

## Il dibattito delle idee

Spazio

È in viaggio da 35 anni  
Punta la stella AC+793888

# «Confine raggiunto» E Voyager oltrepassa il sistema solare

di STEFANO GATTEI

«Potrebbe accadere da un momento all'altro, ma potrebbero volerci ancora molti anni»: così Edward C. Stone, professore di Fisica al California Institute of Technology di Pasadena e direttore per un decennio (1991-2001) del Jet Propulsion Laboratory della Nasa. Sotto la sua guida, l'ente spaziale americano ha programmato e lanciato alcune delle sue missioni di maggiore successo, dal Mars Pathfinder (1997) a Deep Space 1 e 2 (1998 e 1999).

Stone si riferisce a un evento che non è esagerato definire storico: la sonda spaziale Voyager 1 sta infatti per attraversare i confini del sistema solare, diretta verso lo spazio più profondo (e sconosciuto) — «là dove nessun uomo è mai giunto prima», come recitava la sigla della celebre serie televisiva *Star Trek*. E non è certo un caso che il primo film ispirato alle avventure dell'equipaggio dell'*Enterprise* (1979) immaginasse che nel XXI secolo una misteriosa nube aliena, dal nome V'Ger, si avvicinasse minacciosamente alla Terra. Il capitano James Kirk e i suoi compagni avrebbero presto scoperto che V'Ger non era altro che la sonda Voyager, perduta molti anni prima e intercettata da una razza aliena di macchine viventi.

Nel 1964 la Nasa propose il «Grand Tour dei pianeti», un ambizioso progetto per inviare alcune sonde nelle

sulla spiaggia ad alcune composizioni di Mozart (oltre a *Johnny B. Goode* di Chuck Berry). Voyager 2 segue però una traiettoria più lenta ed è rimasta indietro rispetto all'altra sonda.

In 35 anni di attività Voyager 1 ha coperto una distanza di oltre 18 miliardi di chilometri (pari a circa 125 volte la distanza media Terra-Sole). I dati che invia impiegano ormai 17 ore per raggiungere i centri di elaborazione dell'agenzia spaziale americana, ma ogni piccolo bit di informazione è atteso con impazienza e curiosità: mai un oggetto costruito dall'uomo, infatti, è giunto così lontano, fornendo immagini e descrizioni dettagliate dell'eliosfera, l'enorme «bolla» di particelle cariche emesse dal Sole.

Nel 2004 la sonda raggiunse l'*eliopause* (o «elioguaina»), una regione in cui il vento solare è particolarmente intenso, compresso e turbolento, a causa della sua interazione con lo spazio interstellare. Si pensava fosse questo il confine estremo del sistema solare; ma non è così. Lo scorso anno Voyager 1 rilevò quello che è apparso essere un confine discreto, che Stone chiama «regione di esaurimento»: una sorta di strato magnetico attraversato da particelle energetiche in viaggio verso lo spazio esterno o da raggi cosmici in arrivo nel nostro sistema solare. Ma neppure questo era il «confine».

La quantità di raggi cosmici evidenziati dai due telescopi ad alta energia della sonda è andata progressivamente diminuendo con gli anni, ma negli ultimi mesi la riduzione è stata particolarmente significativa, e questo è considerato dagli scienziati un primo importante indicatore del fatto che la sonda abbia ormai varcato il confine dello spazio interstellare. Un secondo indicatore è dato poi dalla variazione di intensità delle particelle energetiche incontrate: anche in questo caso, il numero delle rilevazioni è in continua diminuzione, ma non si è avuto un salto netto nei valori, come avverrebbe se Voyager 1 avesse definitivamente abbandonato l'«area di influenza» della nostra stella. Un terzo, cruciale indicatore è dato dal cambiamento nella direzione delle linee del campo magnetico: ci si aspetta che queste subiscano un deciso riorientamento nel momento in cui la sonda entrerà nello spazio profondo. La mancata registrazione di tale riorientamento porta alla prudenza, anche se nessuno sa, con precisione, che cosa avverrà al momento del passaggio. «Siamo in una regione del tutto sconosciuta — osserva Stone —, quindi tutto ciò che osserviamo e misuriamo è diverso ed eccitante».

