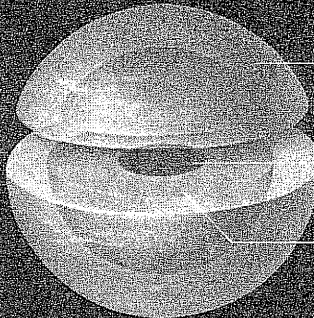


Sotto: la carta d'identità di Urano.

A destra: due immagini inviate nel 1986 dalla sonda «Voyager 2».

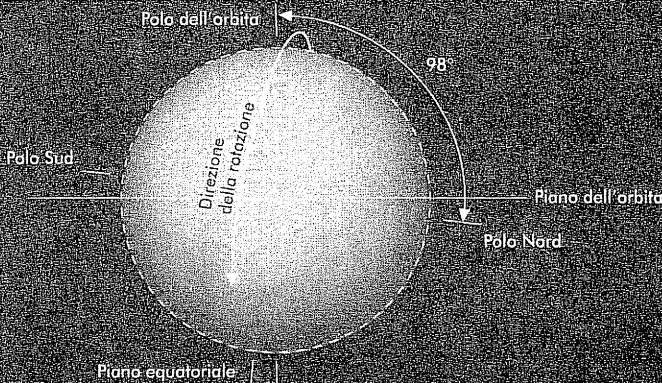
- Periodo di rivoluzione: 84 anni
- Temperatura alla sommità delle nubi: -210 °C
- Periodo di rotazione: 17 ore e 14 minuti
- Distanza media dal Sole: 2870 milioni di chilometri
- Volume: (Terra=1) 67
- Massa: (Terra=1) 14,5
- Densità: (acqua=1) 1,29
- Diametro equatoriale: 51.120 chilometri
- Numero di satelliti: 15



Atmosfera ricca di idrogeno

Nucleo di roccia

Acqua ammoniacale e metano



Polo dell'orbita

98°

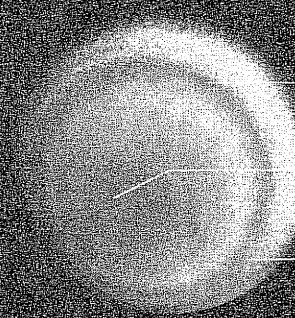
Polo Sud

Piano dell'orbita

Polo Nord

Direzione della rotazione

Piano equatoriale



Le sfumature del grigio mostrano un'atmosfera nebbiosa

Regione polare

Macchie in formazione

TRA INFORMATICA E ASTRONOMIA

Viaggi virtuali dentro Urano

Il computer oggi permette di simulare i mondi alieni

Il computer come l'oblò di un'astronave. Sullo schermo fluorescente: si rincorrono scenari extraterrestri sotto le forme asettiche dei diagrammi di fase, rivelando il comportamento di atomi e molecole sui pianeti gassosi esterni del sistema solare, inaccessibili all'indagine diretta dell'osservatore. Si studia così il comportamento di molecole che vengono a trovarsi in condizioni di temperatura e di pressione che sarebbe impossibile - e comunque estremamente costoso - riprodurre in laboratorio. Così la simulazione ricostruisce la struttura di mondi alieni, orientando i planetologi nelle loro ricerche e anticipando magari le scoperte che attendono gli esploratori di domani.

E' la strada su cui si è inserito da alcuni anni un gruppo di specialisti di fisica della materia che lavorano a Trieste e che fanno capo alla Sissa (Scuola internazionale superiore di studi avanzati) e al Centro internazionale di fisica teorica «Abdus Salam», che ha la sua sede a Miramare, nei dintorni di Trieste. Una esplorazione virtuale capace di mettere i ricercatori di fronte a grandi sorprese e di proporre nuove soluzioni. Spiegano Guido Chiarotti, Sandro Scandolo e Erio Tosatti: «Con il computer siamo in grado di simulare il comportamento delle sostanze chimiche in gioco, modificando a volontà i due parametri-chiave: la temperatura e la pressione. Il punto di partenza è l'equazione di Schrodinger che descrive le interazioni quantistiche fra elettroni, atomi e molecole. Poi riproduciamo virtualmente su un calcolatore ciò che accade alla materia a causa di queste interazioni, servendoci, con le opportune modifiche, di un metodo di simulazione messo a punto qui a Trieste da Car e Parrinello negli Anni 80. Un metodo oggi largamente impiegato in chimica, in fisica e ora anche in biochimica. Il software viene quindi fatto girare su un supercomputer parallelo del Cineca di Bologna».

I primi obiettivi di queste indagini sono stati Urano e Nettuno, i due grandi pianeti gassosi posti ai confini del sistema solare, appena prima del piccolo Plutone. Quasi tutto ciò che sappiamo di quei pianeti lo dobbiamo agli strumenti del «Voyager 2», la sonda della Nasa che li avvicinò durante la sua fantastica

Un software molto raffinato messo a punto al Centro di fisica teorica e alla Sissa di Trieste ci fa conoscere il comportamento delle molecole in condizioni extraterrestri

crociera nel sistema solare, durante la quale visitò anche gli altri due pianeti giganti, Giove e Saturno. Nel 1986 avvenne l'incontro con Urano (scoperto nel 1781 da William Herschel), una sfera verde-blu su cui non è stato possibile distinguere alcun dettaglio; nel 1989 quello con Nettuno, che si rivelò un bellissimo e lucente globo azzurro, solcato da tenui nubi bianche trascinate da violentissime tempeste e segnato da una grande macchia scura, un vortice di gas simile all'«occhio» rossastro che caratterizza Giove.

Grazie al «Voyager» oggi disponiamo di molte informazioni sulla composizione chimica di Urano e di Nettuno, entrambi avvolti da una compatta atmosfera ricca di idrogeno, elio e metano. Ma resta tuttora enigmatica la struttura interna di questi pianeti. Quali bizzarri aspetti assume la materia quando viene sottoposta a condizioni di temperatura e pressione per noi inimmaginabili? E qual è l'origine dell'intenso campo magnetico registrato dal veicolo interplanetario americano, la cui scoperta fu un'autentica sorpresa per gli scienziati?

I ricercatori triestini si sono concentrati dapprima sul comportamento del metano, simulandone il comportamento su Urano e Nettuno e pubblicando le loro conclusioni in un articolo apparso nel marzo di due anni fa su «Science». In sostanza, mentre negli strati superficiali dei due pianeti il metano forma idrocarburi, a grande profondità, con una pressione di 3 milioni di atmosfere e una temperatura di 5000 gradi, il metano cristallizza in forme analoghe al diamante.

Come dire che nelle viscere di Urano e di Nettuno potrebbe celarsi un autentico «tesoro spaziale», peraltro fuori dalla portata dell'uomo. Un risultato che ha avuto una certa



William Herschel

risonanza anche al di fuori della cerchia degli specialisti. Poi Chiarotti, Scandolo e Tosatti hanno rivolto la loro attenzione all'acqua e all'ammoniac presenti sui due pianeti. E pure qui non sono mancate le sorprese, raccolte in un secondo lavoro apparso su «Science» e firmato anche da Carlo Cavazzoni della Sissa, da Marco Bernasconi dell'Università di Milano e da Michele Parrinello del Max-Planck-Institut di Stoccarda. Secondo i planetologi, la coltre atmosferica di Urano e Nettuno nasconde un vasto oceano di «ghiacci caldi» (*hot ices*) formati da metano, acqua e ammoniac in proporzioni solari.

Vale a dire nella medesima percentuale che avevano nella nebulosa protoplanetaria da cui ebbe origine il sistema solare. Lo strato di ghiacci caldi - sottoposto a enormi pressioni e con temperature dai 2000 gradi in su - si estende per decine di migliaia di chilometri all'interno dei due pianeti. Ma non siamo ancora in grado di dire se al centro di Urano e Nettuno vi sia o no un piccolo nucleo (*core*) di metalli pesanti e silicati. Questi ghiacci caldi si trovano in una condizione assolutamente straordinaria per gli standard terrestri e - secondo le simulazioni al computer - possono presentarsi in due stati. O come liquidi metallici densissimi e totalmente ionizzati a pressioni di almeno 3 milioni di atmosfere e a tempe-

rature dell'ordine dei 7000 gradi. Oppure - a temperature leggermente inferiori - sotto forma di solidi super-ionici in cui i protoni (atomi di idrogeno ionizzati) diffondono liberamente all'interno d'una «gabbia» di ioni ossigeno e ioni azoto.

Dicono gli studiosi della Scuola Internazionale superiore di Studi avanzati e del Centro di fisica teorica: «E' un po' come se l'acqua in queste condizioni estreme non fosse né liquida né solida, ma assunse invece contemporaneamente le caratteristiche di entrambe le fasi, dando luogo a un nuovo sorprendente stato della materia».

E il mistero del campo magnetico? Questo è forse il risultato più interessante offerto dalle simulazioni. Perché i protoni, all'interno dei ghiacci caldi, creano una corrente che corrisponderebbe proprio a quella richiesta dai modelli planetari per generare il campo magnetico registrato dal «Voyager». Una vera e propria corrente di protoni, radicalmente diversa dalle correnti di elettroni che circolano all'interno del nucleo di ferro-nichel della Terra e che - secondo la teoria oggi più accreditata - sarebbero responsabili dell'effetto dinamico all'origine del campo magnetico del nostro pianeta. Le simulazioni, dunque, appaiono molto convincenti dal punto di vista della fisica della materia. Ora la palla passa ai planetologi. Ma i ricercatori triestini nutrono grande fiducia nei loro risultati. «A questi livelli di sofisticazione - affermano - la simulazione può raggiungere praticamente la stessa validità dell'esperienza reale fatto in laboratorio. Tant'è vero che le nostre predizioni di due anni fa sulla decomposizione del metano in idrocarburi sono state ora confermate da un gruppo sperimentale di Berkeley». Chiarotti si spinge anche più in là: «Secondo alcuni biologi, pressioni di alcune migliaia di atmosfere potrebbero aver innescato sulla Terra, quattro miliardi di anni fa, la formazione di molecole prebiotiche nella crosta superficiale sottostante gli oceani. Le forti pressioni, insomma, avrebbero contribuito in maniera decisiva all'origine della vita sul nostro pianeta. E' un'ipotesi che vale la pena analizzare anche con le nostre simulazioni al computer».

Fabio Pagan