

Come si vive nello spazio

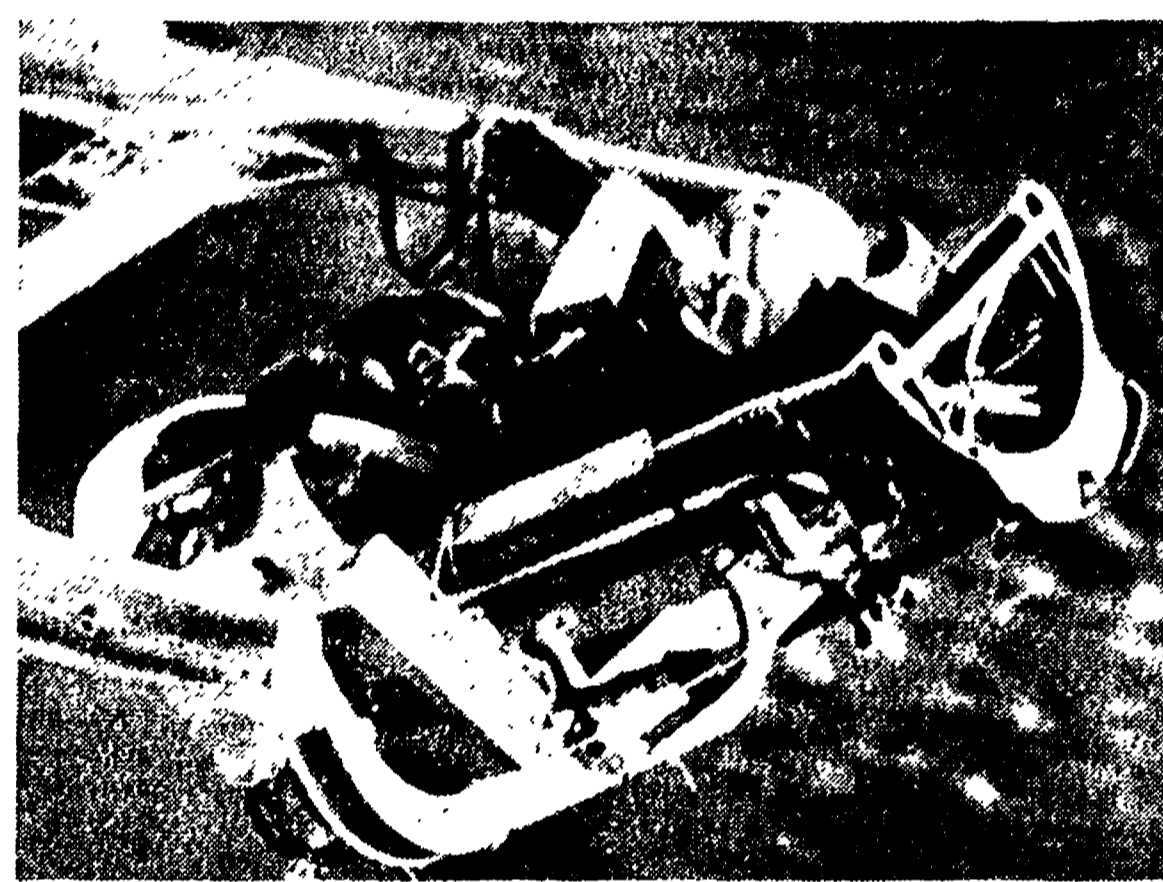
# Quali prove sta superando l'astronauta del Vostok III

**E' possibile per l'uomo sopravvivere in un ambiente extra-terrestre? - I lanci spaziali sino ad ora effettuati hanno risposto affermativamente - Quali difficoltà però è stato necessario affrontare e superare per garantire questa sopravvivenza? - A questo argomento il professor Roberto Margaria ha dedicato il suo discorso di apertura dell'anno accademico all'Università di Milano del quale riproduciamo ampi stralci**