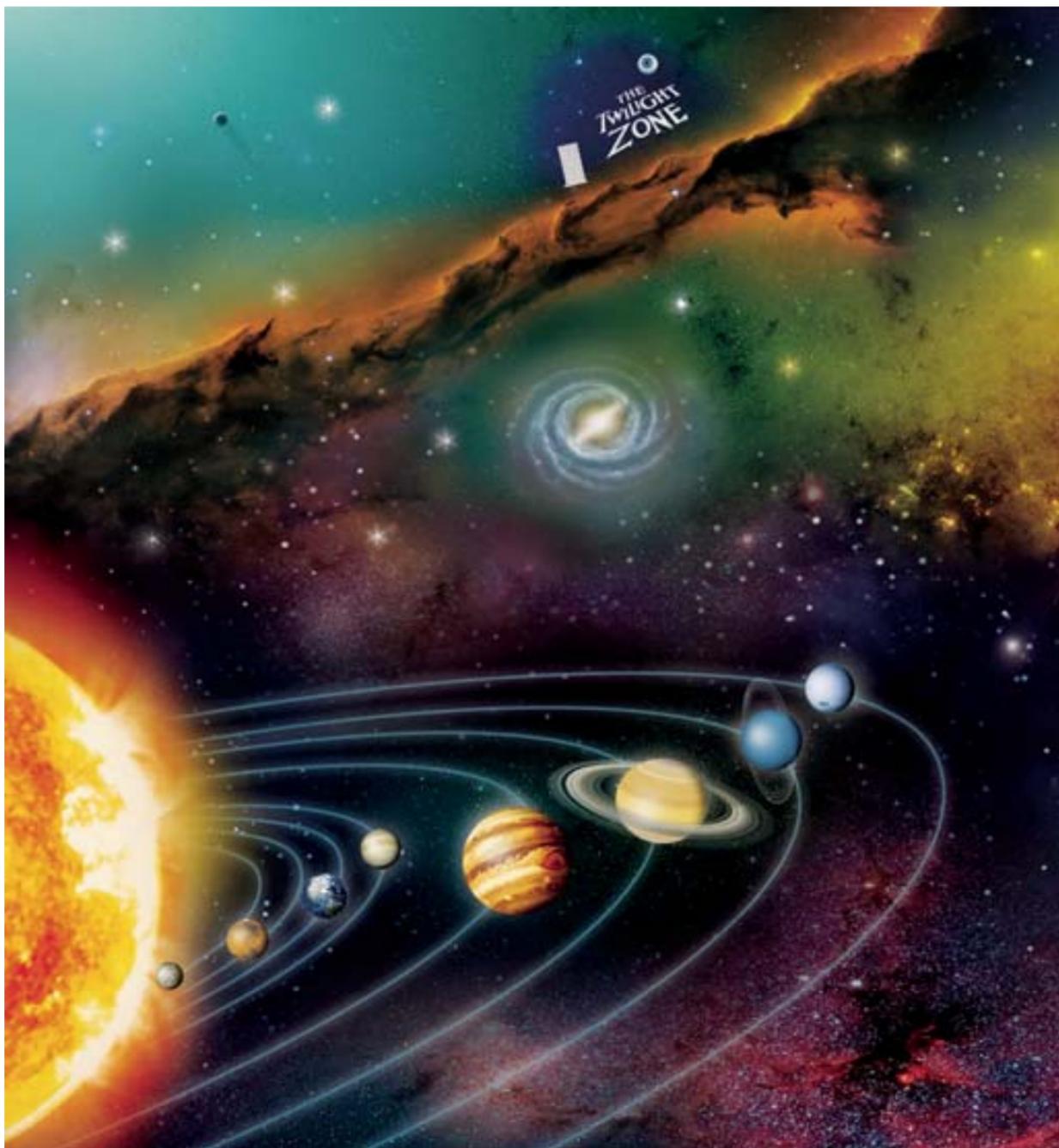
Lasciato il sistema solare, Voyager 1 si dirigerà verso una stella nota come AC+793888. Alla velocità attuale, di circa 17 chilometri al secondo, la «raggiungerà» — mantenendosi a una distanza di circa due anni-luce (approssimativamente 9.500 miliardi di chilometri) — fra 40 mila anni. Molto prima di allora, fra 10-15 anni, le pile al plutonio che alimentano la sonda si esauriranno: gli strumenti e i trasmettitori taceranno per sempre, e Voyager 1 diventerà un'ambasciatrice silenziosa della nostra civiltà attraverso la Via Lattea. Prima o poi, forse, come immaginarono gli autori di *Star Trek*, «qualcuno» la intercetterà.

