A. Du-



Fig. 1

freney (⁵), essa era in tutto simile per composizione chimica ed aspetto morfologico a quella investigata nel 1950 da Paneth e collaboratori (⁶), denominata: « The Beddgelert meteorite ». In fig. 1 è mostrata la superficie del campione con ingrandimento 3×; in essa sono visibili i « condri » caratteristici di questo tipo di meteorite. La densità è risultata 3,44 gr/cm³. Il metodo di misura impiegato, come è stato accennato sopra, consisteva nello esporre una superficie, piana e perfettamente pulita, della meteorite ad una emulsione Ilford C₂ 50 μ ed al successivo esame degli spettri delle alfa.

Particolare cura si è dovuta avere per evitare reazioni chimiche sull'emulsione, provocate dal contatto dei materiali metallici (ferro)

(*) Ringraziamo il Prof. A. Bellanca, Direttore dell'Istituto di Mineralogia di Palermo che gentilmente ci ha fornito il campione da noi studiato.

contenuti nel campione; nelle nostre esposizioni tra le due superficie si lasciava interposto uno strato di aria di spessore noto. E poiché l'attività da misurare era di valore molto basso (quasi al limite di sensibilità del metodo), sono state impiegate lastre freschissime e qualche volta sottoposte ad un processo chimico di sradicamento, in ogni caso per ogni esposizione veniva sempre determinato il fondo sia sulle lastre esposte al campione, sia su altre tenute insieme alle prime. Il tempo di esposizione è stato di circa 50 giorni. Nella tabella I, colonna 6, sono riportati i risultati sperimentali dello spettro delle proiezioni orizzontali delle α , i numeri delle diverse righe danno le tracce le cui proiezioni orizzontali sono $\geq r$ (misurato in μ). Poiché, come si è detto, nella esperienza si era lasciato uno strato d'aria tra superficie del campione ed emulsione, non è stato possibile applicare per l'interpretazione dello spettro sperimentale, le formule usuali, valevoli per il caso che emulsione e campione stiano perfettamente a contatto (⁷).

Riguardo allo strato d'aria si possono fare due ipotesi:

a) che lo strato non contenga nuclidi attivi, cioè che sia trascurabile la diffusione di radon e toron dal campione verso l'esterno;

b) che vi sia una diffusione apprezzabile.

Nell'ipotesi limite a il problema dell'interpretazione dello spettro non presenta che qualche difficoltà di calcolo. Come è stato già mostrato in un precedente lavoro di uno di noi (⁷), fatta l'ipotesi semplificatrice che i rapporti tra i percorsi nell'aria, nell'emulsione e nel campione di una particella α , siano indipendenti dall'energia, la distribuzione delle proiezioni orizzontali, per l'elemento i^{mo} della famiglia, è data dalla espressione:

$$\Phi_i(r) = \frac{\lambda_i^\alpha}{r} n_i \mu \left\{ \int_{v_1}^{v_2} \left(R_i - \frac{r}{\sqrt{1-v^2}} \right) v dv - (v_2 - v_1) d \right\} \quad (1)$$

dove $\Phi_i(r)$ è il numero di tracce prodotte per cm^2 e per sec. dai nuclidi attivi alfa, della specie i^{ma} , che hanno proiezioni orizzontali $\geq r$, λ_i^α la costante di disintegrazione α , n_i il numero dei nuclidi per unità di volume, μ (*) il rapporto (supposto costante) tra il percorso nell'emulsione e quello nella meteorite delle particelle α , R_i il percorso totale nell'emulsione delle alfa di energia E_i , d lo spessore

(*) Il calcolo di μ è stato effettuato prendendo come base la composizione media delle condriti.

d'aria in unità equivalenti di spessore di materiale, v_1 , e v_2 le radici comprese tra 0 e 1, della equazione:

$$\left[R_i - \frac{r}{\sqrt{1-v^2}} \right] v = d \quad [2]$$

Risolviendo la [2], e sostituendo nella [1] (la quadratura è immediata), facendo la $\Sigma \Phi_i(r)$ per tutti i nuclidi di ciascuna famiglia radioattiva, supposta in equilibrio, è stato calcolato lo spettro integrale delle proiezioni orizzontali delle tracce: nelle colonne 2 e 3 della tabella I figurano i numeri di tracce di proiezioni orizzontali $\geq r$ prodotte per cm^2 e per sec. misurati in unità convenzionali calcolabili in funzione di μ , rispettivamente delle famiglie dell'Uranio e Torio.

In questa ipotesi a lo spettro sperimentale dovrebbe potersi ottenere come combinazione lineare delle colonne 2 e 3 della tabella I, con coefficienti proporzionali alle concentrazioni di U e Th (si è trascurato il contributo della famiglia dello Attinio). L'impossibilità di ottenere un accordo, sia pure grossolano, tra i dati sperimentali e quelli calcolati, in particolare il numero relativamente alto delle tracce lunghe nella statistica sperimentale, mostra la inattendibilità dell'ipotesi.

Si è allora supposto (ipotesi b) che vi fosse una diffusione naturale di radon e toron, sicché le tracce osservate siano dovute in parte alle particelle alfa emesse dai nuclidi attivi contenuti nel materiale ed in parte a quelle emesse dalle emanazioni diffuse nello strato d'aria, nonché dai depositi attivi, che si sono supposti uniformemente distribuiti sulla superficie dell'emulsione e su quella della meteorite (praticamente, dato il piccolo valore di d , qualsiasi altra ipotesi porterebbe all'identico risultato).

È attualmente impossibile calcolare il rapporto σ tra le concentrazioni di emanazioni nella meteorite e nello strato di aria, poiché questo rapporto dipende dal coefficiente di diffusione che è incognito, e dalla forma geometrica, non certamente semplice, del volume di aria in cui avviene detta diffusione.

Comunque se si assume per σ uno stesso valore per le due emanazioni, si può calcolare applicando la formula (7):

$$\Phi_i(r) \simeq \varphi_i(r) - \frac{\lambda_i^\alpha n_i}{r} \sqrt{1 - \left(\frac{r}{R_i}\right)^2} d \quad [3]$$

la distribuzione delle proiezioni orizzontali di tracce dovute ad α emesse dal Radon e Toron diffusi e dai loro depositi attivi. I risultati

numerici sono riportati in tabella I, colonne 4 e 5. Per comodità di calcolo detti valori sono stati calcolati assumendo per le emanazioni diffuse nello strato unità convenzionali 10 volte più piccole di quelle assunte per le concentrazioni analoghe nella meteorite.

Indicando allora con C_U e C_{Th} le concentrazioni (in unità convenzionali) di U e Th nella meteorite, con $\Phi_u(r)$, $\Phi'_u(r)$, $\Phi_{Th}(r)$, $\Phi'_{Th}(r)$ rispettivamente i dati delle colonne 2-5, lo spettro sperimentale $\Phi(r)$ dovrebbe essere rappresentato dalla equazione:

$$\Phi(r) = C_u [\Phi_u(r) + \rho \Phi'_u(r)] + C_{Th} [\Phi_{Th}(r) + \rho \Phi'_{Th}(r)] \quad [4]$$

in cui ρ è proporzionale a σ .

Dalle [4] si dovrebbero poter ricavare C_u , C_{Th} e ρ . È stato visto che la migliore approssimazione si ottiene supponendo ρ molto grande, cioè, praticamente trascurabile rispetto al contributo dei prodotti della diffusione, il contributo delle α emesse dei nuclidi attivi della meteorite. Data però l'accennata difficoltà di calcolare ρ , per mezzo delle [4] è stato possibile calcolare solo il rapporto C_{Th}/C_u , e non separatamente le due concentrazioni.

Detto rapporto risulta dai nostri dati sperimentali, calcolato dalle [3]:

$$C_{Th} / C_u = \gamma = 2,66$$

È impossibile valutare lo scarto relativo a tale valore.

TABELLA I

r in μ	U	Th	Rn	Tn	Valori sperim.
5	1000	1000	631	494	2082
10	502	641	482	402	816
15	202	318	331	310	516
20	82	144	167	202	291
25	35	65	73	99	163
30	10	32	40	52	72
35	—	13	9	33	24
40	—	2	—	17	7

* * *

Il valore di γ , da noi determinato per il campione di condrite, si accorda abbastanza bene con quelli misurati da altri ricercatori su meteoriti dello stesso tipo (vedi tab. II). C'è da notare però che i

TABELLA II

Campioni	Contenuto di $Th \times 10^{-6}$	Contenuto di $U \times 10^{-6}$	Rapporto Th/U	Autore	Reference
<i>Materiali terrestri:</i>					
Graniti	13,45	3,96	3,39	Senftle F. E. and Keevil N. B.	Trans. Am. Geophys. Union 28 pag. 732 (1947)
Rocce intermedie	9,97	2,61	3,81		
Rocce ignee acide	13,00	4,0	3,2	Evans R. D. and Goodman C.	Bull. Geol. Soc. Am. 52 pag. 459 (1941)
Rocce ignee basiche	3,9	0,96	4,06	Evans R. D. and Goodman C.	Bull. Geol. Soc. Am. 52 pag. 459 (1941)
Basalti	5	0,83	6,02		
<i>Meteoriti:</i>					
Beddgelert Meteorite (stony)	0,39	0,11	3,5	K. F. Chackett, J. Golden, ecc.	Geoch. Cosm. Acta 1950 Vol. 1
Fase silicea	1,0	0,35	2,85	F. A. Paneth	Geoch. Cosm. Acta 1953 Vol. 3
Condriti (Valori medi)	0,012	0,006	2,0	J. C. Dalton and Y. Thomson	Geoch. Cosm. Acta 1954 Vol. 4
Condriti	—	—	2,6	Curatolo, ecc.	Presente lavoro
Fase metallica	0,04	0,007	5,6	Paneth F. A.	Geoch. Cosm. Acta 1953 Vol. 3