## Importanza della atmosfera

Noi ci troviamo sulla superficie della Terra protetti, dagli agenti nocivi che provengono dallo spazio, dall'atmosfera gassosa che circonda il nostro pianeta. Questo spesso strato di aria infatti, e le particelle solide e liquide che in misura più o meno grande sono in esso sospese, ci protegge dalle radiazioni ultraviolette e dalle radiazioni « x » emesse dal sole, che vengono in grandissima parte assorbite dall'atmosfera: ci protegge inoltre dalle radiazioni corpuscolari che hanno potere ionizzante e perciò notevolmente distruttivo sui tessuti, perché, urtando contro le molecole di gas degli strati più esterni dell'atmosfera, perdono energia e si trasformano in radiazioni secondarie che non riescono più a giungere negli strati più bassi: ci protegge dai meteoriti, particelle materiali più o meno grosse che, se non sono di dimensioni eccessivamente grandi si volatilizzano negli strati superiori

dell'atmosfera per l'attrito ed il conseguente riscaldamento al quale vanno incontro: si ricondensano in seguito, ma sotto forma di una polvere estremamente fine che cade sulla superficie terrestre molto lentamente e non è quindi cagione di danno all'uomo. Questa atmosfera, oltre che una coltre protettiva, costituisce un ambiente indispensabile alle nostre condizioni di vita, soprattutto perché uno dei gas di cui essa è composta è rappresentato dall'ossigeno che è indispensabile perché si possano svolgere i processi di combustione che sono alla base di tutti i processi energetici vitali. Inoltre l'atmosfera per il peso dei gas esercita una certa pressione, condizione indispensabile perché l'acqua, elemento fondamentale in cui ha luogo la vita, si mantenga allo stato liquido e non passi allo stato di vapore.



L'allenamento di Titov al volo spaziale: in alto l'astronauta agganciato alla « centrifuga », un apparecchio che ruotando sempre più velocemente, riproduce gli effetti della accelerazione e decelerazione; in basso lo stesso Titov mentre esegue una serie di esercizi ginnici

## L'ambiente che circonda la Terra

Lo spazio interplanetario è caratterizzato da un vuoto che, ai fini fisiologici, si può ben considerare assoluto: il viaggiatore spaziale in tali condizioni verrebbe rapidamente a morte, non soltanto perché manca l'ossigeno, ma soprattutto perché l'acqua entrerebbe immediatamente in ebollizione e abbandonerebbe l'organismo sotto forma di vapore acqueo: non occorre neppure il vuoto assoluto, perché ciò si verifica; basta che la pressione scenda a meno di 46 mm. di mercurio, come si ha a oltre 20 mila metri sul livello del mare. Occorre dunque provvedere l'organismo di un'atmosfera propria artificiale, quale si può ottenere valutandosi di una cabina stagna o di un vestito a tenuta di pressione, che riproduca nelle immediate vicinanze del corpo condizioni di pressione e di contenuto in ossigeno compatibili con la vita.

Soprattutto l'ossigeno deve trovarsi ad un valore di pressione determinato, perché l'organismo umano è molto sensibile a variazioni anche piccole della concentrazione dell'ossigeno nell'aria che respira. Basta una riduzione dell'ossigeno a circa un terzo, come avviene quando ci si porta a 7 mila metri s.l.m., perché ci si trovi già al limite delle possibilità di vita: d'altra parte basta triplicare la concentrazione dell'ossigeno nell'aria perché questo gas manifesti un'azione tossica.

Il margine di tollerabilità per questa sostanza è dunque molto piccolo: per l'introduzione di un farmaco in terapia o di un additivo chimico negli ambienti si richiede un margine di sicurezza molto maggiore: si pretende cioè che una dose dieci o venti volte maggiore a quella

somministrata non sia nociva alla salute. L'ossigeno viene consumato nella misura di circa 300 litri al giorno e trasformato quasi tutto in anidride carbonica. Occorrerà quindi un continuo rifornimento di ossigeno, che può essere trasportato in bombole o, per risparmiare peso, in forma liquida, ed una rimozione continua dell'anidride carbonica, che è tossica: quando si trovi nell'aria ad una concentrazione troppo elevata.

