

Impatto SL-9/Giove: ipotesi sull'origine del CO

Roberto Crippa, Cesare Guaita, Gruppo Astrofili Tradatese - Merate

Federico Manzini, Stazione Astronomica Sozzago - Merate

Abstract. A large amount of CO has been detected over many SL-9/Jupiter impacts. This gas was never detected before the collision, so here we present a chemical mechanism about the formation of CO from a parent compound; we identify it in POM (polyoxymethylene), a well known HCHO polymer discovered in Halley nucleus. At a temperature of some thousands °C (a value that any comet experienced before) evaluated at the major impact points, POM decomposes almost instantaneously in HCHO (formaldehyde). But at the same temperature, also HCHO can't exist in molecular form: the most probable result of its decomposition is the formation of CO.

Tra le varie decine di molecole rivelate in corrispondenza dei punti d'impatto della Shoemaker-Levy con Giove, molto interessante risulta la presenza di ossido di carbonio (CO), una molecola di sicura provenienza cometaria in quanto instabile in un'atmosfera riducente come quella di Giove.

Il CO è stato rivelato sia nel radio che in infrarosso in corrispondenza della caduta di frammenti di grosse e piccole dimensioni. In particolare il gruppo di E. Lellouch ha lavorato nel radio a 230 Ghz con il radiotelescopio IRAM da 30 m di Granada rivelando ampie quantità di CO sugli impatti maggiori (G ed H) e quantità minori su impatti come C ed E [1]. Il gruppo di R. Knacke ha invece lavorato al telescopio UKIRT delle Hawaii rilevando l'emissione a 234 nm del CO altamente eccitato termicamente in corrispondenza dell'impatto R. Misure analoghe sono state ottenute da G. Rieke presso lo Steward Observatory. Altri riscontri riguardano il frammento D studiato spettroscopicamente al riflettore CTIO da 1.5 m dell'ESO nella zona infrarossa a cavallo dei 500 nm [2].

Il CO è anche l'unica molecola che, in una cometa, può essere presente in forma gassosa a distanze dal Sole anche di oltre 5,5 U.A., tipiche della SL-9: il CO rimane infatti gassoso fino a -190 °C, una temperatura che un nucleo cometario normale (albedo attorno a 0,04) raggiunge solo attorno alle 10 U.A. dal Sole. Quando la SL-9 si è frantumata, il CO era quindi anche l'unica molecola che poteva e doveva essere rivelabile spettroscopicamente.

In realtà, prima che la SL-9 cadesse su Giove, nessun tipo di emissione gassosa è stata rilevata. Nel giugno 1994 T. Encrenaz all'ESO non ha trovato traccia di CN [3], una molecola considerata talmente tipica da costituire quasi l'impronta digitale dell'ini-

zio di qualunque attività cometaria [4]. Soprattutto la SL-9 non ha mai mostrato traccia, prima dell'impatto, dell'emissione più tipica di una cometa, vale a dire quella del radicale OH dovuto alla dissociazione dell'H₂O. Eppure questa ricerca è stata condotta in maniera intensiva dallo Space Telescope nell'UV a 309 nm [5] sia prima che dopo la riparazione in orbita. In particolare lo strumento FOS è stato puntato sul nucleo principale Q1/Q2 prima per 16', il 1 luglio 1993, e poi per 28', il 30 marzo 1994; addirittura, quando divenne chiaro che era G il frammento più massiccio, il 14 luglio 1994 venne tentata, senza successo, una posa su G di ben 60'.

Ma se la mancata rivelazione di CN ed H₂O può giustificarsi con la bassa temperatura dei frammenti dovuta all'estrema lontananza della cometa dal Sole, questa spiegazione, come si accennava poco fa, non regge per il CO e rende molto sospetto il fatto che il CO fosse presente come tale in forma gassosa prima dell'impatto. Un sospetto accentuato dal fatto che, recentemente (ott.-nov. 1993), il gruppo di D. Jewitt al radiotelescopio J.M.T. da 15 m delle Hawaii, lavorando a 230 MHz ha osservato abbondante produzione di CO (2 ton/sec) sulla cometa P/Schwassmann-Wachmann 1 che allora si trovava oltre le 6 U.A. dal Sole.