valori assoluti del contenuto di U e Th scartano di molto a seconda delle diverse tecniche impiegate (⁸), solo il rapporto C_{Th}/C_u si conserva entro limiti piuttosto ristretti, esso si approssima al valore trovato per le rocce ignee acide della crosta terrestre (graniti, rocce intermedie).

Per la fase metallica delle meteoriti si hanno pochi dati e quindi non ha molto senso stabilire raffronti; si può solamente dire che oltre al fatto, già diverse altre volte riscontrato, del loro più basso contenuto di U e Th , il rapporto γ per questi materiali cresce, così come si osserva per le rocce basaltiche. Tutto questo potrebbe forse avere qualche attinenza con le ipotesi che si fanno sull'origine delle meteoriti: H. Brown e Cl. Patterson, seguendo altra via, da un raffronto quantitativo per alcuni elementi contenuti nei materiali terrestri e nelle meteoriti, arrivano ad affermare che queste ultime provengono da qualche pianeta con caratteristiche fisiche e chimiche simili a quelle della terra. Il nostro risultato non è in contrasto con questa ipotesi.

Palermo — Istituto di Fisica dell'Università — Maggio 1954.

RIASSUNTO

Si riferisce su una misura del rapporto tra le concentrazioni di Th e U, C_{Th}/C_u , in una meteorite silicica (condrite) eseguita con il metodo delle emulsioni nucleari. Mettendo a raffronto il risultato con i valori trovati da altri ricercatori, impiegando tecniche diverse, si ha un discreto accordo. Si fa notare come il valore C_{Th}/C_u delle meteoriti siliciche (stony meteorites) si approssima a quello dei materiali della crosta terrestre.

SUMMARY

The C_{Th}/C_u ratio between the Th- and U- concentration of a stony-meteorite has been measured with the nuclear-emulsion method. There is not detectable discrepancy between this value and the others obtained with different techniques. It is emphasized that the C_{Th}/C_u ratio in the meteorites approximates the same ratio in the materials of the crust.

BIBLIOGRAFIA

- (1) BROWN H. and PATTERSON C., *Journal Geology*, Vol. 55, pag. 405 e pag. 506 (1947). *Journal Geology*, vol. 56, pag. 85 (1948).
- BOATO G., *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 6, n. 5-6, pag. 209 (1954).
- THOMSON S. J., MAYNE K. I., *Geoch. Cosm. Acta*, Vol. 7, pag. 169 (1955).
- ARROL W. J., JACOBI R. B. and PANETH F. A., *Nature*, 149, 235 (1942).
- PATTERSON C., *Geoch. Cosm. Acta*, vol. 7, pag. 151 (1955).
- (2) UREY C. H. and CRAIG H., *Geochimica Cosm. Acta*, vol. 4, pag. 36 (1953).
- (3) QUIRKE T. T. and FINKESTEIN L., *Am. Journ. Sci.*, Vol. 44, pag. 237 (1917).
- DAVIS G. L., *Am. Journ. Sci.*, Vol. 245, pag. 677 (1947); *Am. Journ. Sci.*, Vol. 248, pag. 107 (1950).
- DALTON J. C., GOLDEN J., MARTIN G. R., MERCER E. R. and THOMSON S. J., *Geochimica Cosm. Acta*, Vol. 3, pag. 272 (1953).
- DALTON J. C. and THOMSON S. J., *Geochim. Cosm. Acta*, Vol. 5, pag. 74 (1954).
- PANETH F. A., *Geoch. Cosm. Acta*, Vol. 3, 257 (1953).
- (4) BARBERA L., CURATOLO M., INDOVINA M. M., SANTANGELO M., *Ann. Geof.*, Vol. V, pag. 603 (1952) e Vol. VI, pag. 161 (1953).
- (5) DUFRENEY A., *Comptes Rendus* 13, 47 (1941).
- (6) CHACKETT K. F., GOLDEN J., MERCER E. R., PANETH F. A. and REASBECK P., *Geoch. Cosm. Acta* 1, 3 (1950).
- (7) PALUMBO D., *Ann. Geof.*, Vol. VI, n. 2, pag. 229 (1953).
- (8) PATTERSON C., BROWN H., TILTON G., INGRAM M., *Phys. Rev.*, 92, 5 (1953).