Il problema del rifornimento di ossigeno e della rimozione dell'anidride carbonica, cioè il condizionamento dell'aria nel satellite è stato affrontato anche sotto un altro aspetto, particolarmente elegante, e tuttora in fase sperimentale: è noto che sulla superficie della Terra l'anidride carbonica, che viene prodotta nelle combustioni, viene assorbita dalle piante verdi, che, sotto l'azione della luce solare, sono capaci di staccare l'ossigeno che viene rimesso nell'atmosfera, mentre il carbonio viene utilizzato per la sintesi di materiale organico, come quello, per esempio, di cui sono costituiti i nostri alimenti: è questa la cosiddetta reazione fotosintetica, basilare per la vita di tutti gli organismi superiori vegetali e animali sulla terra.

In questi ultimi tempi è stata trovata un'alga verde, la Chlorella, nella quale il rendimento della reazione fotosintetica è straordinariamente elevato. Seicento grammi di queste alghe sospese in tre litri d'acqua e sottoposte ad illuminazione possono fornire ossigeno nella stessa misura di quello consumato da un uomo, ed assorbire altrettanta anidride carbonica. Per di più l'alga fabbrica proteine, glucidi e grassi che potrebbero essere utilizzati a scopo alimentare.

## Come, quando e cosa mangiare

Oltre a provvedere il viaggiatore spaziale di ossigeno, bisogna rifornirgli gli alimenti e l'acqua. Il fabbisogno alimentare è di circa mezzo chilo al giorno, e poiché l'organismo non può utilizzare per le proprie combustioni altro che glucidi, proteine e grassi, non è possibile ridurre il peso dell'alimento secco giornaliero al di sotto di 400-500 grammi; per di più, il cibo dovrà essere vario e dovrà contenere, oltre alle calorie, tutti quegli alimenti indispensabili, vitamine, aminoacidi, sostanze mine-

rali, per mantenere un buono stato di salute. All'alimento secco bisognerà aggiungere acqua, il cui fabbisogno è almeno di un litro e mezzo al giorno. Si tratta quindi complessivamente di circa 2 chilogrammi di alimenti per giorno di viaggio. Un notevole risparmio in peso su questo ammontare si può fare recuperando, a scopo potabile, l'acqua eliminata attraverso sostanze assorbenti e scambiatori ionici: problema questo che è stato già affrontato e in buona parte risolto.

