



"Un giorno Chuang Tzu si addormentò e, mentre dormiva, sognò di essere una farfalla che volava in estasi. E quella farfalla non sapeva di essere Chuang Tzu che sognava. Poi Chuang Tzu si svegliò e, a giudicare dalle apparenze, era tornato di nuovo se stesso, ma ora non sapeva se fosse un uomo a sognare di essere una farfalla o una farfalla che sognava di essere un uomo".
(Chung Tzu, La Farfalla in estasi)

Volare e conquistare la terza dimensione è sempre stato uno dei più grandi sogni dell'uomo reso possibile dai grandi traguardi della tecnica ma viaggiare nello spazio rappresenta ancora oggi, a più di 50 anni dal volo di Yuri Gagarin, sempre qualcosa di magico: io lo definisco "volare al quadrato" perché non solo si vola all'interno di un mezzo meccanico (navetta, capsula o stazione che sia), ma si ha la possibilità unica di volare con il proprio corpo intorno alla terra a 8 km/sec. Da questa posizione privilegiata lo spettacolo delle diverse zone del nostro bellissimo pianeta che scorrono sotto di noi è davvero qualcosa di unico ed emozionante: ogni continente ha propri colori tipici e unici che cambiano continuamente in tonalità mentre il giorno si succede alla notte ogni 90 minuti, 16 volte nell'arco della giornata spaziale. Esplorare lo Spazio rappresenta qualcosa di veramente affascinante non solo dal punto di vista puramente tecnico: l'ambiente spaziale è forse quanto di più ostico ed estremo si possa immaginare per la sopravvivenza della vita. L'assenza di atmosfera, le notevoli differenze di temperatura tra la parte esposta all'irraggiamento solare e quella all'ombra, le radiazioni cosmiche, i cui effetti sul corpo umano sono ad oggi ancora largamente sconosciuti, e, da ultimo, l'assenza di peso rappresentano nel loro complesso una sfida che impone lo sviluppo di nuove tecnologie e soluzioni tecniche che trovano molteplici applicazioni anche qui sulla Terra. Nulla tuttavia sarebbe possibile se l'uomo non potesse contare sull'innata capacità del proprio fisico di adattarsi a situazioni estreme. Questa flessibilità, questa straordinaria capacità di adattamento, rappresenta probabilmente il principale "atout" sul quale l'uomo può contare per continuare nella sua attività di esplorazione e nel futuro di colonizzazione del nostro sistema solare.

Maurizio Cheli
Missione STS - 75 (1996)

Foto: l'oceano indiano ripreso dalla ISS. Credits: NASA/ESA

L'Ambiente Spaziale

La gravità

"Let me blaze a trail of glory across the sky, Let me traipse across its golden high, Let me marvel in wonder and unfettered gaze. At the bigness and implausibility of being."
(Bob Geldof, Thinking Voyager 2 Type Things)

Sulla Terra tutti i corpi sono soggetti alla forza gravitazionale. Questa forza è il motivo per cui, ad esempio, un oggetto cade a terra. Tuttavia, siamo talmente abituati alla gravità che la diamo per scontata e ci sembra piuttosto naturale che un oggetto cada quando lo si lascia. E' sempre questa forza che ci tiene con i piedi per terra e che ci impedisce di sollevarci spontaneamente a mezz'aria o spiccare salti vertiginosi. La presenza costante di questa forza, sebbene non percepita, ha in effetti influito in maniera determinante sullo sviluppo e la forma di tutte le cose compreso il nostro corpo. I muscoli, i tendini, le ossa, il cuore etc. si sono sviluppati nella forma che conosciamo per "convivere" in modo ottimale con questa forza. La forza gravitazionale è una forza di attrazione che esiste tra due masse, oggetti o particelle qualsiasi. Isaac Newton scoprì che, presi due oggetti qualsiasi nell'Universo, questa forza li attrae l'uno all'altro e l'attrazione è tanto più grande quanto maggiori sono le masse degli oggetti. Al contrario quanto più sono distanti, tanto minore è l'attrazione tra di essi. Proprio per effetto della forza di attrazione gravitazionale, il Sole e tutti i pianeti si attraggono reciprocamente. Poiché il Sole possiede una massa di gran lunga superiore (1.989×10^{30} kg), la Terra (5.972×10^{24} kg) e gli altri pianeti ruotano attorno ad esso. Per lo stesso motivo, la Luna ruota attorno alla Terra che ha una massa 30 volte maggiore di quella lunare. L'attrazione della Luna si manifesta, invece, sulla Terra sotto forma di maree: la Luna attrae l'acqua degli oceani, causando l'alta e la bassa marea. La forza gravitazionale viene misurata in Newton (N) ed è il prodotto tra la massa di un oggetto e la sua accelerazione verso un pianeta. L'accelerazione gravitazionale sulla Terra è pari a 9.8 m/s^2 . Quando due oggetti cadono verso la Terra, la forza di gravità agisce su entrambi.

Se non vi sono altre forze che agiscono su di essi, gli oggetti presentano allora la stessa accelerazione. Tuttavia, nelle vicinanze della superficie terrestre sono presenti anche altre forze che agiscono sugli oggetti, come ad esempio l'attrito, causato dalla resistenza all'aria, che riduce la velocità di un oggetto in caduta. Più la superficie di un oggetto è ampia, maggiore sarà la resistenza dell'aria e di conseguenza il suo rallentamento.

La massa è la quantità di materia che un oggetto contiene e viene misurata in chilogrammi (kg). La massa di un oggetto è quindi la stessa in qualsiasi punto dell'Universo. Il peso di un oggetto è, invece, il risultato della gravità e pertanto dipende dal suo ambiente. Il peso di un oggetto sulla Terra viene misurato dalla relazione tra la massa dell'oggetto e l'accelerazione gravitazionale sulla Terra. Sulla Luna l'accelerazione dovuta alle forze gravitazionali è pari ad un sesto dell'accelerazione sulla Terra per cui, sebbene gli astronauti abbiano la stessa massa, il loro peso è un sesto di quello misurato sulla Terra. E' per questo motivo che sulla Luna gli astronauti saltano invece di camminare.



L'assenza di peso

L'assenza di peso è la condizione che sperimenta un corpo in caduta libera. La sensazione che si avverte quando si è in caduta libera è quella di fluttuare. Basti pensare a quando un ascensore comincia a scendere oppure sulle montagne russe, al momento in cui il carrello inizia la discesa. Quando un oggetto è in caduta libera continua e non vi sono forze esterne che agiscono su di esso, l'oggetto diventa privo di peso. Questo stato è denominato gravità zero. Nella realtà, tuttavia, è molto difficile eliminare completamente tutte le forze esterne. Un oggetto in orbita intorno alla Terra, infatti, sebbene a molti chilometri di distanza dal suolo, sarà soggetto ad attrito, in quanto è ancora presente una certa resistenza dovuta all'atmosfera terrestre residua. Per indicare l'ambiente a gravità ridotta è quindi più corretto utilizzare il termine microgravità. Questa condizione non è riproducibile a Terra e dunque per studiare alcuni fenomeni legati ad essa si utilizzano delle condizioni che simulano, ovvero ne riproducono parzialmente gli effetti.

Foto: l'astronauta americano Neil Amstrong salta sul suolo lunare durante la Missione Apollo 11, nel luglio 1969. Credits: NASA

