


 OLTRE I
LIMITI

ESPLORAZIONE SPAZIALE

CHE COSA FAREMO

Superare i confini del sistema solare

Alcuni traguardi dei viaggi umani nello spazio sono già a portata di mano dal punto di vista tecnologico, ma manca una volontà politica

di Giovanni Fabrizio Bignami

D

a quarant'anni in qua nessun uomo (o donna) ha più visitato un mondo diverso dalla Terra. Gli ultimi a farlo furono i tre dell'Apollo 17, nel 1972. Siamo davanti a un piccolo iato nella volontà umana di esplorazione, o invece il progetto Apollo aprì e subito chiuse una finestra un po' casuale? La storia di *Homo sapiens*, uscito ruggendo dall'Africa per conquistare il mondo intero in soli 150.000 anni spazzando via tutte le altre specie concorrenti, ci garantisce che si tratta solo di una piccola pausa tecnica. La nostra specie si merita la definizione che ne danno gli etologi: «cosmopolita invasivo», un po' come i topi, le cornacchie o gli scarafaggi.

Appena ha potuto, ha esplorato, invaso (e sfruttato) tutto quello che poteva raggiungere. In tempi storici, l'America fu «scoperta» (ma *H. sapiens* era già lì) e il mondo circumnavigato cinque seco-

li fa, appena fu inventato quel fantastico strumento per navigare che era la caravella spagnola, capace di sfruttare in modo efficiente l'energia eolica. Gli oceani non si attraversano né a nuoto né a remi (se non per sport): non basta l'energia chimica dei muscoli del corpo umano, che raggiunge i 4×10^{-2} megajoule per chilogrammo, che pure aveva ben servito i nostri antenati.

Esattamente lo stesso è il problema dell'esplorazione umana dello spazio. Per mezzo secolo abbiamo usato energia chimica nei razzi propulsori, dal Vostok di Gagarin al Saturn V delle missioni Apollo. Ci ha servito bene: più di 500 persone in orbita terrestre e un coraggioso plotone fin sulla Luna. Messa in termini di energia per unità di massa, questo vuol dire circa 120 megajoule per chilogrammo, usando la miglior reazione chimica possibile, quella dell'ossidazione dell'idrogeno. Sembra tanto, ma è solo da 6 a 4 volte l'energia per unità di massa generata dal fuoco di bivacco (legna o carbone) inventato da *H. sapiens* quando era ancora ai suoi esordi.

Ma l'uomo non può andare seriamente al di là della Luna usando la spinta gene-

Victor Habick Visions/Science Photo Library/Corbis





OLTRE I
LIMITI



Astrofisico per passione, ma affascinato da molte altre discipline, **Giovanni Fabrizio Bignami** è stato presidente dell'Agencia spaziale italiana ed è attualmente presidente dell'Istituto nazionale di astrofisica. È il primo italiano eletto alla presidenza del COSPAR, il Comitato mondiale della ricerca spaziale.

CHE COSA FAREMO

rata dall'energia chimica. Lo dettano le distanze da percorrere, i tempi del viaggio e il fatto che gli esseri umani, a differenza degli strumenti, non si possono miniaturizzare. Come per il carretto tirato dall'asino, il treno a vapore, l'automobile, l'aeroplano, la V2 o il Saturn V, anche la distanza raggiungibile nello spazio in un tempo ragionevole è dettata dalla velocità alla quale riesco a spingere la massa necessaria. Possiamo cioè disegnare «sfere» di esplorazione spaziale in funzione della velocità.

Dal chimico al nucleare

Per esempio, per andare in orbita terrestre (*sfera 1*) bastano 8 chilometri al secondo per pochi minuti con una capsula relativamente piccola. Fatto.

Per andare e tornare dalla Luna (*sfera 2*) bisogna superare gli 11 chilometri al secondo, e usare un sistema un po' più complicato: in quel luglio del 1969 sulla piattaforma di lancio stavano più di 3000 tonnellate di materiale, e nell'oceano, dopo più di una settimana, fecero *splashdown* solo 5 tonnellate, astronauti e sassi lunari compresi. Anche questo, fatto.

