

In volo attorno alla Terra

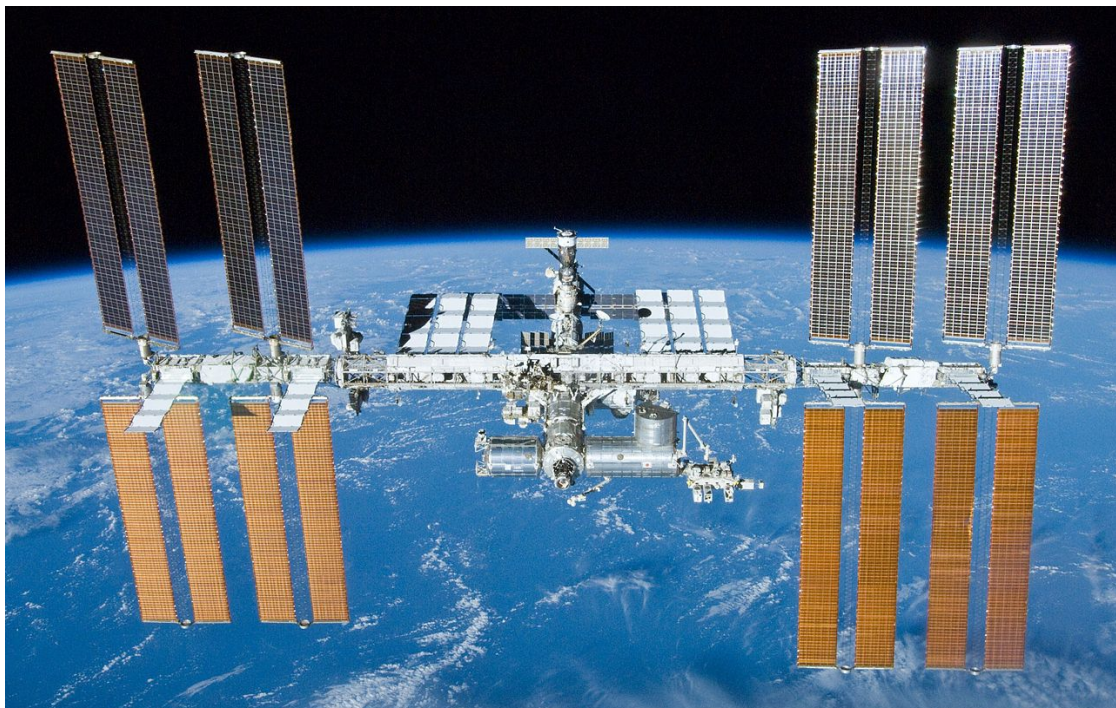
scheda per l'insegnante

Nel post «In volo attorno alla Terra» di *Scienze su YouTube* si vede il nostro pianeta dall'osservatorio orbitante della Stazione spaziale internazionale, o ISS.

Gli spunti che seguono possono servire come ispirazione per approfondire in classe alcuni aspetti del post.

CAPITOLO D1 - La ISS, ai margini dell'atmosfera [20 minuti]

- la Stazione spaziale internazionale orbita a circa 400 km di quota nella ionosfera, strato esterno e molto rarefatto dell'atmosfera terrestre
- impiega un'ora e mezza per completare un'orbita intorno alla Terra (nel video tutte le riprese sono accelerate di un fattore dell'ordine di 100)
- l'orbita è inclinata rispetto al piano dell'eclittica, così la ISS sorvola a ogni rivoluzione entrambi gli emisferi terrestri
- è facile riconoscere la ISS quando passa sopra di noi di notte: attraversa il cielo in pochi minuti e la luce solare riflessa dai pannelli fotovoltaici la fa apparire più luminosa delle stelle