Sopra le righe  
di Giuseppe Remuzzi

Il lavoro fa bene alla salute

Lo studio l'hanno fatto in Sud Corea: le donne in menopausa se lavorano hanno meno malanni di quelle della stessa età che non lavorano. Il lavoro è salute, insomma? Forse, anche solo perché chi lavora di solito

non aumenta di peso, e questo tiene a bada anche la pressione del sangue. Ma non si può escludere che quelle che stanno bene abbiano semplicemente meno difficoltà a trovare lavoro o a mantenerlo.



Universo

Scoperte scientifiche e il sogno di «Avatar»  
La lunga ricerca di pianeti simili al nostro

# Cento miliardi di galassie Un'altra vita è possibile

di SANDRO MODEO

In uno degli episodi più geniali della serie *Ai confini della realtà* (il terzo dal sole, sceneggiato dal grande Richard Matheson appena scomparso) due famiglie decollano nella notte, in assoluta segretezza, su un'avveniristica navetta spaziale. In fuga da un'imminente guerra nucleare, viaggiano verso un pianeta che possa ospitarli: un pianeta — dice uno dei viaggiatori, rovesciando e retroilluminando tutto il racconto — «chiamato Terra», dove abitano «persone come noi».

Come quegli alieni, anche noi Sapiens inseguiamo da qualche decennio pianeti simili al nostro: duplicati (o gemelli) della Terra, in cui trovare vie di fuga da un ambiente allo stremo tra sovrappopolazione, esaurimento delle risorse e alterazione climatica. E proprio da qualche decennio, una simile prospettiva è sempre meno visionaria, almeno nella verifica astronomica, dato che satelliti e telescopi hanno spalancato ai nostri occhi uno scenario con centinaia di pianeti extrasolari (o esopianeti) distribuiti lungo la Via Lattea; molti dei quali, se non gemelli, «cugini» della Terra. Nel penetrare in questo scenario, ci accompagnano due libri di due astrofisici autorevoli: *Strange New Worlds*, del singalese Ray Jayawardhana (cattedra a Toronto) e *I pianeti extrasolari* di Giovanna Tinetti (che insegna all'University College London); il primo (appena uscito nell'edizione tascabile) più complesso e analitico, il secondo (da poco in libreria) più divulgativo,

i

Bibliografia

Ray Jayawardhana, «Strange New Worlds. The Search for Alien Planets and Life Beyond Our Solar System», Princeton University Press, 2013 (edizione tascabile), pagine 262, \$ 17,95.  
Giovanna Tinetti, «I pianeti extrasolari», Il Mulino, 2013, pagine 134, € 9,80.  
Frank Close, «L'enigma dell'infinito», Einaudi, 2013, pagine 506, € 32.  
Jim Baggott, «Il bosone di Higgs», Adelphi, 2013, pagine 259, € 23.  
Annibale Fantoli, «Extraterrestri. Storia di un'idea dalla Grecia ad oggi», Carocci, 2008, pagine 257, € 20

L'illustrazione di questa pagina è di MOMAR

ma accomunati da un'identica architettura espositivo-argomentativa.

Com'è noto, l'idea della «pluralità dei mondi», abitati o no (ben diversa da quella degli «universi paralleli» implicita nella meccanica quantistica) si estende dagli atomisti greci a Giordano Bruno, toccando il suo senso profondo nella visione eliocentrica intuita da Aristarco nel III secolo a.C. e scongelata (18 secoli dopo) da Copernico, con la Terra detronizzata da ogni centralità e oggi dispersa lungo una galassia di 100 miliardi di stelle (con un numero medio uguale di ipotetici pianeti), circondata a sua volta da 100 miliardi di altre galassie, attuali confini dell'universo osservabile.