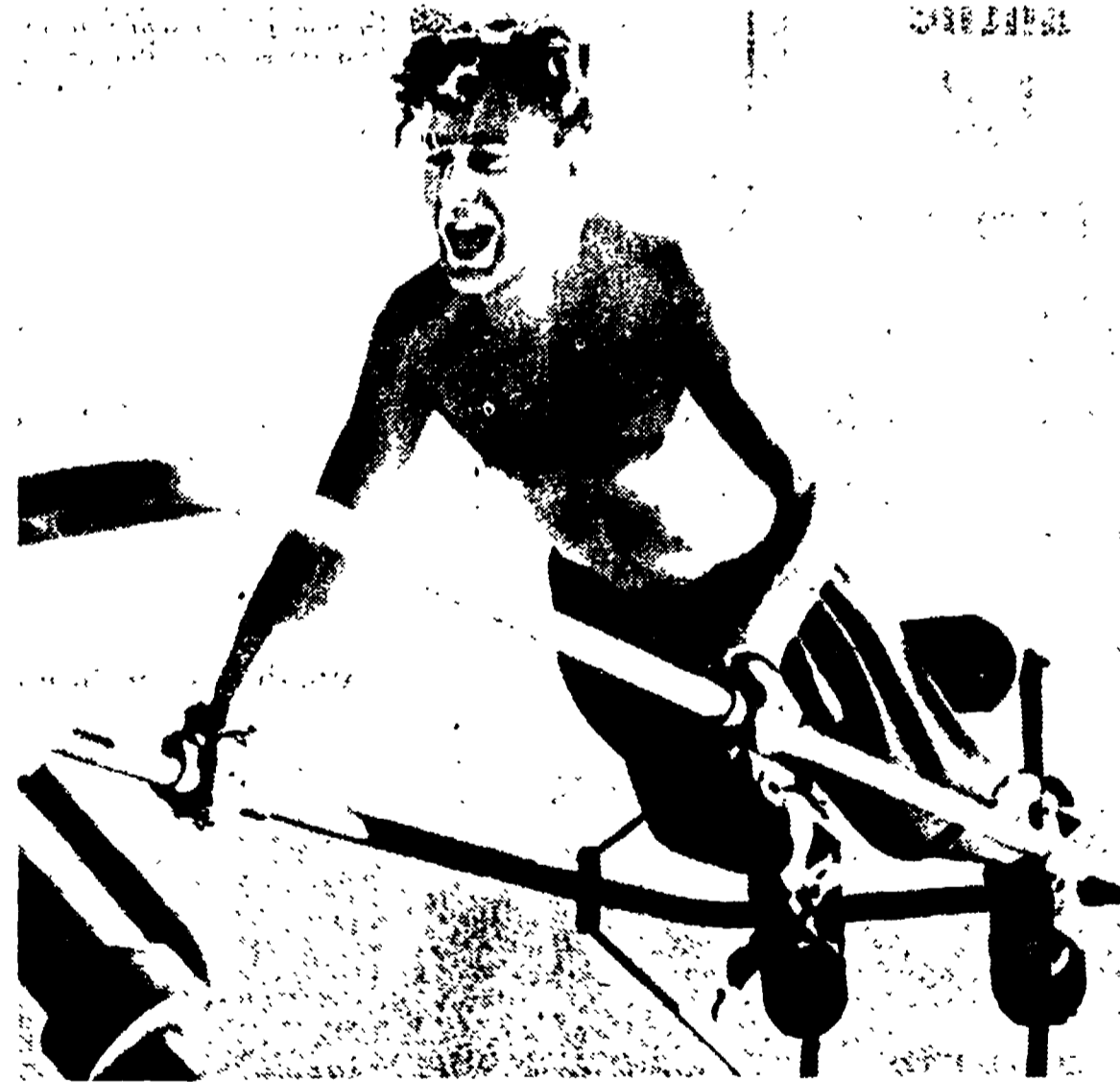
## « Zero-g. »: il lavoro non esiste

Un altro problema che solo indirettamente interessa il fisiologo, è quello del condizionamento dell'aria: normalmente il pulviscolo sospeso nell'aria tende a sedimentare ed a portarsi sul pavimento, e l'aria ne viene automaticamente depurata: nel satellite anche il pulviscolo rimane sospeso indefinidamente nell'aria e viene introdotto nei polmoni con la respirazione. Parte di questo pulviscolo può essere costituito da batteri, che possono così raggiungere nelle vie aeree una concentrazione tale da indurre uno stato di malattia.

Un altro aspetto interessante legato alla mancanza della forza gravitazionale è l'enorme risparmio di lavoro meccanico, legato alle normali condizioni di vita. Il lavoro è espresso infatti dal prodotto del peso per lo spostamento in senso verticale, in direzione cioè opposta alla forza gravitazionale: essendo il peso nullo, il lavoro è nullo in ogni condizione: nel satellite non costa lavoro sollevare, per così dire, un quintale od una tonnellata. Solo il lavoro meccanico necessario a conferire accelerazione al corpo o a parti di esso e a vincere gli attriti all'interno di un consumo energetico: ma questo non è che una frazione molto piccola del lavoro totale che si deve compiere nelle ordinarie condizioni di vita sulla Terra.

L'abitante del satellite è perciò in condizioni di favore rispetto all'abitante della Terra: è sottoposto ad un lavoro minore di quello di un individuo che sulla Terra risuona permanentemente disteso in posizione orizzontale. Il viaggiatore che torni sulla Terra da un viaggio interplanetario, si troverà a trovare in condizioni molto simili a quelle nelle quali si trova un individuo che si alza dopo una lunga degenza a letto.