Proviamo adesso a immaginare di voler andare a fare un giro su Marte (*sfera 3*). Qui le cose cambiano, perché la distanza da percorrere è circa mille volte quella della Luna. Sappiamo che non potremo mai farlo in una settimana, ma poniamoci il limite di un anno per una permanenza nello spazio profondo che sia ragionevolmente poco dannosa. Le velocità sono subito tra 30 e 50 chilometri al secondo, cinque volte più alte delle missioni Apollo.

Per far sopravvivere un equipaggio in giro nel sistema solare per un anno ci vuole poi una nave abbastanza grande, con schermature anti-radiazioni, spazio per vivere, compresi un orto, una palestra e così via. Per intenderci, una nave grande come un grosso Airbus, decine di volte la massa del modulo Apollo. La conseguenza ineludibile è che la combinazione di distanza, tempo e massa impone, per la *sfera 3*, l'uso di un'energia molto più «efficiente» di quella chimica, cioè con maggior rendimento per unità di massa.

In termini fisici, questo vuol dire passare dall'energia chimica a quella nucleare. Con la fissione dell'uranio 235, per esempio, si arriva a 8×10^7 megajoule per chilogrammo, cioè un rendimento energetico quasi un milione di volte quello chimico. In termini tecnici, vuol dire poter combinare in un unico motore «spinta» e «impulso specifico», i due parametri che si devono

massimizzare per spingere ad alta velocità una massa rispettabile. Finora, nessuno l'ha mai fatto: la propulsione chimica permette una buona spinta ma un modesto impulso specifico (Saturn V-Apollo: grossi carichi a bassa velocità), mentre un motore a ioni dà un alto impulso specifico ma una piccola spinta (piccoli carichi ad alta velocità). Con il rendimento energetico della fissione nucleare oggi sappiamo di poter ottenere la combinazione vincente di alta velocità per una grande massa.

Insomma, siamo molto più vicini a Marte di quanto non fosse John Kennedy nel 1962: il quale, quando annunciò che gli Stati Uniti avrebbero portato un uomo sulla Luna entro il decennio, non aveva la minima idea di come andarci e, quel che è peggio, non ce l'aveva neanche la NASA (che però aveva von Braun, con in mente una V2 più grande e più bella). In termini di esplorazione, andare su Marte oggi sarebbe molto meno azzardato di quanto non fu circumnavigare il mondo per Magellano (che ci lasciò la pelle con la maggioranza dei compagni) o per Amundsen e Scott arrivare al Polo Sud a piedi (e anche qui con ingenti perdite). Anche se il pericolo non ha mai fermato l'esplorazione, oggi una missione su Marte può essere resa molto più sicura del rischiosissimo progetto Apollo.

Missione possibile

Il costo di una missione esplorativa, diciamo di un anno tra andata e ritorno, compreso un mese di vacanza su Marte, sarebbe di 1000-2000 miliardi di dollari, spalmati su vent'anni almeno, compresi progetto e costruzione.

Per un confronto, ricordiamo che, secondo lo Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), il totale delle spese militari in tutto il mondo è stato di più di 1700 miliardi nel 2011. Gli Stati Uniti, da soli, hanno speso 711 miliardi, da tre a quattro volte il costo di tutta la Stazione spaziale internazionale con relativo shuttle, durato trent'anni. Seconda per spese militari è la Cina, con 143 miliardi, in forte aumento, terza la Russia con 72 miliardi, anche qui forte aumento. L'Italia ha speso, ufficialmente, 34,4 miliardi (ma secondo il SIPRI la cifra dichiarata è «meno che trasparente»). E per fortuna che ormai da più di vent'anni è finita la guerra fredda.

Non entriamo in dettaglio su come si faccia una missione a propulsione nucleare su Marte solo perché non è proprio «oltre i limiti» della scienza attuale. Diciamo solo che Carlo Rubbia e una banda di entusia-

IN BREVE

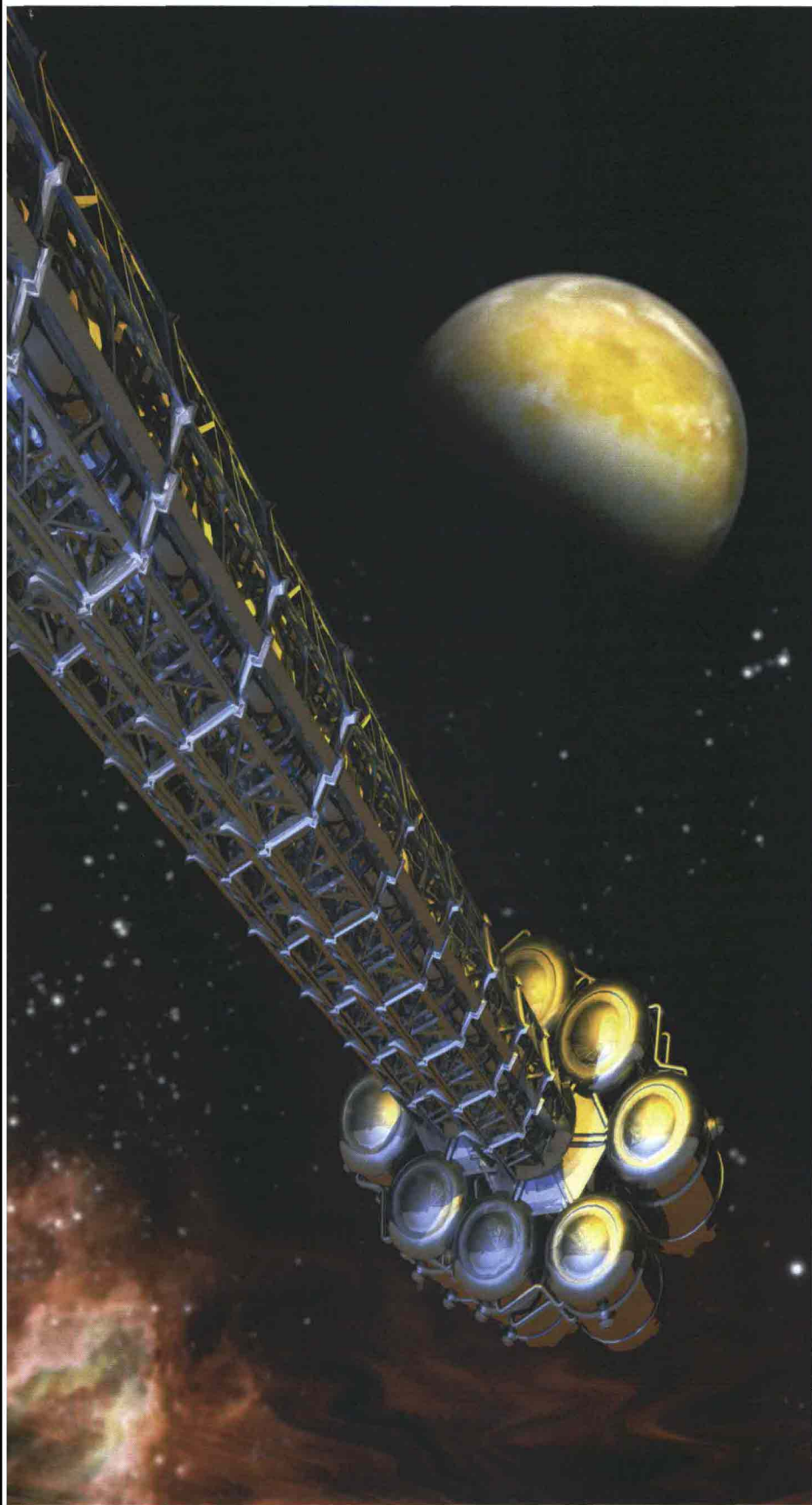
Il limite ai viaggi umani nello spazio è la distanza raggiungibile in un tempo ragionevole in base alla velocità con cui si riesce a spingere la massa di un'astronave con equipaggio.

Si possono quindi disegnare cinque «sfere» di esplorazione spaziale in base alla velocità necessaria per arrivarci.

La prima e la seconda sfera, cioè l'orbita terrestre e la Luna, sono già state raggiunte quarant'anni fa.

Marte e dintorni costituiscono la terza sfera, che richiede il passaggio dalla propulsione chimica a quella basata sulla fissione nucleare: un obiettivo che, pur nella sua difficoltà, rientra nei limiti della tecnologia attuale.