- la ISS ha le dimensioni di un palazzetto dello sport (70 m x 100 m x 20 m) e una massa di oltre 400 tonnellate, pari a una decina di TIR a pieno carico
- è alimentata da 4000 metri quadrati di pannelli solari (più di metà dell'area di un campo da calcio), che generano circa 80 kW di potenza elettrica
- può ospitare fino a 6 astronauti in un volume abitabile di quasi 400 metri cubi (all'incirca il volume di un nostro appartamento da 150 m²); ogni tanto ospita ricchi «turisti spaziali» che pagano milioni di euro per il privilegio
- è stata costruita tra il 1998 e il 2010, in collaborazione, da Stati Uniti, Unione Europea, Russia, Canada, Giappone, Brasile e vari altri Paesi
- i moduli cilindrici (tra cui alcuni costruiti in Italia) sono stati portati in orbita nel grande vano cargo dello *space shuttle* degli Stati Uniti
- dopo il ritiro dello *shuttle* nel 2011, tutti i trasporti da e per la ISS sono affidati alle navicelle russe Soyuz visibili nel video; due di queste sono sempre attraccate alla ISS, pronte a riportare a terra gli astronauti in caso di emergenza (per esempio, qualora la Stazione fosse danneggiata da detriti vaganti nello spazio, come immaginato nel film *Gravity*)



CAPITOLO A7 – La velocità orbitale della ISS [5 minuti]

- la ISS orbita a 400 km di quota, cioè a $R = 6800$ km dal centro della Terra; l'orbita circolare è lunga $2\pi R$, cioè quasi 43 000 km; la ISS la percorre in 90 minuti, perciò la velocità orbitale è $(43\,000 \text{ km}) / (1,5 \text{ h}) = 28\,500 \text{ km/h}$

- dunque la ISS è 30 volte più veloce degli aerei di linea (velocità di crociera tipica: 900 km/h) e percorre in ogni secondo circa $8 \text{ km} = (28 \text{ 500 km/h}) / (3600 \text{ s/h})$

CAPITOLO A8 – I colori della luce [5 minuti]

- come mostra bene il video, il cielo visto dallo spazio è sempre nero; se da terra durante il dì vediamo il cielo azzurro, è perché l'azoto dell'atmosfera terrestre diffonde la componente blu della luce in arrivo dal Sole
- le *aurore* polari hanno i colori delle righe spettrali di emissione caratteristiche dei gas atmosferici: atomi e molecole dell'aria emettono la luce colorata quando si diseccitano, dopo essere passati a uno stato eccitato a causa dell'impatto delle particelle energetiche del vento solare
- il colore dominante nelle aurore è il verde emesso dall'ossigeno tra 100 e 300 km di altitudine; a quote superiori appare il rosso scuro prodotto da un diverso stato di eccitazione dell'ossigeno, mentre sotto i 100 km prevale il violetto emesso dalla diseccitazione delle molecole di azoto

CAPITOLO A9 – La gravità e i satelliti [15 minuti]

- sulla ISS non si può parlare di «assenza di gravità»: a 400 km di quota, infatti, la forza di gravità è ridotta soltanto dell'11% rispetto al valore sulla superficie terrestre ($6400^2/6800^2=0,89$)
- è proprio la gravità, anzi, a fornire la forza centripeta che tiene la ISS in orbita intorno alla Terra; dall'uguaglianza $mv^2/R = GmM/R^2$ si può ricavare la velocità orbitale dai satelliti, che diminuisce al crescere della loro distanza R dal centro della Terra: $v \propto 1/\sqrt{R}$
- sulla ISS c'è invece *assenza di peso*; infatti la Stazione è in caduta libera verso la Terra, e lo stesso vale per tutti gli oggetti al suo interno
- la stessa cosa avverrebbe dentro l'ascensore di un grattacielo, se si tranciasse il cavo che lo sostiene (e se la resistenza dell'aria fosse trascurabile); sia l'ascensore sia le persone all'interno cadrebbero con identica accelerazione $g = 9,8 \text{ m/s}^2$: non ci sarebbe accelerazione relativa tra le persone e il fondo dell'ascensore, dunque le persone non avrebbero peso e sarebbero librate in aria

- rispetto all'ascensore, l'unica differenza è che la ISS non cade in direzione verticale: ha una velocità tangenziale così alta che nel suo moto di caduta «va oltre» il pianeta, «mancandolo»; ecco perché orbita attorno alla Terra
- si può fare un semplice modello della situazione usando una bottiglia di plastica piena d'acqua e forata: se si tiene ferma la bottiglia, l'acqua zampilla fuori perché il suo peso la accelera rispetto alla bottiglia; se invece si lascia cadere la bottiglia, oppure la si lancia, si vedrà che durante il volo l'acqua non esce: ora infatti bottiglia e acqua stanno cadendo insieme
- in realtà il moto della ISS non è inerziale, ma è frenato dagli impatti con le particelle della ionosfera; ogni tanto così la ISS deve accendere i razzi e «darsi una spinta» verso l'alto, per evitare di perdere quota