La sensazione della posizione del corpo non è data soltanto da impulsi che partono dall'apparato otolitico, ma anche da impulsi che originano da tutti gli organi della sensazione periferica, cioè dai corpuscoli tattili della cute e da altri organi situati nei muscoli e nei tendini che danno il cosiddetto senso muscolare ed infine da impulsi provenienti dall'apparato visivo. Poiché nel volo spaziale mancano completamente gli impulsi gravitazionali su quali si basa, oltre che la funzione dell'apparato otolitico, quella degli organi della sensazione periferica, l'orientamento non può essere più basato che sugli impulsi che provengono dall'apparato visivo. Se si escludono anche questi ultimi impulsi, non ha più senso parlare di orientamento, come non avrebbe senso parlare di visione in un ambiente completamente buio. Gli impulsi provenienti dagli organi periferici tattili e muscolari possono



## Perché 12.000 km. al secondo?

Un satellite che giri intorno alla Terra, per mantenersi in orbita e non cadere sul nostro pianeta deve avere una velocità tale che la forza centrifuga controbilanci esattamente la forza di attrazione gravitazionale: questa velocità è di circa 8 chilometri al secondo. Per sottrarsi completamente alla gravitazione terrestre ed allontanarsi negli spazi interplanetari, occorre una velocità di almeno 12 chilometri al secondo. Per raggiungere velocità così elevate, occorre imprimere al satellite e quindi anche al suo abitante, una certa accelerazione. Ad una forza di accelerazione è sottoposto il satellite anche quando rientra sulla superficie della Terra, dovendo passare dalla velocità che gli è caratteristica

alla velocità zero. In ambedue i casi la variazione di velocità deve avvenire in un tempo relativamente lungo, cioè con un'accelerazione relativamente bassa perché l'organismo non ne subisca danni. Le elevate accelerazioni infatti si traducono sulle strutture organiche in una forza che può essere superiore alla loro resistenza meccanica. E' quel che succede quando un oggetto cade in terra e si rompe, o quando un veicolo urta contro un ostacolo: l'urto non è altro che una forte decelerazione. L'uomo può tollerare accelerazioni di tre-quattro g. (accelerazione gravitazionale terrestre) per qualche decina di secondi ed anche di 10-15 g. per un tempo più breve

## Orientamento solo visivo

essere aboliti, come si è detto, immergendo il soggetto in acqua: l'effetto della abolizione di impulsi che partono dall'apparato otolitico, può essere studiato invece soltanto su individui che abbiano avuto distrutto l'apparato otolitico. Un individuo ad apparato otolitico distrutto ed immerso in acqua, viene perciò a trovarsi nelle stesse condizioni del viaggiatore spaziale. Anche l'individuo normale che si trovi sulla Terra è completamente disorientato se limita le sue osservazioni al solo piano orizzontale, lungo il quale non agiscono forze gravitazionali: infatti se è reso impossibile il riferimento visivo con oggetti esterni, non si ha alcuna possibilità di indicare correttamente il Nord, il Sud, l'Est e l'Ovest, o qualsiasi altra direzione. Il viaggiatore interplanetario, che non è più soggetto ad alcuna forza gravitazionale, perde l'orientamento anche in senso verticale. Parlare di « alto » e « basso » in quelle condizioni non ha senso,

Le fasce di van Allen: le linee nere indicano le zone ove le radiazioni si concentrano ed i numeri che le interrompono le zone degli impulsi di queste per ogni secondo. A sinistra le fasce sono indicate con un tratteggio; a destra invece i puntini a diversa intensità intendono riprodurre, schematicamente, appunto la densità delle particelle radianti nelle varie fasce. La linea orizzontale che taglia il disegno riporta le distanze dal centro della Terra espresse in raggi terrestri (6.377 Km.)

## Infine: è il cervello che decide

Le qualità fondamentali che si devono richiedere ad un viaggiatore spaziale consistono, a mio avviso, più che nella forza e nella robustezza fisica, nell'avere un sistema nervoso centrale perfetto. Infatti come reagirà il viaggiatore spaziale ad un ambiente straordinariamente diverso da quello abituale, confinato in uno spazio ristretto nella capsula, isolato, disorientato, perché non più sottoposto alla forza gravitazionale, privato di tutti gli stimoli ai quali è normalmente condizionato? Sulla superficie della Terra siamo in grado di vivere una vita facile se lungo il corso della nostra esistenza abbiamo saputo stabilire molti ed appropriati riflessi condizionati: questi ci permettono per così dire una vita automatica, e liberano il sistema nervoso centrale del lavoro che è richiesto ogni volta che esso deve elaborare ex novo una risposta appropriata ad uno stimolo esterno. La maggior parte della nostra attività, del nostro comportamento, delle relazioni col mondo esterno, è sostenuta dai riflessi condizionati.