Per arrivare alla quarta sfera, da Giove ai confini del sistema solare, il miglior candidato è la fusione nucleare, mentre per la quinta sfera, intorno ai 20 anni luce da noi, bisognerà attendere la capacità di produrre e trasportare antimateria.



sti all'Agenzia spaziale italiana, tra il 1998 e il 2002 erano arrivati a un progetto esecutivo, con un sacco di dettagli. Poi tutto fu abbandonato, chissà perché, ma almeno avevamo capito che si poteva fare. Potremmo cominciare domani il progetto (chiamato 242 dal numero di massa dell'isotopo prescelto). Il principio, ormai brevettato, è quello di scaldare un gas (l'idrogeno) usando l'energia dei frammenti di fissione.

Non siamo, appunto, al di là dei limiti della tecnologia attuale. Diciamo solo che ci vorrà un assemblaggio in orbita o, meglio ancora, nel punto interno di librazione tra la Terra e la Luna, mediante ripetuti voli (chimici) di una «cosa» tipo shuttle. Per la missione sarà necessario prevedere alcune navi da carico (chimiche) spedite prima, per portare su Marte il carburante per il ritorno e il necessario per l'esplorazione *in situ*, dai badili ai satelliti per telecomunicazioni. Poi partirà la veloce nave nucleare, un *clipper* con l'equipaggio. Segue *docking* in orbita marziana, discesa e risalita sulla superficie con apposita navetta (mandata anche lei prima) e rapido ritorno dopo aver fatto il pieno di idrogeno. Tutto, come si vede, alla nostra portata: una specie di Apollo più grande e più bello. Basta volere.

Una volta raggiunta la sfera 3 e messo piede su Marte, dopo un primo giro esplorativo ci vorremo costruire una base. Qui la realtà è molto diversa dai film di fantascienza. Di sicuro non ci sarà una bella cupola di plexiglass dentro cui far crescere i pomodori e ammirare i tramonti marziani. Sarà sottoterra, dove si è al sicuro da radiazioni e meteoriti (l'atmosfera di Marte è un centesimo della nostra) e una cavità si può facilmente pressurizzare.

Ma per sopravvivere sulla superficie marziana ci vorrà un sacco di energia, infinitamente più di quanta se ne possa raccogliere dal pallido Sole o dalle distruttive tempeste di vento. La sorgente di energia sarà la stessa del motore: nucleare a fissione, in versione compatta, da viaggio. E qui siamo sicuramente oltre i limiti della tecnologia dei giorni nostri. Una «centrale Rubbia» portatile sarebbe utile, ma dobbiamo ancora farla. Una ricaduta interessante, anche per noi poveri terrestri.

Una buona ragione

La domanda di rito (sempre valida) è: perché dovremmo andare su Marte? Le risposte sono più di una. La più facile è quella di George Mallory a chi gli chiedeva perché scalare l'Everest: «Perché è lì». Un'altra: perché gli astronauti-scienziati



OLTRE I
LIMITI

CHE COSA FAREMO

sarebbero più bravi di qualsiasi robot a capire Marte, e non solo sollevando il sasso giusto, quello con sotto la muffa o un pesce fossile. Ma la migliore risposta è: perché andare a Marte ci insegnerà a metterci tutti insieme (politicamente) in un'impresa di esplorazione scientifica con il più grande avanzamento tecnologico della storia dell'umanità. Un po' come è stato fatto per la Stazione spaziale internazionale, ma su scala almeno dieci volte maggiore. Purtroppo è questa unità politica di intenti e di risorse a essere al di là dei limiti della scienza. Per ora.