A questo punto, una possibile spiegazione della rilevazione di CO solo durante gli impatti si deve rifare alla presenza, nella SL-9, di qualche molecola capace di decomporsi liberando questo gas in conseguenza del riscaldamento per attrito durante la fase di penetrazione nell'atmosfera di Giove. Una molecola che sembra ideale per produrre questo effetto è il polioossimetilene (POM) un polimero della formaldeide (HCHO) tipico di un normale nucleo cometa-

P.O.M.: POLI-FORMALDEIDE

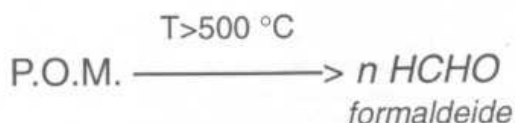
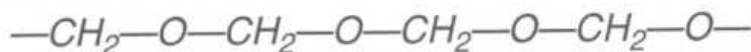


Fig. 1

P.O.M.: CINETICA DEGRADAZIONE TERMICA

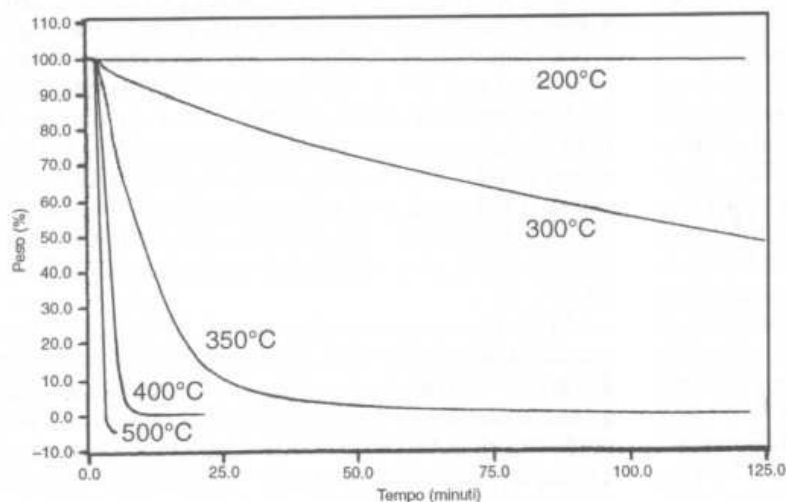


Fig. 2

rio, scoperto direttamente nel nucleo della Halley dallo strumento PICCA, a bordo di Giotto, nel 1986 [7].

Se si fa la ragionevole ipotesi che la SL-9 sia, nonostante tutto, una cometa, è giocoforza ammettere che anche nel suo nucleo doveva essere presente una piccola percentuale di POM (diciamo, sul modello della Halley, 1-2%). Ma il POM è poco stabile alla

temperatura e, sotto riscaldamento, si decompone completamente liberando HCHO (fig. 1). La velocità di decomposizione aumenta con l'aumentare della temperatura e abbiamo potuto dimostrare sperimentalmente (fig. 2) che al di sopra dei 500 °C la decomposizione è quasi istantanea. È ben noto che questa temperatura non solo si è raggiunta, ma si è abbondantemente supera-

ta su quasi tutti i punti dell'impatto [7]. Questo è stato certamente un fatto straordinario perché mai, in precedenza, si era potuto osservare una cometa mentre sperimentava questo *choc* termico (la temperatura misurata nell'infrarosso da VEGA 1 sul nucleo della Halley al perielio, per esempio, non superava i 100 °C).

Questi elementi ci spinsero a fare, nel novembre 1993 [9], una prima previsione: quella secondo la quale gli impatti maggiori dovevano essere accompagnati da un autentico flash dell'HCHO, rivelabile spettroscopicamente anche da Terra, sia nel visibile che nel radio [10].

In effetti, sembra che la HCHO sia stata effettivamente rivelata sia in infrarosso che nel radio (a Medicina si è lavorato a 6,21 cm). Di per se stessa questa rilevazione sarebbe già un grande risultato ma rimane il fatto che la quantità percepibile in assoluto è risultata estremamente piccola, incompatibile con un flash vero e proprio, o, meglio, incompatibile con un flash di lunga durata. Per meglio comprendere riesaminiamo le nostre previsioni. Era previsto che la durata del possibile flash di HCHO andasse da pochi minuti a poche ore in conseguenza delle temperature che si sarebbero sviluppate sui punti d'impatto. Di fatto, gli spettri infrarossi ottenuti sulle "cicatrici" delle varie zone d'impatto per metano, ammoniaca e vari idrocarburi hanno rivelato per questi gas un tale stato di eccitazione da far sopporre temperature in gioco non di qualche centinaio, ma di qualche migliaio di °C. Ciò, unito alla rivelazione di CO solo dopo gli impatti, ha fatto sì che la nostra ipotesi originale subisse una naturale e più completa evoluzione.