Una volta stabiliti questi riflessi, l'organismo ha bisogno degli stimoli che li evocano: il riflesso condizionato da soddisfazione e diventa quasi una necessità per l'individuo. Quando lo stimolo condizionato non è più seguito dallo stimolo incondizionato, il riflesso deve essere estinto, ed è necessario perciò un lavoro da parte della corteccia cerebrale diretto ad inibire il riflesso. Come si è detto, gli stimoli ai quali l'individuo è condizionato sono una necessità per un normale funzionamento del sistema nervoso centrale. Dal punto di vista fisiologico, non è concepibile l'organismo vivente a sé stante al di fuori del mondo esterno, dal quale è continuamente bombardato da stimoli; questi devono essere considerati come parte integrante dell'organismo, poiché ne condizionano, si può dire, ogni attività vitale.

Secondo Pavlov, che ha scoperto e descritto i riflessi condizionati, è questo il fenomeno fisiologico centrale dell'attività corticale; ma chi non voglia condividere integralmente l'opinione del grande fisiologo russo, non può obiettivamente negare l'importanza degli stimoli abituali che colpiscono i nostri organi di senso, e l'interesse, non solo per la vita di relazione, ma anche per la vita vegeta-

ta, che siano mantenuti i riflessi condizionati che si sono stabiliti nel corso della vita. Questi riflessi sono innumerevoli, sono in rapporto di interdipendenza gli uni con gli altri e non hanno carattere di staticità: sono invece in continuo rimangiamento ed arricchimento, e si modificano in rapporto con i mutamenti dell'ambiente. Quando gli stimoli provenienti dal mondo esterno variano troppo bruscamente, l'individuo deve, in un tempo molto breve, formarsi un gran numero di riflessi condizionati nuovi e sopprimere riflessi condizionati già esistenti. Il lavoro psichico che questo processo richiede può essere troppo grande, superiore alle possibilità: compaiono allora disturbi gravi del comportamento e delle funzioni organiche, che sono detti nevrosi, come è stato dimostrato anche sperimentalmente, oltre che sull'uomo, sugli animali.

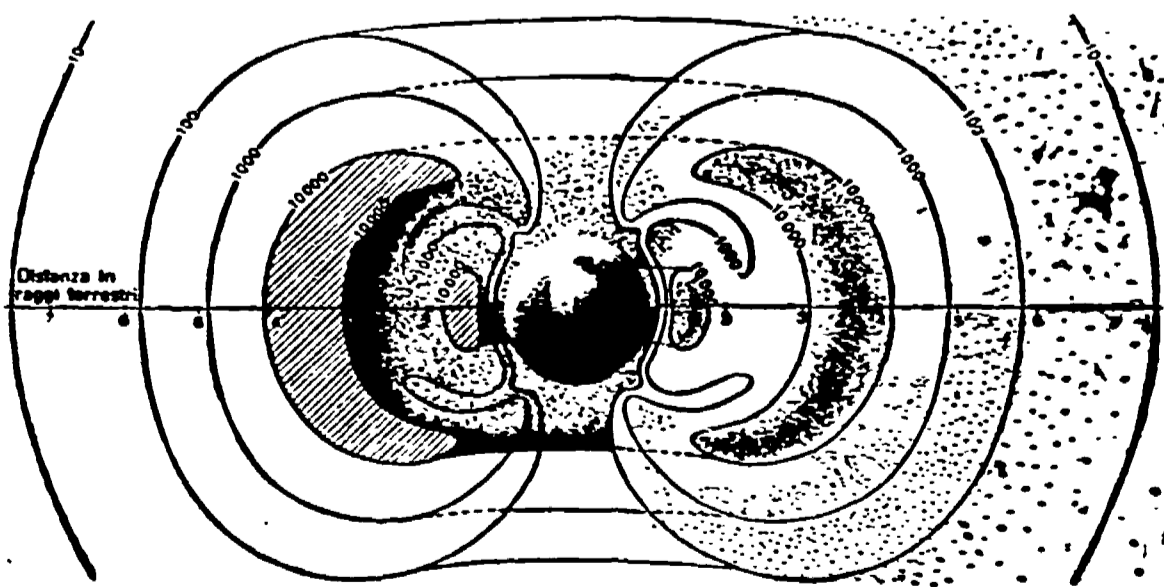
Se si pensa che l'abitante del satellite viene sottratto a quasi tutti gli stimoli che, nel corso della vita, hanno generato riflessi condizionati, poiché nel satellite oltre a mancare gli stimoli gravitazionali, mancano gli stimoli inerenti al ciclo geografico giornaliero, caratteristico del nostro pianeta, manca l'illuminazione diffusa ed il cielo azzurro, poiché manca l'atmosfera esterna che diffrange i raggi luminosi provenienti dal Sole, manca ogni stimolo sonoro dall'esterno, manca la possibilità di compiere un certo esercizio muscolare, poiché il sollevamento del proprio corpo o di parti di esso non richiede spesa energetica, manca la possibilità di uscire all'esterno, di avere rapporti con altre persone, specialmente con quelle con le quali si sono stretti rapporti affettivi ed emotivi intensi, come le persone di famiglia, quelle dello stesso ambiente di lavoro, ecc.; noi possiamo renderci conto a quale enorme sforzo nervoso è sottoposto l'individuo.