CAPITOLO A10 – Il campo magnetico terrestre [5 minuti]

- i campi magnetici fanno curvare la traiettoria delle particelle elettricamente cariche; perciò gli elettroni e i protoni del vento solare, quando arrivano vicino alla Terra, sono «catturati» dal campo magnetico terrestre e si muovono a spirale lungo le linee del campo
- i «tendaggi di luce» caratteristici delle aurore sono dunque proprio una visualizzazione delle linee del campo magnetico terrestre



CAPITOLO A11 – L'energia solare [10 minuti]

- l'energia necessaria per lanciare in orbita un satellite è proporzionale alla sua massa; perciò fin dall'inizio dell'era spaziale si è cercato in ogni modo di minimizzare il carico portato dai razzi vettori
- un satellite per funzionare ha bisogno di energia ma, per quanto detto, sarebbe costosissimo lanciarlo carico di combustibile; molto meglio usare l'energia solare, che è abbondante e disponibile gratuitamente *in loco*
- si sfrutta allora l'*effetto fotoelettrico*: certi materiali, se esposti alla luce, emettono elettroni che si possono poi convogliare in una corrente elettrica
- l'effetto fotoelettrico, noto già nell'Ottocento, è stato spiegato da Albert Einstein in un lavoro del 1905 che gli è poi valso il premio Nobel (ed è anche stato fondamentale per lo sviluppo della meccanica quantistica)
- i pannelli fotovoltaici al silicio sono stati creati, cinquant'anni fa, proprio per i satelliti artificiali; anche i generatori di elettricità che oggi mettiamo sul tetto di casa, quindi, sono un prodotto della tecnologia aerospaziale



- nel video si nota che i pannelli ruotano: quando la Stazione è esposta al Sole, li orienta in modo da ottimizzare l'assorbimento della luce; quando la ISS passa nell'ombra della Terra, e i pannelli non possono funzionare, vengono posizionati in modo tale da minimizzare la resistenza della ionosfera al moto orbitale (come quando uno sciatore si mette «a uovo»)

Ecco infine una traduzione dei messaggi pronunciati dagli astronauti nel video:

Come cittadini del pianeta schierati sulla frontiera attualmente più avanzata, noi, primo equipaggio della Stazione spaziale, abbiamo iniziato il nostro viaggio di esplorazione e scoperta costruendo una base di partenza per gli uomini e le donne che viaggeranno e vivranno in luoghi lontani dal nostro pianeta di origine. Stiamo aprendo una porta verso lo spazio per l'intera umanità.

Mentre orbitiamo ogni 90 minuti intorno al pianeta, vediamo un mondo senza confini e inviamo il nostro augurio che tutte le nazioni si adoperino per la pace e l'armonia.

Il nostro mondo è cambiato in modo incredibile, ma la ISS è la prova tangibile che le nazioni possono lavorare insieme in armonia e possono promuovere la pace e la cooperazione globale, raggiungendo obiettivi davvero straordinari.

Questa notte vorremmo condividere con tutti la nostra fortuna di partecipare a questa avventura nello spazio, la nostra meraviglia ed eccitazione nel contemplare lo splendore della Terra e la forte sensazione che lo spirito umano non ha limiti quando si tratta di fare, di esplorare e di scoprire.

In tutto il mondo ci sono difficoltà, ma questo è un momento in cui dobbiamo pensare a stare tutti insieme e far tesoro del nostro pianeta, che da quassù appare bellissimo.

Contrariamente a quanto affermato nel secondo messaggio, purtroppo, sulla Terra esistono confini tra gli Stati che sono visibili perfino dallo spazio.

Per esempio, questa foto del 2011 (satellite Earth Observatory della Nasa) mostra la striscia di luce artificiale delle barriere di frontiera tra l'India e il Pakistan:

