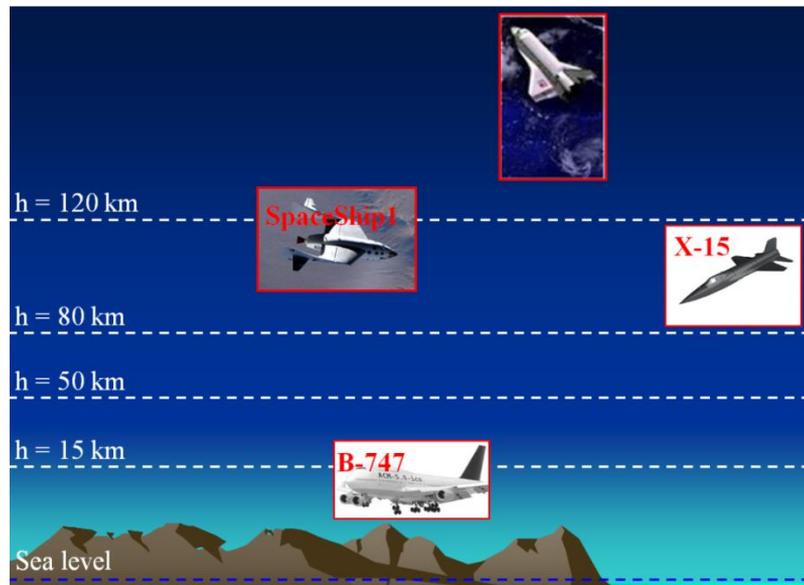


**L'Esplorazione dello Spazio**  
**La vita degli astronauti sulla Stazione Spaziale**  
**Internazionale**

*E. Pensavalle*

## Lo spazio sopra di noi



Al di sotto dei 120 km circa, siamo all'interno della cosiddetta fascia aerospaziale. Tra i 120 e i 17 km di quota troviamo il mondo popolato dai veicoli suborbitali, mentre a quote inferiori ai 17 km siamo nel mondo strettamente aeronautico, occupato dai velivoli commerciali e militari.

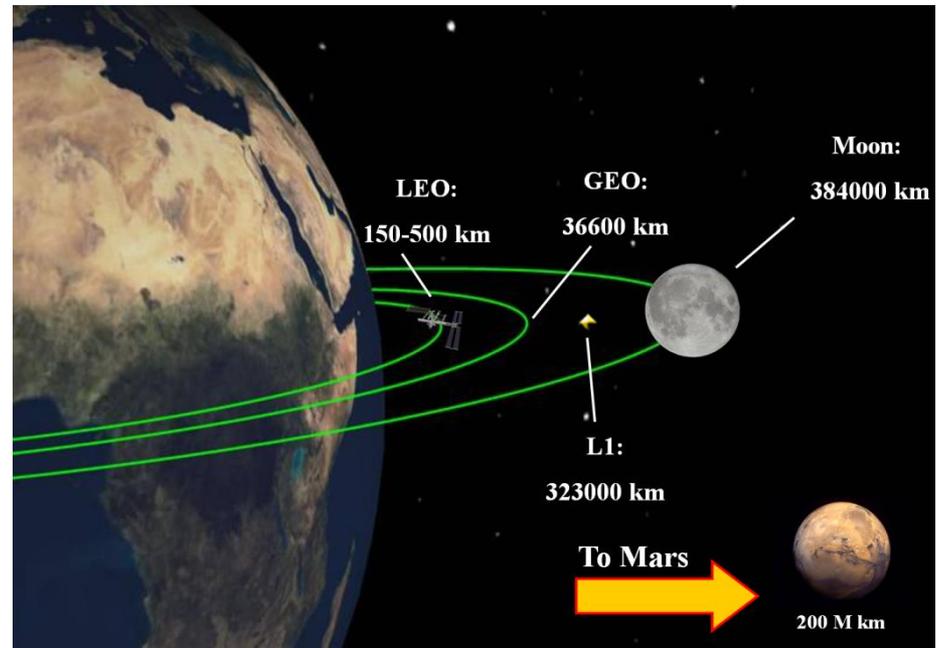
Già nel dopoguerra, con l'X-15 è stato possibile raggiungere i 110 km di quota; allo stato attuale veicoli come Space Ship 1 o RocketPlane consentono di sperimentare per un breve intervallo di tempo l'assenza di gravità eseguendo voli parabolici il cui vertice è posto a circa 80 km di quota.

Un nuovo settore si sta quindi affermando nella fascia aerospaziale: quello dei voli suborbitali di macchine ipersoniche.

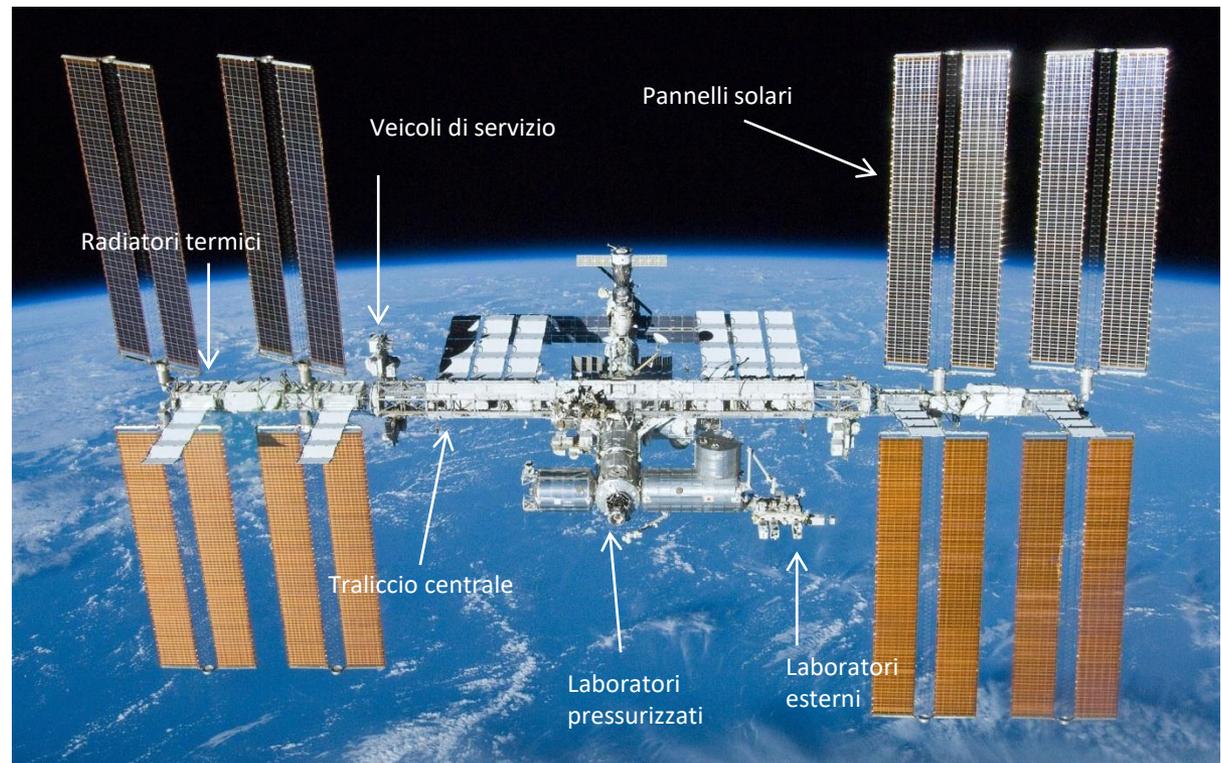
## Lo spazio sopra di noi

A quote superiori ci sono le orbite LEO (orbita terrestre bassa): la Stazione Spaziale Internazionale si trova su una di queste, ad una quota di circa 400 km. A causa della presenza di atmosfera residua, sebbene molto rarefatta, l'attrito aerodinamico frena i satelliti in orbita costringendo a periodiche manovre di reboost per mantenere la quota richiesta e non precipitare sulla Terra. La velocità che serve per l'immissione in orbita LEO risulta pari a circa 28.000 Km/h (~7,8 Km/sec), mentre per abbandonare l'orbita terrestre servono almeno 40.000 Km/h (~11,2 Km/sec).

Ad una quota di 36,600 Km troviamo le orbite geostazionarie, indicate con GEO (orbita geostazionaria). Tali orbite sono caratterizzate dal fatto che la velocità angolare di rotazione di un satellite è esattamente pari alla velocità angolare di rotazione terrestre, dunque un'eventuale antenna montata su di esso si troverà a puntare sempre la stessa porzione di superficie terrestre.



## La Stazione Spaziale Internazionale (ISS)



*Courtesy of NASA*



## **La Stazione Spaziale Internazionale**

*Courtesy of NASA*



S122E009957

Courtesy of NASA

La stazione orbita attorno alla Terra a 28.800 Km/h, ad un'altezza di circa 400 Km, e impiega 90 minuti ad effettuare un giro completo. Le sue dimensioni sono vicine a quelle di un campo di calcio.

## La Stazione Spaziale Internazionale

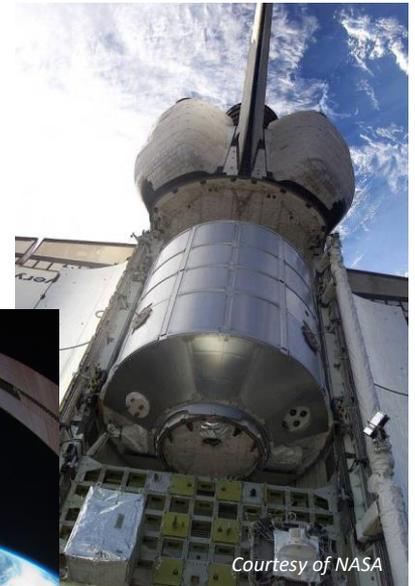
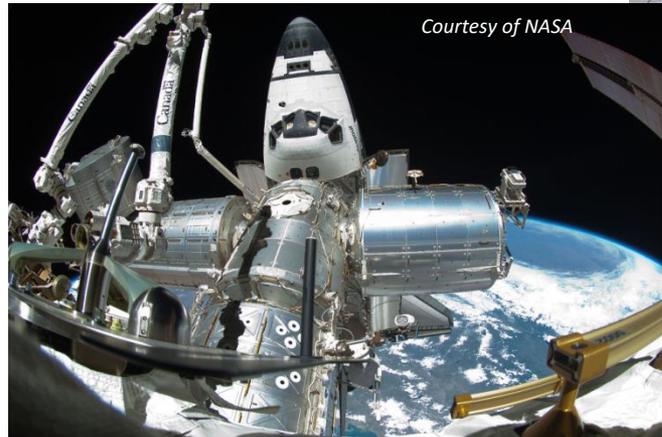
Costruita a partire dal 1998 (STS-88), dovrebbe restare in funzione almeno fino al 2030, ma la durata potrebbe essere estesa se tutti i paesi che partecipano all'impresa decideranno in tal senso.



## L'assemblaggio della Stazione Spaziale Internazionale

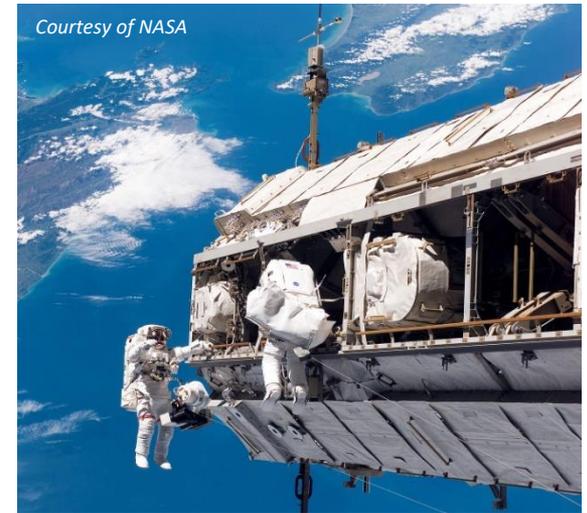


La Stazione Spaziale Internazionale è stata assemblata utilizzando principalmente voli dello Space Shuttle.





## L'assemblaggio della Stazione Spaziale Internazionale



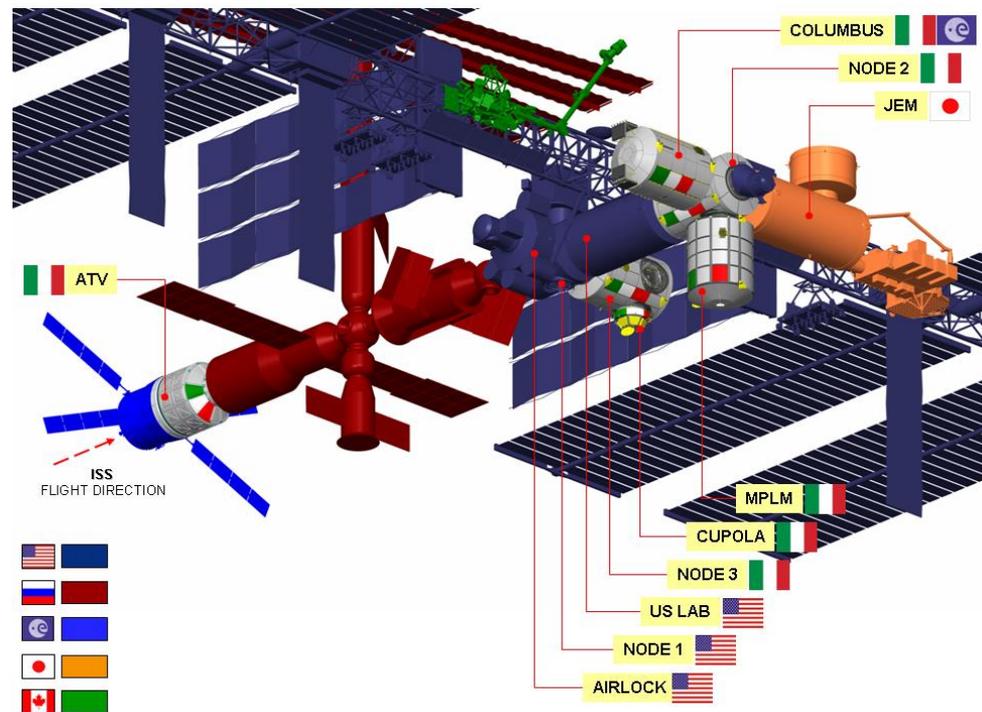
Il montaggio delle varie parti è stato realizzato tramite braccia robotiche e un grande numero di attività extraveicolari (EVA) effettuate dagli astronauti.

## La Stazione Spaziale Internazionale: i principali partners

- Stati Uniti d'America
- Russia
- Europa
- Giappone
- Canada

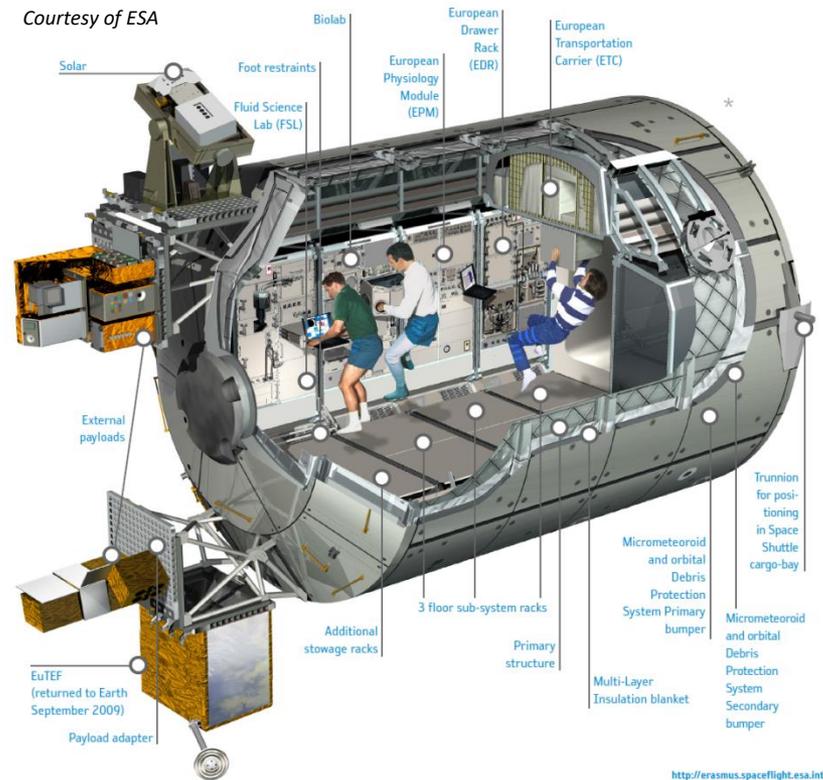
L'Italia ha avuto un peso estremamente rilevante nella realizzazione della ISS.

Il 50% della parte abitata è stato realizzato a Torino.



## La Stazione Spaziale Internazionale: i moduli pressurizzati

La stazione è occupata stabilmente da novembre 2000, con l'alternanza di oltre 200 astronauti. Originariamente l'equipaggio era composto da soli tre membri, mentre oggi gli astronauti ospitati contemporaneamente dalla ISS sono sei.





*Courtesy of NASA*

**La Stazione Spaziale  
Internazionale: i moduli  
pressurizzati (Columbus)**

## La vita sulla Stazione Spaziale Internazionale: il lavoro



*Images courtesy of NASA*



Lavorare a bordo della Stazione Spaziale vuol dire occuparsi delle operazioni di missione (arrivo e partenza di veicoli, attività extraveicolari, gestione delle risorse, etc.), degli esperimenti scientifici, della pulizia dell'ambiente, e della manutenzione dei sistemi.

Naturalmente, fino al 2011, le operazioni di assemblaggio hanno rappresentato una quota importante delle attività degli astronauti.

## La vita sulla Stazione Spaziale Internazionale: il lavoro



Le attività possono richiedere il coordinamento di più astronauti, oppure possono essere svolte da un solo membro dell'equipaggio.



ISS018E006457

*Images courtesy of NASA*

## La vita sulla Stazione Spaziale Internazionale: il lavoro



*Images courtesy of NASA*



Ogni astronauta, seppur specializzato in qualche mansione particolare, deve essere in grado di cavarsela in tutte le situazioni che la permanenza in orbita può presentare.

## La vita sulla Stazione Spaziale Internazionale: il cibo



Il cibo per lo spazio può essere in scatola o avvolto in fogli di alluminio. Può inoltre essere liofilizzato, a basso contenuto di umidità, precotto o disidratato (privato del contenuto d'acqua). Se il cibo è disidratato, gli astronauti possono consumarlo solo dopo avervi aggiunto dell'acqua calda.

Oggi i pasti nello spazio sono simili a quelli che consumiamo tutti i giorni sulla Terra: verdure surgelate e dessert, cibi refrigerati, frutta e latticini (il menù a bordo della Stazione Spaziale Internazionale comprende più di 100 piatti). Sono previsti tre pasti al giorno, oltre agli snack che possono essere consumati in qualsiasi momento della giornata.



*Images courtesy of NASA*

## La vita sulla Stazione Spaziale Internazionale: il cibo



A bordo sono disponibili dei forni per riscaldare i cibi alla giusta temperatura. Anche molte bevande sono in forma disidratata e vanno da tè e caffè, a succo d'arancia, cocktail alla frutta e limonata.



L'assenza di gravità riduce le sensazioni gustative; tutti i cibi per la Stazione Spaziale sono allora appositamente resi più saporiti.

I cibi solidi sono serviti su un vassoio magnetico dove sono attaccate le posate, mentre bevande e zuppe si sorseggiano tramite cannuce.



*Images courtesy of NASA*

## La vita sulla Stazione Spaziale Internazionale: il cibo



L'acqua che bevono gli astronauti a bordo della ISS è quella che si ottiene attraverso il sistema di riciclo della Stazione, che rigenera principalmente l'umidità presente nell'aria e l'urina.

Ad esempio, l'unità russa può produrre 24 kg di acqua al giorno, che viene purificata e utilizzata per berla o nella preparazione degli alimenti.

I veicoli cargo che arrivano dalla Terra portano taniche da 400 litri di acqua fresca, prelevata dall'**Acquedotto di Torino** per la parte russa della Stazione e dal **Pian del Mussa** per la parte americana e europea.

## La vita sulla Stazione Spaziale Internazionale: il riposo

La ISS gira in orbite attorno alla Terra ad una velocità talmente elevata che si può vedere sorgere e tramontare il Sole molte volte nel corso delle 24 ore. Questo fenomeno, che può risultare affascinante, si trasforma in poco tempo in una «tortura», perché può sorgere il Sole quando ci si sta coricando, oppure mentre si dorme può sorgere il Sole almeno altre due o tre volte.

Un secondo problema legato al sonno è che il corpo è abituato ad addormentarsi quando è sdraiato e i muscoli si rilassano, mentre in microgravità questa sensazione è assente. In più gli astronauti sono costretti a legarsi al letto con delle cinghie (fattore che può essere insopportabile per alcuni) per potere dormire senza il rischio di muoversi galleggiando nell'aria o per frenare la fluttuazione della testa e delle braccia.



*Courtesy of NASA*

L'ambiente della Stazione è inoltre abbastanza rumoroso a causa dei tanti impianti in funzione.

È importante che gli astronauti dormano in posizioni ben aerate, altrimenti possono trovarsi in debito di ossigeno a causa della bolla di anidride carbonica che si forma attorno alla loro testa durante la respirazione.

## La vita sulla Stazione Spaziale Internazionale: l'igiene

Vivere in una stazione spaziale è un po' come vivere nel deserto. L'acqua disponibile è molto poca e ogni goccia è preziosa.

Per lavarsi, gli astronauti usano salviettine umidificate e insaponate. Non si lavano neanche i piatti sporchi, i contenitori di cibo usati e gli indumenti: vengono tutti schiacciati e gettati via.

Tutte le operazioni che implicano una produzione di detriti (ad esempio tagliare i capelli) impongono l'uso di aspiratori per evitare qualunque dispersione nell'ambiente.



*Courtesy of NASA*

## La vita sulla Stazione Spaziale Internazionale: l'igiene

La toilette utilizza uno scarico ad aria invece che ad acqua per l'eliminazione delle feci.

L'equipaggio ha a disposizione un tubo con un imbuto per l'urina.

L'urina degli astronauti viene purificata e riciclata.

Feci e oggetti da buttare (per esempio indumenti sporchi e strumenti rotti) vengono accatastati nella stiva dei veicoli automatici di rientro.

Quando un veicolo è pieno, viene lasciato cadere sulla terra e si disintegra in atmosfera.



Courtesy of NASA

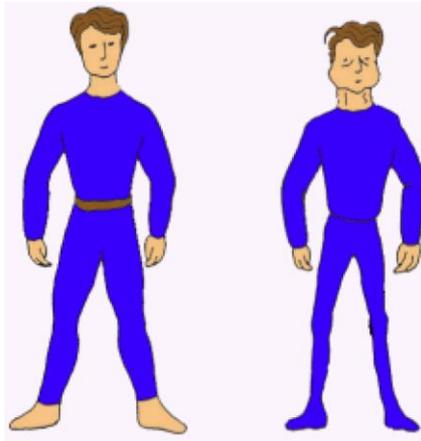
## **Effetti negativi della permanenza in assenza di gravità**

- Alterazioni del sistema cardiovascolare (la massa di liquido sanguigno si ridistribuisce in un modo diverso che sulla Terra, in quanto la gravità trattiene la maggior parte del liquido negli arti inferiori, il cuore diventa più sferico);
- Spostamento liquidi (aumento di liquido nella testa);
- Perdita liquidi e concentrazione sali;
- Alterazioni dell'apparato respiratorio (congestione polmonare e congestione nasale, che nei primi giorni di permanenza causano un disturbo respiratorio, con sensazione di soffocamento);
- Perdita di densità ossea (alterazione del meccanismo di rinnovo dello scheletro);
- Perdita di massa muscolare (i muscoli non hanno più lo stimolo alla contrazione per mantenere l'equilibrio e tendono ad atrofizzarsi);
- Diminuzione delle difese immunitarie causata da stress;
- Stress dei bulbi oculari, cioè il rapido invecchiamento dell'occhio dovuto all'aumento di pressione nel bulbo;
- Attenuazione delle sensazioni gustative dovuta alla congestione nasale e alla minore permanenza del cibo sulla lingua;
- Accumulo di radiazioni

# Effetti negativi della permanenza in assenza di gravità

## Spostamento dei liquidi

Rigonfiamento delle parti superiori del corpo e dimagrimento di quelle inferiori (chicken legs)

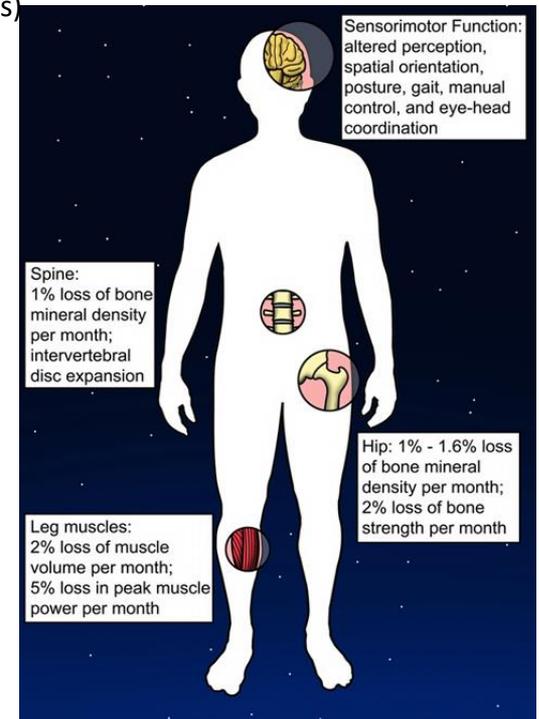


A terra

In orbita



Images courtesy of NASA & ESA



## Alterazione del meccanismo di osteoblasti/osteoclasti

In assenza di gravità è come se l'organismo avesse deciso di sbarazzarsi delle ossa in quanto organi ... inutili.

## Mantenimento della massa muscolare

Images courtesy of NASA

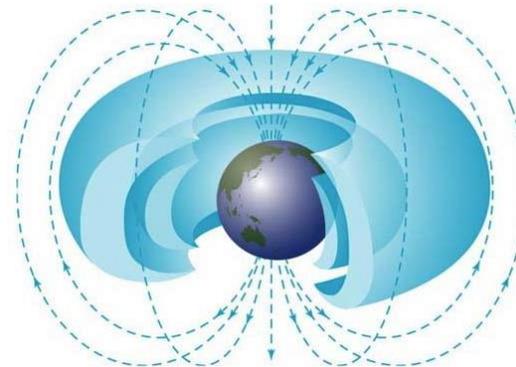


Gli esercizi agiscono principalmente sui muscoli, ma aiutano anche nella prevenzione della perdita della densità ossea, perché simulano l'effetto della gravità sugli arti.

## Effetti negativi delle radiazioni ionizzanti (radiazioni solari)

- Gli astronauti sono solo parzialmente protetti dal campo elettromagnetico terrestre;
- Esposti a protoni, ioni ad alta energia con alta carica e massa e radiazioni secondarie; particelle altamente penetranti tanto che solo in parte i materiali schermanti possono ridurre la dose assorbita dagli astronauti (i materiali schermanti pongono problemi di massa);
- Durata della missione: la Missione Apollo portò l'uomo fuori dalla protezione terrestre solo per 12 giorni, sulla ISS gli astronauti vivono per al massimo 6 mesi, ma in futuro le missioni su Marte potrebbero durare fino a tre anni.

**Il problema delle radiazioni solari e cosmiche è ad oggi irrisolto e costituisce il limite principale alle esplorazioni spaziali di lunga durata.**



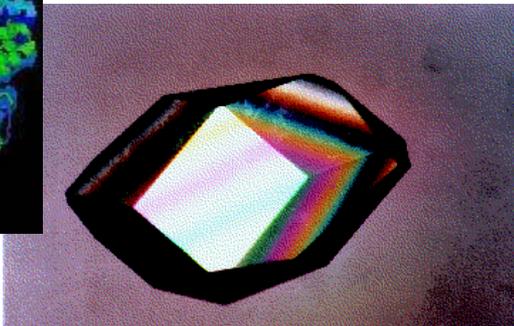
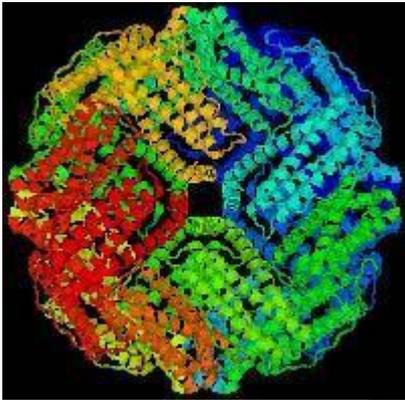
Le fasce di van Allen e le linee di forza che le percorrono

## Esperimenti e Ricerca Scientifica

- Gli aspetti, che tra i tanti, rendono la Stazione Spaziale interessante per la ricerca scientifica, sono certamente la posizione di punto di osservazione privilegiato per Terra e Spazio, e la particolare condizione che definiamo di microgravità.
- Le leggi della fisica a bordo della ISS, così come i meccanismi fisiologici che regolano il funzionamento dell'organismo umano, sono le stesse che agiscono sul pianeta Terra, ma il fatto di vivere nelle condizioni di microgravità fa sì che tanto le leggi fisiche quanto la risposta fisiologica dell'organismo umano ci appaiano sensibilmente differenti.
- Fenomeni fisici invisibili sulla Terra, perché mascherati da una forza di gravità dominante, diventano evidenti e facilmente misurabili nello spazio.
- Tutta la cinematica, la dinamica, e la fisiologia umana si sono sviluppate in presenza della gravità. In assenza di questa forza, il corpo umano sembra intraprendere nuove strade evolutive.
- Per comprendere questi cambiamenti, risulta necessario modificare la prospettiva con cui si percepisce il mondo esterno.

## Esperimenti e Ricerca Scientifica (alcuni esempi)

- Biologia cellulare, biologia molecolare, e esobiologia;
- Botanica e zoologia;
- Chimica, farmacologia, e cristallografia.



Images courtesy of NASA & ESA



## Esperimenti e Ricerca Scientifica (alcuni esempi)

- Fisiologia e fisiopatologia umana (cardiologia, endocrinologia e metabolismo, funzioni respiratorie, etc.);
- Psicologia, neurologia, e comportamento umano in condizioni di stress;
- Ricerche sull'atrofia muscolare;
- Ricerche sull'osteoporosi e sul decadimento osseo.



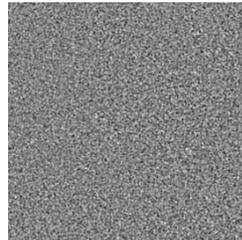
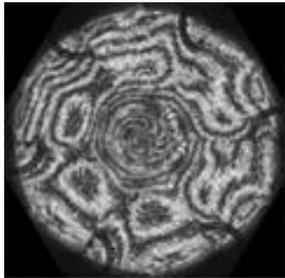
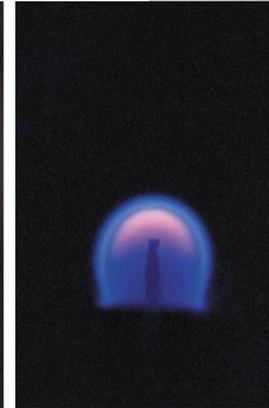
*Images courtesy of NASA*

## Esperimenti e Ricerca Scientifica (alcuni esempi)

- Fisica dei Fluidi;
- Fisica e chimica delle combustioni;
- Fisica e chimica dei materiali;
- Studio delle radiazioni cosmiche e dei loro effetti;
- Studio delle sospensioni colloidali, delle schiume e degli aerosol.



*Images courtesy of NASA & ESA*



## Esperimenti e Ricerca Scientifica (alcuni esempi)

- Servizio accurato di riferimento di tempo (Orologio Atomico);
- Osservazione del sole;
- Osservazione della Terra;
- Osservazione dell'atmosfera e dei suoi fenomeni.



*Images courtesy of NASA & ESA*



## Controllo da terra delle operazioni in orbita e centri spaziali coinvolti nel programma ISS



La Stazione Spaziale richiede un controllo da terra H24 sviluppato su più livelli, di cui i principali sono:

- Il controllo missione
- Il supporto tecnico alla missione
- Il supporto specialistico agli esperimenti
- Il supporto ingegneristico al sistema
- I centri scientifici dedicati agli esperimenti (non indicati)



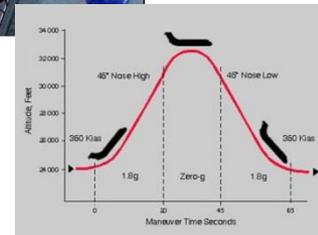
Courtesy of NASA

## Percorso per diventare Astronauta

- Studi tecnici / Accademia Militare, addestramento e specializzazione come pilota e come pilota collaudatore (almeno 3 anni di esperienza professionale), selezione da parte dell'Agencia Spaziale Italiana, e integrazione nel corpo degli astronauti Europei (2 anni di addestramento di base come candidato astronauta).
- Preparazione ed addestramento per la missione presso la NASA di Houston, con successivo distacco a Star City, Russia, a Tsukuba in Giappone, e a Colonia, al centro di addestramento europeo (totale 30 mesi).



*Images courtesy of NASA & ESA*



*Images courtesy of NASA & ESA*