Il passaggio dalla speculazione — scientifica e/o fantastica — alla concretezza avviene con due scoperte ravvicinate. La prima, nel 1990 (autori Alexander Wolszczan e Dale Frail) è l'esopianeta PSR B1257+12, orbitante intorno a una pulsar, cioè a una di quelle stelle agonizzanti di cui si possono ascoltare gli ultimi battiti come remoti e regolari segnali radio, residui di un ciclo vitale che le può vedere splendere, al loro apice, cento volte più del Sole. La seconda, nell'ottobre '95 (autori gli svizzeri Michel Mayor e Didier Queloz, confermata dagli americani Geoffrey Marcy e Paul Butler) è quella di 51 Pegasi b, ritenuto il primo esopianeta a tutti gli effetti data l'eccezionalità di quelli intorno alle pulsar (di fatto, solo due). Da quel momento sono stati classificati più di 800 esopianeti,

**Incanti  
di Ranieri Poese**

**Ossigenarsi i capelli a Taranto**

«Ossigenarsi a Taranto è stato il primo errore» (parole di Alberto Arbasino, musica di Fiorenzo Carpi) cantava Laura Betti, più di cinquant'anni fa. Tutto torna. Le cronache di questi giorni ci raccontano

degli usi stravaganti dei fondi regionali a opera dei consiglieri campani. Fra soggiorni extralusso a Capri e regali di gioielleria, c'è anche la voce «tintura dei capelli», con relativi scontrini per 203 euro. Ossigenarsi a Napoli?



**Fisica**

Computer superpotenti grazie ai «quantum» bit

## L'atomo è visibile Così conquisteremo il nanomondo

di MASSIMO INGUSCIO

**G**li atomi sono i mattoni con cui è costruita la materia di cui siamo fatti e che dà forma al mondo che ci circonda, dalle molecole dell'aria ai codici genetici che governano la vita. Intuire l'esistenza degli atomi e comprenderne la struttura è stata una bella avventura del sapere, e lo è ancora. Capire il moto degli elettroni intorno a un nucleo, il tutto su dimensioni nanometriche, miliardesimi di metro, significa comprendere molte leggi fondamentali che regolano l'universo.

Un passo fondamentale veniva compiuto cento anni fa dal fisico danese Niels Bohr che, con un modello rivoluzionario, assumeva che gli elettroni non seguissero le leggi del moto sino ad allora conosciute, quelle delle orbite dei pianeti intorno al Sole. Nell'atomo di Bohr non sono possibili tutte le orbite e il moto avviene per «quanti»: l'energia dell'elettrone non può cambiare a piacere, come quella di un satellite che possiamo mettere in orbita a una qualsiasi distanza dalla Terra, ma sono possibili solo alcuni valori. Anzi, con l'affermazione della meccanica quantistica, sviluppatasi in gran parte a seguito delle intuizioni di Bohr, si perde anche il concetto di orbita: l'elettrone diventa un'onda delocalizzata e si può parlare solo di una *probabilità* che si trovi in una certa posizione. Se il corpuscolo elettrone diventa un'onda di materia, così le impalpabili onde di luce si descrivono come una successione di speciali corpuscoli, che chiamiamo fotoni.

Strana sembra la meccanica quantistica, regolata da leggi che vanno contro il nostro intuito, influenzato dalla visione macroscopica del mondo classico. Ad esempio, se una montagna separa due buche nella sabbia, una biglia di vetro può passare dall'una all'altra solo se le diamo una spinta sufficiente a scavalcare la montagna. Invece nel mondo microscopico la meccanica quantistica prevede che la «pallina», diventata onda, abbia probabilità di trovarsi contemporaneamente *sia* nell'una *che* nell'altra buca: è in uno stato di sovrapposizione, come se un «tunnel» permettesse il passaggio istantaneo da una parte all'altra. Sono leggi astratte per un mondo microscopico, che da studenti quasi imparavamo ad «accettare», poiché con quel nuovo formalismo si riusciva comunque a prevedere il comportamento di «oggetti» macroscopici. Il laser che, insieme al transistor, ha rivoluzionato la tecnologia del secolo scorso, deriva proprio dall'aver capito come i fotoni emessi o assorbiti dalla materia siano legati ai salti di energia nel mondo microscopico: l'atomo «quantistico» di Bohr, pur *invisibile* e un po' astratto, ha consentito di capire il *visibile*.

Oggi, cento anni dopo, riusciamo a vedere i singoli fotoni e a osservare direttamente l'atomo con cui hanno interagito: l'invisibile è diventato visibile. Ma la realtà resa visibile è quella stessa che era invisibile? La realtà quantistica è in uno stato di sovrapposizione che viene distrutto dalla misura: se proviamo a vederla, troviamo la pallina come se fosse precipitata in una soltanto delle due buche. Questa «distruzione» dello stato quantistico ha avuto conseguenze di tipo pratico, rallentando

lo sviluppo di una totalmente nuova tecnologia quantistica per questo secolo. Il calcolatore elettronico ad esempio: nei nostri pc immagazziniamo informazione in bit di memoria, due possibili stati — zero o uno — assunti da minuscoli aghetti magnetici, un po' come gli stati della pallina nelle due buche.