Per queste ragioni i primi abitanti dei satelliti, i primi viaggiatori interplanetari, devono avere soprattutto, a mio avviso, delle peculiarità caratteristiche di funzionamento del sistema nervoso centrale: devono essere individui con una grande elasticità nella formazione o nella inibizione dei riflessi condizionati, psichicamente stabili, relativamente freddi che non reagiscano con un eccesso di eccitazione a nuovi stimoli.

## Non sfiorare i « roghi » del Sole

Uno dei maggiori pericoli inerenti al volo spaziale è quello dovuto alle radiazioni ionizzanti. Si conosce da tempo l'esistenza di radiazioni cosmiche che attraversano lo spazio e che sono composte di elettroni, protoni o nuclei di atomi più o meno pesanti che si spostano con una velocità varia, e che quindi hanno differente contenuto energetico. Particolarmente importanti per l'alto contenuto energetico sono i nuclei pesanti che hanno una grande massa, e quindi una grande potenza ionizzante e distruttrice sulle molecole organiche e quindi sui tessuti. Queste particolari radiazioni non giungono sulla superficie della Terra perché urtano contro le molecole degli strati più periferici dell'atmo-

sfera, perdendo energia, e danno luogo ad altre radiazioni meno energetiche, le cosiddette radiazioni cosmiche secondarie. Parte di queste radiazioni cosmiche sono emesse dal Sole e sono particolarmente intense nei periodi in cui si formano le macchie solari. Per di più, sono stati messi in evidenza, in questi ultimi anni, in seguito ad osservazioni compiute sui razzi e sui satelliti lanciati nello spazio, che esistono due zone circolari attorno alla Terra nella zona equatoriale,



Le fasce di van Allen: le linee nere indicano le zone ove le radiazioni si concentrano ed i numeri che le interrompono le zone degli impulsi di queste per ogni secondo. A sinistra le fasce sono indicate con un tratteggio; a destra invece i puntini a diversa intensità intendono riprodurre, schematicamente, appunto la densità delle particelle radianti nelle varie fasce. La linea orizzontale che taglia il disegno riporta le distanze dal centro della Terra espresse in raggi terrestri (6.377 Km.)

sfiorando, ca. 30 volte superiore a quella che si ha sulla superficie terrestre al livello del mare: ma durante le eruzioni solari si possono avere radiazioni intensissime, da 10 a 400 r. per tutta la durata della eruzione. Poco si può fare per proteggerci da queste radiazioni, occorrerebbe che la parete del satellite fosse tappezzata di uno strato di parecchi centimetri di piombo: ma a questo si oppongono ovvie esigenze tecniche.