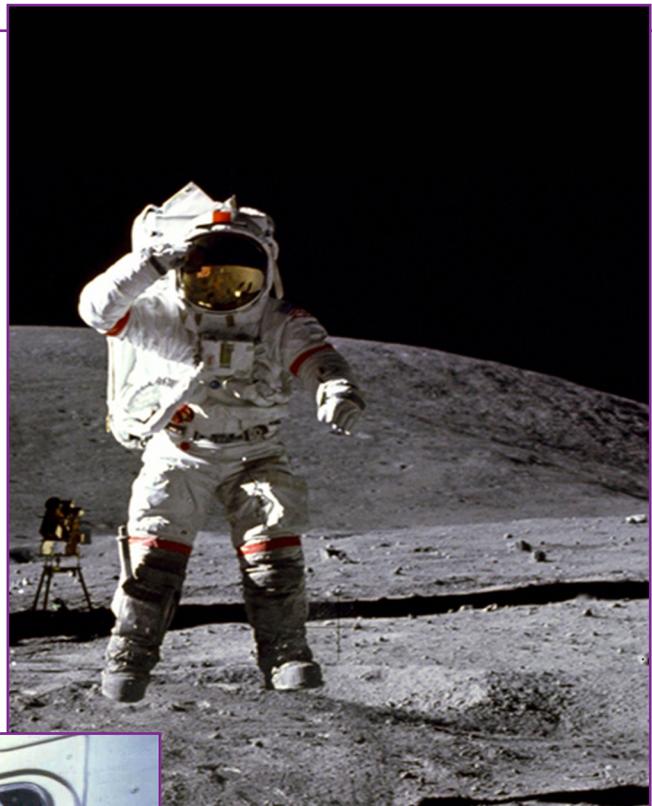


Foto pag. accanto: le due galassie a spirale delle Antenne in collisione. Credits: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO) e NASA/ESA Hubble Space Telescope

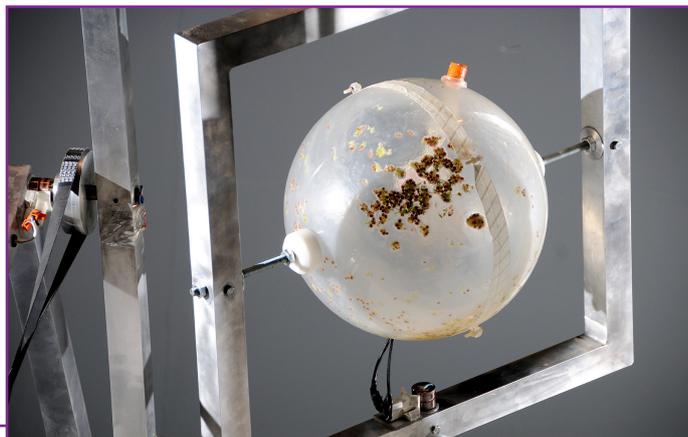


Foto: l'astronauta italiano Franco Malerba a bordo dello Space Shuttle durante la Missione STS-46 del 1992. Credits: NASA

Bed Rest

Il Bed-Rest è un modello di studio a terra utilizzato comunemente dalla comunità scientifica internazionale per simulare gli effetti fisiologici dell'assenza di peso sull'organismo. Si tratta di un allettamento di volontari sani per un periodo variabile (normalmente dai 7 ai 120 giorni) utilizzato, in particolare, per lo studio del sistema muscolo-scheletrico e cardiaco. Nella modalità head-down (testa in giù), al soggetto è richiesto di giacere in posizione supina in un letto che forma un angolo di 6° rispetto all'orizzontale, in modo da avere una redistribuzione dei fluidi corporei (analoga a quella osservata in assenza di peso) dalla parte inferiore alla parte superiore del corpo e di poterne studiare gli effetti sull'uomo. Il Bed Rest è facilmente ripetibile e relativamente poco costoso.

Foto: il sonno a bordo della ISS dell'astronauta italiano Luca Parmitano, durante la Missione Volare. Credits: Nasa/ESA



Clinostato e Random Positioning Machine (RPM)

A terra non è possibile ricreare condizioni di vera e propria microgravità, ma solo simularla in apparecchiature come clinostato a rotazione veloce (a due assi di rotazione) o l'RPM (a tre assi di rotazione), che permettono di condurre esperimenti su culture cellulari. Nella RPM il sistema è sottoposto ad una randomizzazione del vettore gravitazionale per cui, idealmente, la sua risultante tende a zero nel corso del tempo. Nel clinostato, invece, attraverso la rotazione del sistema viene simulata la caduta libera degli oggetti. Gli effetti scalari della forza peso, come la formazione di una pressione idrostatica, non sono però eliminabili da queste apparecchiature, per cui i risultati ottenuti in microgravità simulata devono essere considerati con le dovute cautele.

Voli parabolici

Immaginate di essere su un aereo non molto diverso da un normale volo di linea. Immaginate che il velivolo cominci ad alzarsi mantenendo un'inclinazione di 45° con una velocità e un'accelerazione tali da tenervi incollati al sedile. Il tutto per una durata di circa 30 secondi. Immaginate poi, una volta in quota, di sentire spegnere i motori e di iniziare a precipitare verso terra. All'apice della parabola e sino a che non inizia la discesa vi è un momento di circa 20-30 secondi di caduta libera durante i quali sperimentereste quello che gli astronauti vivono ogni giorno sulla Stazione Spaziale, ovvero l'assenza di peso. Per provare l'esperienza della gravità zero, dunque, basta fare un giro su un volo parabolico! Un aereo che sale e poi scende segue una traiettoria a parabola e attraversa fasi di gravità maggiori e fasi di gravità ridotta. I voli parabolici offrono la possibilità di condurre esperimenti scientifici in assenza di peso e testare nuove tecnologie, strumenti e materiali da utilizzare nello Spazio. Questi voli vengono usati dagli astronauti anche come "palestra" perché permettono loro di sperimentare le condizioni di assenza di peso prima di partecipare ad una missione nello Spazio.

Foto: Boeing 747 utilizzato per i voli a Zero G. Credits: Nasa/ESA

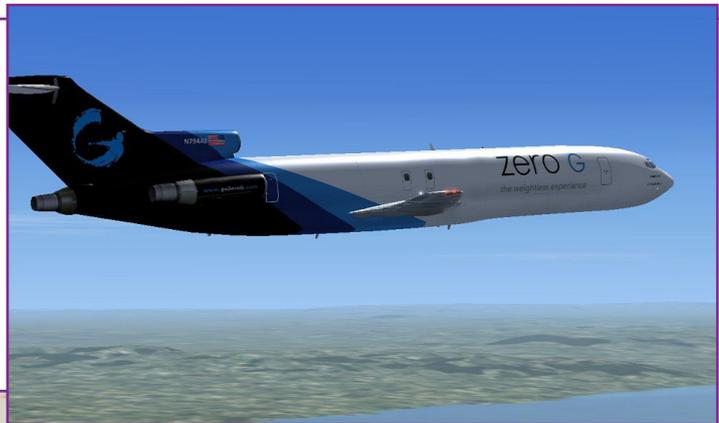


Foto: l'astronauta italiana Samantha Cristoforetti durante un training a Zero G degli astronauti ESA. Credits: ESA

Lo sapevate che...

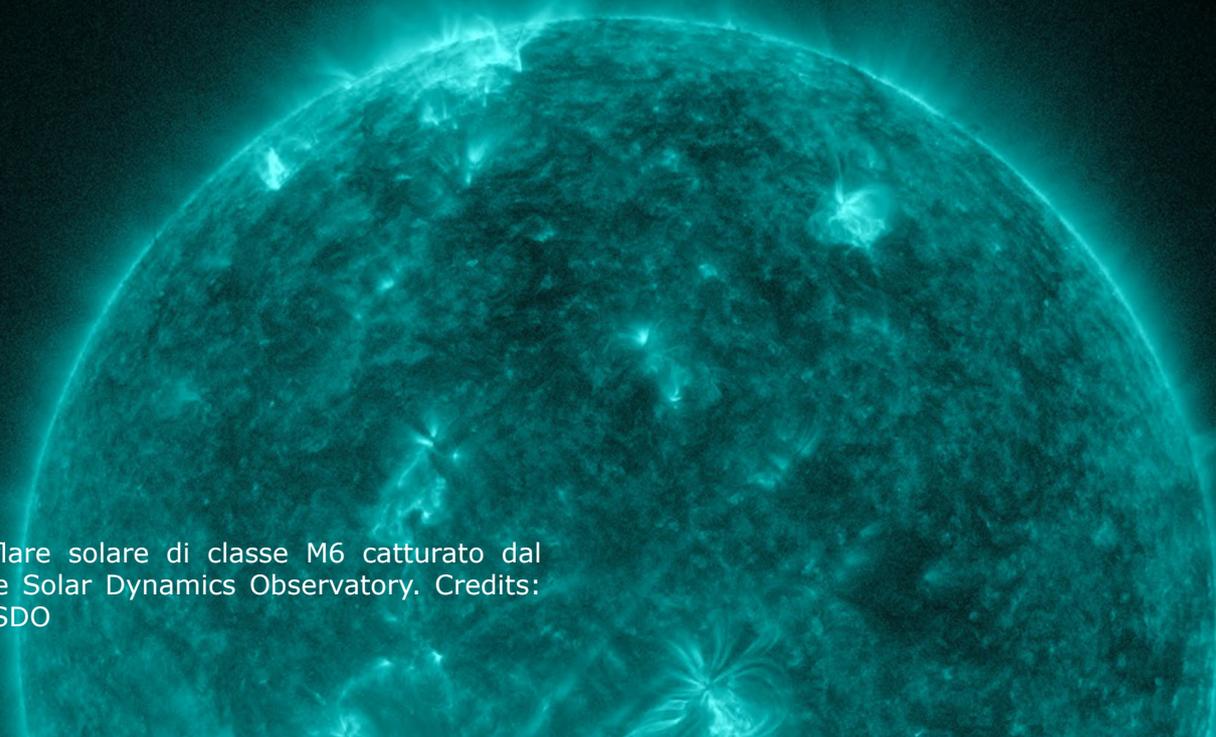
Per convenzione esprimiamo il peso in Kg anziché in Newton (N) perché in realtà traduciamo tale forza in un'altra unità di misura, il "Chilogrammo Peso" (kgp o semplicemente kg), che equivale a circa 9,81 N (1 g). Pertanto, sulla Terra un uomo con massa di 70 kg pesa ($70 \cdot 9,81$) 686,5 N o 70 kgp ($686,5/9,81$). Su Marte, invece, lo stesso uomo di massa 70 kg pesa ($70 \cdot 3,7$) 259 N o 26,4 kgp ($259/9,81$).

Le radiazioni

L'uomo si è evoluto per vivere in un ambiente protetto dalle radiazioni provenienti dal Sole e dallo spazio esterno. La Terra ci protegge da queste radiazioni potenzialmente letali in due modi. L'atmosfera ci protegge tramite il suo strato di ozono, che assorbe il 97% delle radiazioni ultraviolette (UV) del Sole. Per nostra fortuna buona parte di esse non oltrepassa un semplice schermo di vetro o un leggero indumento. Dunque nello Spazio i raggi UV non costituiscono un problema all'interno del veicolo spaziale e, durante il lavoro all'esterno della navicella, la tuta spaziale degli astronauti li protegge adeguatamente. Ma dallo Spazio provengono anche altri tipi di radiazioni, che, in dosi elevate, possono essere nocive, o addirittura letali per le nostre cellule: le radiazioni ad alta energia, composte principalmente da raggi X, raggi gamma e raggi cosmici. Ancora una volta è il nostro pianeta a proteggerci dalle radiazioni ad alta energia. Il nucleo della Terra, infatti, crea uno scudo magnetico noto come magnetosfera, che circonda la Terra e riflette la maggior parte delle radiazioni cariche provenienti dal Sole. Le dosi di radiazione vengono misurate in unità chiamate sievert (Sv). Gli scienziati stimano che una persona riceva in media

sulla Terra circa 2,5 mSv all'anno. Questo livello è così basso da essere considerato sicuro. Un soggiorno di sei mesi sulla ISS espone però l'equipaggio ad una dose equivalente a 600 radiografie al torace! Ecco perché la quantità di radiazioni cui sono sottoposti gli astronauti sulla ISS viene monitorata molto attentamente e su base giornaliera. Un viaggio di andata e ritorno su Marte esporrebbe gli astronauti ad una dose di radiazioni pari al limite massimo per l'intera vita di una persona, sottoponendoli ad un rischio elevatissimo di sviluppare il cancro. Storicamente due fattori hanno contribuito a rendere i livelli di esposizione alle radiazioni al di sotto della soglia di allarme: le relativamente spesse pareti delle navicelle spaziali e la breve durata delle missioni. La programmazione di lunghi periodi di permanenza nello Spazio deve, pertanto, necessariamente accompagnarsi all'individuazione di nuove e più efficienti contromisure in grado di bilanciare l'azione della radiazione cosmica. Il primo passo consiste nell'individuazione di nuovi materiali con proprietà schermanti migliori, ma che siano al tempo stesso leggeri in modo da poter essere impiegati come elementi strutturali delle navicelle spaziali.

Foto: flare solare di classe M6 catturato dal satellite Solar Dynamics Observatory. Credits: NASA/SDO



L'effetto delle radiazioni sugli esseri viventi

Le particelle energetiche costituiscono un potenziale rischio per la salute, poiché possono danneggiare le cellule. Qualunque danno causato alle molecole, soprattutto al DNA, può avere conseguenze per il futuro della cellula e per la sua capacità di dividersi e di mantenere la propria struttura. Una cellula danneggiata, infatti, innesca meccanismi di autoriparazione, ma se il danno è troppo grave, va incontro a morte cellulare. Inoltre, se i meccanismi di riparazione non sono completamente efficienti e la cellula danneggiata continua a riprodursi il difetto si propaga compromettendo la funzionalità dell'organo o del tessuto di cui è parte costitutiva.

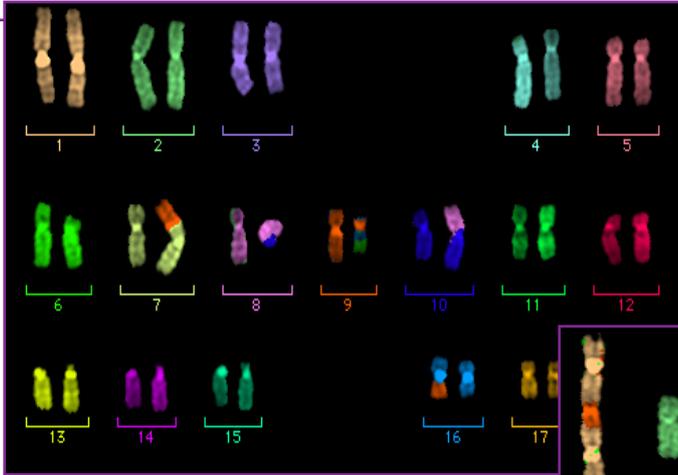


Foto: cariotipo di linfociti umani da sangue periferico dopo esposizione a ioni pesanti in acceleratori di particelle che simulano la radiazione cosmica. Nelle figure possono essere individuate diverse aberrazioni cromosomiche come "salti di colore". Credits: M. Durante, GSI Darmstadt

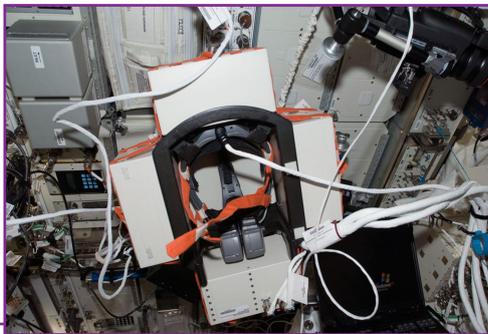
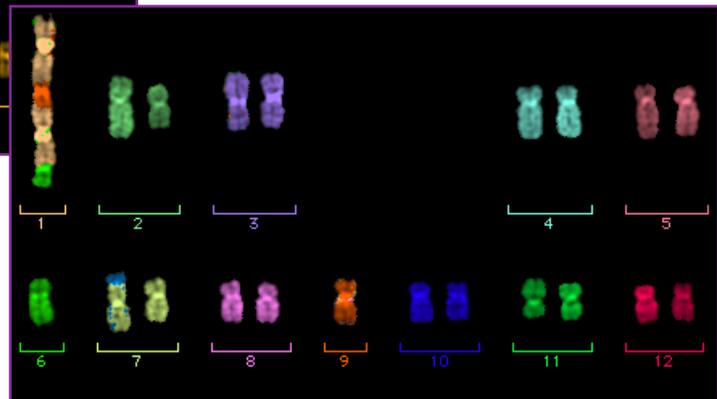


Foto: lo strumento ALTEA dell'ASI a bordo della ISS. Credits: ESA

Interazione tra radiazione cosmica e sistema nervoso: l'esperimento ALTEA

La percezione di improvvisi lampi di luce è un'esperienza descritta da molti astronauti. Questo fenomeno ha generato un'intensa sperimentazione finalizzata ad analizzare gli effetti dell'esposizione diretta ai raggi cosmici sul sistema nervoso e, più in particolare, sul sistema visivo. Si tratta di lampi simili alle percezioni visive che abbiamo normalmente e quindi non rappresentano un pericolo? Possono costituire un pericolo ed implicare un danno a livello della retina? Al fine di rispondere a questi interrogativi, gli scienziati hanno programmato varie strategie per misurare le radiazioni nello Spazio, con la finalità di ottenere una valutazione oggettiva del fenomeno originariamente descritto dagli astronauti. L'esperimento ALTEA nasce proprio da questa esigenza di misurare e caratterizzare la radiazione cosmica all'interno della ISS e, allo stesso tempo, di indagare gli effetti di questa radiazione sul sistema nervoso centrale degli astronauti, focalizzandosi sull'interazione dei raggi cosmici con il sistema visivo.

L'atmosfera

Con il termine atmosfera indichiamo l'insieme dei gas che circondano un corpo celeste e che, a causa della forza di gravità, rimane perfettamente aderente alla superficie del corpo stesso accompagnandolo nei suoi movimenti nello Spazio. La composizione dell'atmosfera terrestre è oggi ben conosciuta: l'aria è una soluzione di vari gas: azoto (78% del volume), ossigeno (21%), anidride carbonica (0,03%) e gas rari (in quantità trascurabile). Essa, inoltre, non è mai completamente secca e contiene quantità variabili di vapore acqueo, che si concentra negli strati bassi dell'atmosfera e la cui concentrazione può variare notevolmente; il vapore acqueo è il responsabile della formazione delle nubi e delle precipitazioni. Esso proviene per la maggior parte dall'evaporazione delle acque superficiali, oceaniche e continentali e, in parte, è prodotto dagli esseri viventi nei processi respiratori e nella traspirazione. Esiste un equilibrio chimico nell'atmosfera, per cui la percentuale dei singoli gas rimane invariata, nonostante il fatto che alcuni di essi vengano impiegati nei cicli biologici; tale equilibrio è oggi minacciato dall'emissione nell'atmosfera di gas prodotti dalle attività umane, che tendono a provocare variazioni nella composizione chimica dell'atmosfera inquinandola. Si può affermare che non esiste un limite superiore netto dell'atmosfera, ma essa sfuma gradualmente verso lo Spazio

vuoto. Poiché l'atmosfera ha caratteristiche diverse di temperatura, di densità, di composizione, a mano a mano che dal suolo si sale a livelli più elevati, è possibile distinguere in essa una struttura a zone concentriche, differenziate e separate da intervalli di discontinuità. Dal basso verso l'alto si succedono troposfera, stratosfera, mesosfera, termosfera e esosfera.

La troposfera, a causa della forza di gravità, è la fascia più densa dell'atmosfera, in essa, infatti, si concentrano i 3/4 dell'intera massa gassosa atmosferica; è la zona in cui si verificano tutti gli eventi di carattere meteorologico come vento, nubi e precipitazioni e, poiché è la zona che influisce più direttamente sulle condizioni climatiche e meteorologiche della Terra, è la più studiata e la meglio conosciuta. È caratterizzata da una progressiva diminuzione della temperatura con l'altezza. La stratosfera avvolge la Terra sino ad un'altezza di circa 50 Km; è costituita da gas stratificati a seconda del loro peso specifico, ma manca l'anidride carbonica, troppo pesante per rimanere sospesa a un'altezza così elevata e contiene pochissimo vapore acqueo. È caratterizzata da un gradiente termico verticale, vale a dire che, a differenza di quanto accade nello strato inferiore, la temperatura in essa tende ad aumentare leggermente con la quota. Questo aumento è dovuto alla presenza dello strato di ozono, le cui

molecole, dissociandosi per effetto della radiazione solare, liberano calore. La mesosfera si estende fino a un'altezza di circa 80 Km; i gas in essa sono rarefatti ed è nella mesosfera che si disintegra la maggior parte dei meteoriti provenienti dallo Spazio esterno. La termosfera è la zona compresa fra gli 80 e i 600 Km circa. Questa è spesso chiamata ionosfera, perché i gas presenti non sono allo stato molecolare, come accade per

le zone inferiori dell'atmosfera, ma allo stato di ioni, cioè di particelle elettricamente cariche. La causa di questa ionizzazione va ricercata nelle radiazioni solari e cosmiche che continuamente urtano le molecole. Nella ionosfera hanno luogo i fenomeni luminosi noti come aurore polari. L'esosfera è la zona più esterna dell'atmosfera; si estende oltre i 600 Km di altezza e manca di un vero e proprio limite superiore.

L'ozono in atmosfera

L'ozono è un gas le cui molecole sono formate da tre atomi di ossigeno. E' un gas essenziale alla vita, perché in grado di assorbire la radiazione ultravioletta impedendole di provocare danno agli esseri viventi. Con il termine buco dell'ozono indichiamo una riduzione dello strato di questo gas provocato dall'emissione in atmosfera di inquinanti associati alle attività dell'uomo. Su Marte, a causa dell'estrema scarsità di ozono, le radiazioni ultraviolette solari raggiungono la superficie del pianeta, risultando letali per ogni forma di vita fino ad oggi conosciuta.

Foto: immagine del più grande buco dell'ozono sopra l'Antartico mai registrato (Settembre 2006). Credits: NASA

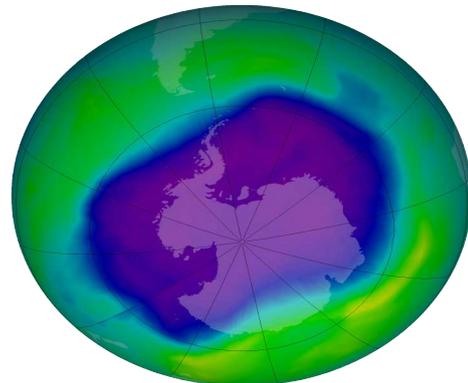


Foto: l'aurora polare vista dalla ISS. Credits: NASA

Le aurore polari

Le aurore polari sono conseguenze spettacolari dell'interazione tra particelle solari e gas presenti nelle regioni alte della nostra atmosfera. L'arrivo dal Sole di particelle cariche provoca la ionizzazione degli atomi nella zona più esterna dell'atmosfera terrestre e l'emissione di una luce tenue e colorata. Il fenomeno si osserva solo nelle zone polari, dove i corpuscoli solari, a causa della forma del campo magnetico terrestre vengono convogliati e riescono a penetrare l'atmosfera.

Ma nello Spazio?

Nello Spazio non vi è atmosfera e dunque non vi sono le condizioni per la vita quale noi la conosciamo. E' per questo che abbiamo bisogno di ricreare un'ambiente adeguato. Nel caso della Stazione Spaziale Internazionale, ad esempio, il "sistema di supporto vitale" provvede a controllare le condizioni atmosferiche, la pressione, il livello di ossigeno, l'acqua e la presenza di eventuali fiamme libere. Il suo scopo è mantenere le condizioni atmosferiche ma raccoglie, processa e immagazzina anche parte degli scarti della stazione. Per esempio, il sistema ricicla i fluidi provenienti dai servizi igienici e condensa il vapore acqueo. L'anidride carbonica viene rimossa dall'aria dal sistema posto nel modulo Zvezda. Altri sottoprodotti del metabolismo umano, come il metano dagli intestini e l'ammoniaca dal sudore, vengono rimossi con filtri a carbone attivo. L'ossigeno è prodotto dall'elettrolisi dell'acqua. L'atmosfera a bordo della ISS è simile a quella terrestre e si compone di una miscela di azoto e ossigeno ad una pressione pari al valore della pressione atmosferica al livello del mare. Questa scelta garantisce il comfort dell'equipaggio e assicura una maggiore sicurezza rispetto ad un'atmosfera composta unicamente da ossigeno puro, a maggior rischio di incendio: un incidente di questo tipo causò la morte dell'equipaggio dell'Apollo 1.



Foto: l'astronauta italiano Maurizio Cheli a bordo dello Shuttle durante la missione STS -75. Credits: NASA/ESA



Foto: gli interni della ISS. Credits: NASA/ESA

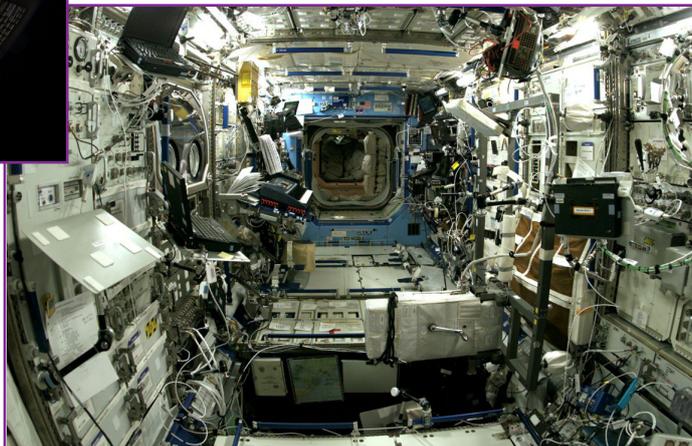




Foto: la Stazione Spaziale Internazionale. Credits: NASA/ESA

Scrivi qui i tuoi appunti