Innanzitutto è noto che la stessa HCHO si decompone velocemente a temperatura superiore a 1000 °C in CO ed H₂ (fig. 3). È dunque

sensato pensare che proprio la HCHO, a sua volta derivante dalla decomposizione del POM, sia la fonte primaria del CO rivelato sui punti d'impatto. In questo modo, contemporaneamente, sarebbe spiegata anche la scarsissima quantità di HCHO come tale.

L'obiezione secondo la quale il CO potrebbe derivare dalla CO₂ – un'altra delle molecole tipiche di una cometa – non si può escludere in assoluto ma è, a sua volta, contestabile per vari motivi. È ben noto che, mediamente, in una cometa la quantità di CO₂ è circa l'1% rispetto all'acqua, e circa il 10% rispetto al CO [11]; ma nella SL-9 di acqua non se ne è trovata traccia prima degli impatti e se ne è trovata pochissima, e solo su un numero limitato di frammenti, dopo gli impatti. Il caso più convincente riguarda le misure effettuate nell'infrarosso medio (attorno a 770 nm) da Bjoraken a bordo del K.A.O. (l'Osservatorio Volante Kuiper) [8], ma anche qui una stima precisa della quantità massima di H₂O rimane molto incerta (un nostro conto su dati preliminari indicherebbe un valore di H₂O non lontano dall'1% rispetto alla massa totale). Addirittura non si è neanche certi se la fonte di quest'acqua fosse effettivamente la SL-9 o, piuttosto, l'atmosfera profonda di Giove.

Tutto lascia quindi supporre che la SL-9 fosse una cometa "asciutta" e priva di materiali gassosi: non c'è alcuna ragione, a questo punto, per ammettere che la CO₂ fosse presente in quantità tale da giustificare la riscontrata quantità di CO. A questo vanno aggiunti altri due fatti di importanza decisamente non trascurabile. Il primo è che non si hanno assolutamente riscontri spettroscopici di una anche pur minima esistenza di CO₂ tra i gas prodotti negli impatti. Il secondo è che, in generale, nelle comete la quantità di CO è di circa un ordine di grandezza superiore a quella di CO₂ (10% rispetto all'acqua contro 1-2% del CO₂) [11]. Questo fa sì che la stessa CO₂ non venga normalmente coinvolta nelle teorie di formazione del CO: una metà del CO si ritiene infatti presente originariamente in forma gassosa, l'altra metà sembra derivare dalla decomposizione di materiale organico cometario.

Come riportato in precedenza, la effettiva scoperta di HCHO su qualcuno dei punti d'impatto sarebbe una grossa prova a favore della nostra ipotesi. Un altro punto basilare (su cui stiamo lavorando) è la quantità assoluta di CO misurata (e quindi la sua

IMPATTO SL-9/GIOVE

IPTESI ORIGINE DEL CO (OSSIDO DI CARBONIO)

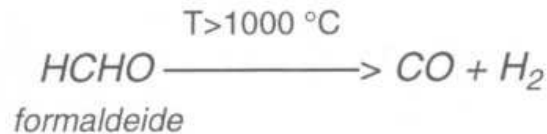


Fig. 3

percentuale rispetto alla massa del frammento impattante): la quantità massima di POM non può superare, secondo quanto insegnatoci dalla Halley, l'1-2% della massa totale; quindi, fatti i dovuti conti stechiometrici, questo deve essere anche l'ammontare limite del CO misurato. In effetti, ed in via del tutto preliminare, la quantità di CO misurata da E. Lellouch [1] sui gas degli impatti maggiori non dovrebbe superare qualche tonnellata e questo, se confermato, è perfettamente in linea con la nostra ipotesi.

- [1] Comunicazione privata.
- [2] Circolari I.A.U. n° 6028 e 6030.
- [3] Comunicazione privata.
- [4] S. Wykoff, Nature, 316, 241 (1985).
- [5] A. Weaver, Science, 263, 787 (1994).
- [6] M. Senay e D. Jewitt, Nature, 371, 229 (1994).
- [7] W. Huebner, Science, 237, 628 (1987).
- [8] P. Weissmann, Nature, 372, 407 (1994).
- [9] Search for HCHO burst during SL-9/Jupiter collision (HST comet impact campaign proposal - nov. 1993).
- [10] C. Cosmovici, S. Ortolani, Nature, 310, 122 (1984).
- [11] F. Whipple, Astron. Astrophys. 187, 852 (1987).