Si era partiti, in Italia alla fine degli anni Cinquanta su suggerimento di Enrico Fermi, con valvole e calcolatori che occupavano stanze intere. Dalle valvole ai transistor un impressionante aumento della potenza di calcolo ha accompagnato l'inesorabile riduzione delle dimensioni dei circuiti integrati. Siamo ora alle dimensioni di pochi atomi per transistor e presto si *dovranno* fare i conti con le leggi della meccanica quantistica che regolano il nanomondo. Meglio, si *potranno* fare i conti con la meccanica quantistica. Sulla sovrapposizione si realizzano primi embrioni di nuove unità di calcolo, non più bit ma «quantum» bit. Se a Roma si usano fotoni, al Lens di Firenze si usano singoli atomi, mattoni per la realizzazione di calcolatori quantistici, che si confronterebbero con quelli odierni come questi si confrontano con gli antichi abachi. Il sogno sembra più vicino da quando si riesce a evitare che la misura, distruggendo la «sovrapposizione» di stati, demolisca la realtà quantistica e impedisca di sfruttarne le fantastiche

utilizzando tecniche diverse e complesse, che si appoggiano a satelliti-telescopi sofisticati (Corot dal 2006 e Kepler dal 2009, cui seguirà Cheops dal 2017) e misurano per lo più le variazioni di movimento o luminosità della stella madre. Esempio il «transito», in cui si studiano i fiochi cali di luce (dell'1%) al passaggio del pianeta davanti alla stella.

Come si caratterizzano questi «nuovi strani mondi»? Fondati su stelle celibi o bigame/poligame (come il nostro sistema solare a otto pianeti, dopo il declassamento di Plutone a «nano»), possono avere anche pianeti bigami, come Kepler 16 (AB), del tutto simile al Tatooine di *Star Wars*, orbitante intorno a due soli e quindi con doppia alba e doppio tramonto. Quanto ai pianeti stessi (con orbite molto più eccentriche rispetto a quelle circolari dei nostri) danno vita a una tassonomia spartita in tre tipologie di base: i «giganti» (come i «giovani caldi»); le più piccole «super-Terre» (i più diffusi, tra cui miliardi di simil-Terre); e gli intermedi «nettuniani». Spesso, molti di questi pianeti orbitano molto vicini alla stella, raggiungendo temperature altissime (i 2.600° centigradi di WSP-12b); e quando girano in rotazione sincrona, hanno una faccia rovente e una ghiacciata, con escursioni tremende (vedi Corot-7b, la prima super-Terra scoperta, che passa da 2.000° a -200°).

In teoria, sembrerebbe impossibile trovare vita (non necessariamente intelligente) su questi «mostri» astrofisici. Eppure, sia Jayawardhana che la Tinetti prospettano un quadro più probabilistico. Per un verso, sono stati classificati solo 800 pianeti extrasolari su miliardi (per tacere di quelli extragalattici, forse presto osservabili) e si conosce la composizione chimica solo di una ventina. Per un altro, ci sono già prove di molecole organiche complesse in regioni stellari o planetarie aliene, tra cui amminoacidi (i mattoni delle proteine) o precursori dei nucleotidi, le molecole da cui si formano Rna e Dna. Certo, la Terra ha caratteristiche che possono sembrare rare se non irripetibili: un campo magnetico e un effetto serra che trattengono l'acqua e il suo ciclo (a differenza di Venere o Marte, che hanno perso per sempre



### Un ciclo per Bohr 100 anni dopo

Il dipartimento di Scienze fisiche e tecnologie della materia festeggia i 90 anni del Cnr con una serie di conferenze. Il titolo del ciclo, «Tutto il mondo in un atomo», è ispirato dal fatto che ricorre anche il centenario dell'atomo di Bohr, cioè della comprensione della meccanica quantistica e dell'interazione tra radiazione e materia, alla base di molte ricerche attuali. I primi due eventi si terranno il 9 e il 10 luglio.

Martedì 9, a Palazzo Farnese (piazza Farnese 67, Roma), interverrà Serge Haroche, premio Nobel per la Fisica 2012 con la conferenza «Potenza e stranezza del mondo quantistico». Mercoledì 10, alla sala Convegni del Cnr (Piazzale Aldo Moro 7, Roma) i fisici Vanderlei Salvador Bagnato e Michele Parrinello terranno rispettivamente le conferenze «Come la luce e gli atomi stanno migliorando la vita della gente» e «Dai computer agli atomi e ritorno»

oceani e atmosfere) e una grande quantità di ossigeno, esito della fotosintesi clorofilliana e di un'attività metabolica cominciata coi microrganismi delle origini. Ma questo non esclude che si possano formare condizioni e cocktail chimici biocompatibili in pianeti intorno a stelle più piccole e fredde del Sole (o più grandi e calde); purché il pianeta sia, secondo i casi, più vicino o lontano dalla stella, come nell'esoluna Pandora di *Avatar*. Proprio *Avatar*, del resto, ci ricorda con la sua flora-fauna fluorescente come eventuali organismi alieni si presenterebbero con adattamenti a radiazioni di luce diverse dalla nostra (con lunghezze d'onda più lunghe o più corte): le piante con pigmenti che le renderebbero ai nostri occhi arancio-rosse o nere, gli animali con sistemi visivi simili a quelli degli uccelli o di certi serpenti.

In ogni caso, con la nostra tecnologia, il muro da superare per una migrazione interplanetaria sarebbe insormontabile: l'esopianeta più vicino, Alpha Centauri Bb (nel sistema, di nuovo, che ha ispirato *Avatar*) si trova a 4,4 milioni di anni luce, percorribili con gli attuali razzi in 135 mila anni, e con razzi a fusione nucleare (1/10 della velocità della luce) in «soli» 100 anni. Potremmo arrivarci, quindi — dopo aver risolto il problema dell'accelerazione graduale — solo con viaggiatori ibernati (come in 2001 di Kubrick) o con colonie disposte a riprodursi in viaggio, come in *Paradisi perduti* di Ursula Le Guin, in cui la quinta generazione nata nell'astronave decide di restare a bordo per sempre.

A meno che (restando nella proiezione fantastica) non succeda come nel racconto di James Gunn, *Un regalo dalle stelle*, dove un ingegnere aeronautico trova un manuale, la cui appendice contiene le istruzioni per costruire un'astronave dalla «propulsione inaudita». Nel libro di Gunn, il protagonista, guidato da un'antica e iper-evoluta civiltà aliena, arriva a scoprire la genesi di tutte le altre, compresa la terrestre. A noi basterebbe molto meno: che in qualche «nuovo strano mondo» una traccia di vita metta fine alla nostra lunga solitudine. Sarebbe quello il nostro «regalo dalle stelle».

**La rivoluzione  
Con la meccanica  
quantistica si è perso  
il concetto di orbita  
e le particelle diventano  
onde delocalizzate**

potenzialità. Pioniere dell'osservazione e della manipolazione di singole particelle nel vivo della loro realtà quantistica — e non post mortem — è stato il francese Serge Haroche (Nobel 2012 con David Wineland), che sarà a Roma per una conferenza martedì 9 luglio.

Altra stranezza del mondo quantistico è l'*entanglement* («intreccio» in italiano): due atomi, anche lontanissimi, possono essere così legati tra di loro che una misura fatta su uno dei due può definire istantaneamente lo stato dell'altro. Una sorta di azione a distanza che viene impiegata con fotoni per comunicare informazione in modo estremamente sicuro (la cosiddetta crittografia quantistica) o per «teletrasportare» lo stato di una particella su un'altra.

L'atomo di Bohr, cento anni fa solo un modello, ora si vede e si manipola: forse un giorno i nostri nipoti, familiarizzando col nanomondo, potranno giocarci e certo i futuri studenti lo accetteranno più consapevoli. Le rivoluzioni scientifiche, dapprima controintuitive, diventano poi mezzi quasi ovvi della vita quotidiana. Ai primi del secolo scorso, dalle ricerche di Marconi, poi presidente del Cnr, nasceva il telegrafo senza fili e il poeta siciliano Nino Martoglio si domandava: «Plove... come è che la parola del messaggio arriva bella e asciutta come un osso?».