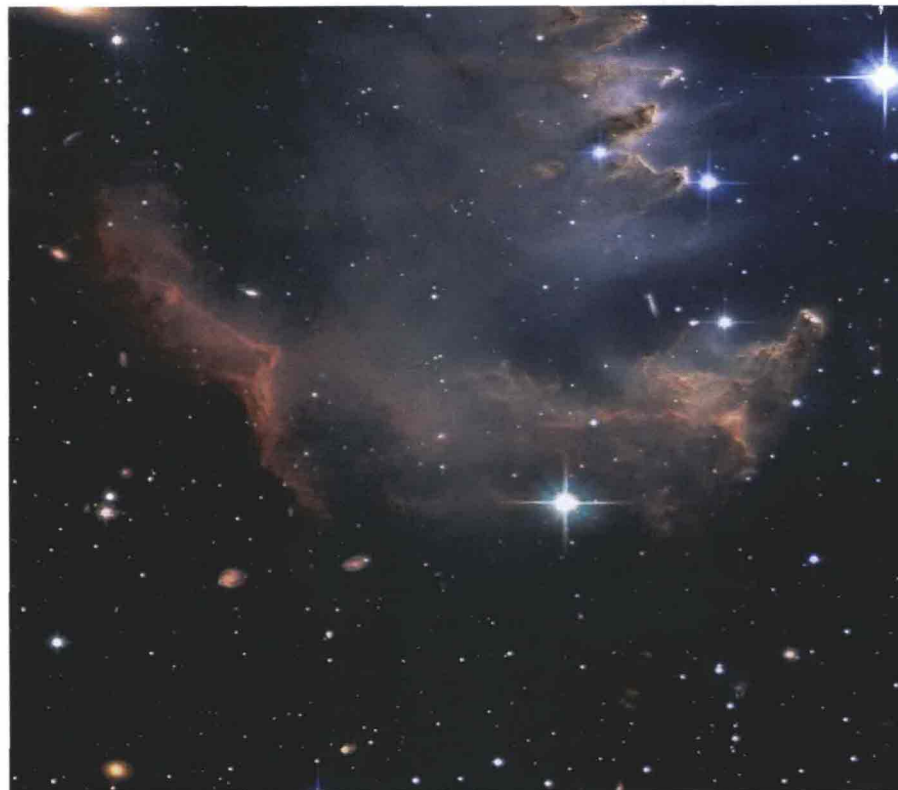
Una volta collaudata la propulsione con un gas riscaldato dai frammenti di fissione si può pensare di estenderne l'uso al di là di Marte, nella cintura degli asteroidi e forse fino a Giove. Il più vicino dei giganti gassosi, con il suo maestoso sistema di satelliti rocciosi, dista da noi quattro volte la distanza di Marte dalla Terra e gli asteroidi sono più o meno a metà strada tra Giove e Marte. Si può fare.

Verso Giove, e oltre

Certo, sarà molto più difficile, rischioso e lungo arrivare fino al sistema gioviano e richiederà una nave più grossa del clipper Terra-Marte. Converrebbe partire dall'orbita marziana (ma nessuno ha studiato un profilo di missione umana a Giove), dove assemblare i pezzi, il carburante, e così via, spediti da Terra. Alle velocità tipiche della fissione, 50 chilometri al secondo, per andare e tornare da Giove ci vorranno 4-5 anni, a seconda delle posizioni planetarie relative e di che si vuole fare (una fermata su un asteroide? un giro vicino a Europa?).

In ogni caso ci vorrà una nave con massa doppia o tripla di quella marziana. Gran parte dell'aumento di massa dovrà andarsene in un sistema efficiente di schermatura dalle radiazioni: anche se lontano dal Sole, il forte campo magnetico di Giove intrappola una pericolosa quantità di particelle. Vuol dire aumentare la spinta di un fattore due, ancora alla portata del motore a fissione. Tutto dipenderà dal profilo di missione scelto: partenza da Terra o da Marte? Navi da carico inviate prima o no?

Ma l'appetito di *Homo sapiens* vien mangiando, soprattutto quando si tratta di esplorazione legata alla espansione. Stiamo già guardando alla *sfera 4*, quella che va da Giove alle parti esterne del sistema solare. Qui le distanze sono una cosa completamente diversa rispetto a Marte o Giove, che al confronto sono dietro l'angolo. Plutone, l'ex pianeta, orbita a 40 volte la



distanza Terra-Sole. La sfera 4 è un guscio sferico molto spesso, dove è forse rinchiuso il mistero dell'origine del sistema solare: una ottima ragione per andarci.

Ma ci vorranno velocità e tempi di più di un ordine di grandezza maggiori, diciamo 500 chilometri al secondo, e dieci anni. Per di più, in questo caso il truccetto di mandare i bagagli prima non sembra facile. In ogni caso la nave con i passeggeri dovrà essere ancora molto più grande e autonoma. Ci vuole, quindi, una sorgente di energia ancora più «efficiente», per unità di massa, della fissione nucleare.

Un buon candidato per la sfera 4 è la fusione nucleare, quella che tiene acceso il Sole e l'altre stelle. Con più di 3×10^8 megajoule per chilogrammo, è molto meglio della fissione. Raggiungere combinazioni di spinta e impulso specifico che permettano velocità così elevate per una nave di qualche migliaio di tonnellate dovrebbe essere possibile. Fin qui la fisica.

Purtroppo, non abbiamo la minima idea della tecnologia, anche perché la fusione controllata non la sappiamo fare neanche sulla Terra. E poi, si può mettere un tokamak su un'astronave? Forse sì. Anzi, forse un «tokamak spaziale», compatto, efficiente e sicuro (ci sono gli astronauti a bordo)

darebbe lo stimolo giusto anche alla ricerca sulla fusione sulla Terra.

Per ora possiamo solo immaginare che, in qualche modo, l'energia liberata dalla fusione venga usata per «scaldare» un gas a diverse decine di migliaia di gradi, o forse più. Superati i non piccoli problemi termico-strutturali di contenimento per qualcosa di così caldo, basta poi far uscire il gas da un apposito ugello. E sfruttare quel piccolo miracolo della fisica per cui dall'ugello escono solo particelle che vanno in una certa direzione (e quindi spingono in quella opposta), mentre all'interno del contenitore le particelle di gas si muovono di un moto casuale che più casuale non si può.

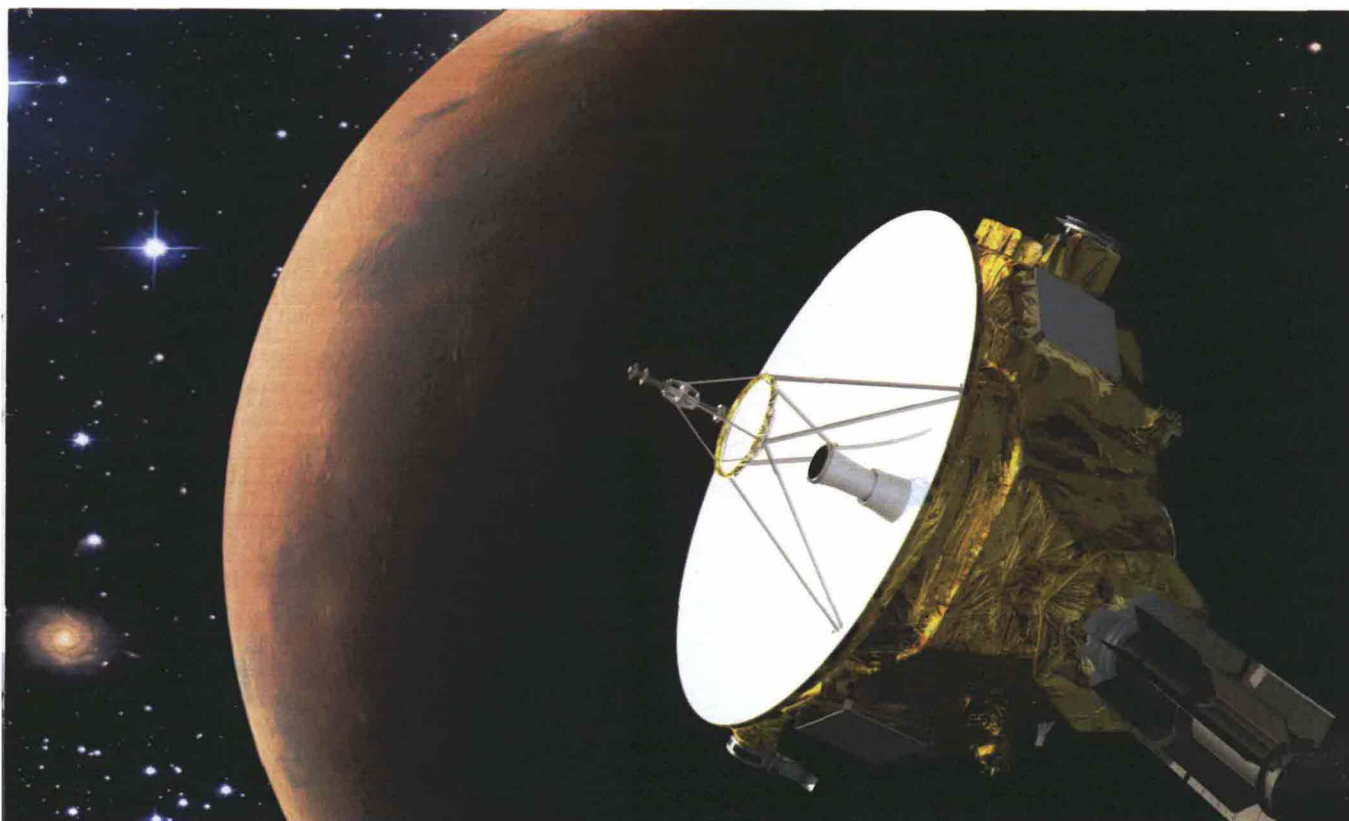
Forse il motore giusto per l'esplorazione planetaria sarà a due stadi: preriscaldamento del gas e fornitura dell'energia di bordo grazie alla fissione, poi stadio a fusione per la spinta vera, quella che ci porterà tra gli anelli di Saturno (posto pericoloso) oppure a caccia di comete. In fondo, da più di mezzo secolo è così che facciamo le nostre migliori bombe H, gli oggetti più «energetici» che siamo riusciti a inventare.

«Dai bordi del sistema solare le stelle sembrano lì da toccare» ci racconteranno davanti a un bicchiere di birra i primi esploratori della sfera 4. E sarà inevitabile

Steve Allen/Getty Images

www.ecostampa.it

109161



www.ecostampa.it

pensare alla *sfera 5*, quella – diciamo – fino a 20 anni luce da noi, con dentro centinaia di stelle. Anzi, ci abbiamo già pensato, perché da più di un decennio gli astronomi trovano pianeti intorno ad altre stelle, anche quelle vicine. I pianeti più interessanti, quelli fatti come la Terra, sono però ancora da scoprire: è probabile che tra pochi anni venga fuori che proprio dietro l'angolo c'è un pianeta bellissimo e disabitato, una nuova America.

Solamente agli inizi

Mica male come stimolo per fare una nave capace di portarci nella sfera 5. Ma ci vogliono grosse masse (come l'astronave Enterprise di *Star Trek*) e spinte a velocità elevatissime. Pensiamo in grande: cento volte di più che per la sfera 4, cioè 50.000 chilometri al secondo, una frazione della velocità della luce. Qui ci vuole una fonte di energia seria. Pensiamo alla più alta, per unità di massa, che fino ora conosciamo: l'annichilazione materia-antimateria. È il processo per cui quando un positrone incontra un elettrone (o una galassia un'anti-galassia) rimangono solo raggi gamma. Il rendimento per massa (o antimassa, è lo stesso) è altissimo: $1,8 \times 10^{11}$ megajoule per chilogrammo.

Purtroppo, finora solo la fantascienza è riuscita a produrre e trasportare quantità soddisfacenti di antimateria. Noi, modestamente, ci limitiamo a notare che la sua annichilazione fornirebbe tutta l'energia necessaria, se sapessimo sfruttarla, per andare su una nuova Terra a qualche anno luce da noi. Alle velocità che diventerebbero possibili, impiegheremmo parecchie decine di anni, certo, ma per quelli a bordo il tempo passerebbe più lento, grazie a Einstein. Se mai tornassero sulla Terra, scoprirebbero, magari, che il figlioletto lasciato in fasce adesso è più vecchio di loro.

Dall'energia muscolare a quella eolica, dalla combustione di carbonio ad altre forme di energia chimica, come la ricombinazione idrogeno-ossigeno, dalla pila atomica di Fermi, con l'energia nucleare dalla fissione di nuclei pesanti, all'energia nucleare dalla fusione di nuclei leggeri, *Homo sapiens* ha già fatto un percorso energetico di nove-dieci ordini di grandezza. Un altro salto di quasi trent'anni in efficienza ci aspetta se riusciremo a controllare l'annichilazione materia-antimateria.

Mai come oggi, saltando di sfera in sfera, vediamo avvicinarsi la possibilità che il limite sia solo il cielo. In realtà, abbiamo appena cominciato. ■

PER APPROFONDIRE

Why we need space travel. Bignami G. F., in «Nature», Vol. 460, n. 7253, 16 luglio 2009.

How to find a habitable planet. Kasting J., Princeton University Press, 2010.

I marziani siamo noi. Bignami G.F., Zanichelli, 2010.

Cosa resta da scoprire. Bignami G.F., Oscar Mondadori, Milano, 2012.