

TechnoScope

by satw 2/17

Satelliti

Navigazione | Misurazione | Osservazione

Il 10 febbraio 2009 avvenne il primo scontro di due satelliti: il satellite di comunicazione americano attivo «Iridium 33» è entrato in collisione con il satellite di comunicazione russo fuori servizio «Kosmos 2251». Entrambi viaggiavano a circa 28 000 chilometri orari. Da allora i detriti spaziali ruotano attorno alla terra con grande velocità.

Nel cinema si poteva fare già da tempo, ma non nella realtà: leggere le targhe delle auto dallo spazio. Questo oggi non riescono ancora a farlo neanche i satelliti per lo spionaggio militare con una risoluzione di 10 centimetri.

Quando i vicini di casa esultano perché sul loro schermo vedono prima di noi la palla che va in rete, significa che hanno un televisore satellitare. Il satellite trasmette il segnale TV più velocemente del cavo.

Colophon

SATW Technoscope 2/17 | maggio 2017
www.satw.ch/technoscope
Idea e redazione: Beatrice Huber
Collaboratori di redazione: Christine D'Anna-Huber | Alexandra Rosakis
Foto: NASA (via Wikipedia) | NASA on The Commons (via Flickr) | ESA-P. Carril | NASA Landsat Image Gallery | JAXA/RapidEye AG | Fotolia | SATW
Foto di copertina: Van Allen Probes – NASA on The Commons (via Flickr)

Abbonamento gratuito e ordini supplementari

SATW, Gerbergasse 5 | CH-8001 Zurigo
technoscope@satw.ch | Tel +41 44 226 50 11
Technoscope 3/17 uscirà a settembre 2017 e avrà per argomento la «bionica/robotica».

Sempre in orbita – Satelliti

Geostationary Earth Orbit (GEO)

Orbita geostazionaria a 35 786 km di altitudine

«Bip, bip, bip» ... nel 1957 questo segnale segnò l'inizio dell'era spaziale. Sputnik 1 fu il primo satellite artificiale a raggiungere un'orbita attorno alla terra e a inviare un segnale radio al mondo intero.

Dopo il successo di questa missione dell'Unione Sovietica, sarebbero stati inviati regolarmente satelliti nello spazio. Attualmente ben 1400 satelliti attivi ruotano intorno alla terra.

Perché mandare segnali dall'alto?

Rispetto agli strumenti di misurazione sulla terra, i satelliti raccolgono molti più dati e molto più rapidamente, perché possono vedere territori più estesi. Volano sopra le nuvole e la polvere dell'atmosfera e hanno quindi una visuale migliore verso lo spazio. Inviando segnali che ricevono dalla terra e che si possono propagare solo in modo rettilineo, con ritardo minimo, verso un altro luogo della terra. I comuni smartphone non comunicano con satelliti per le telefonate e l'uso di Internet.

Medium Earth Orbit (MEO)

Orbita terrestre media da 2000 a 36 000 km di altitudine

Quanto in alto?

L'altitudine dell'orbita nella quale un satellite ruota attorno alla terra dipende dalla sua missione, più precisamente dalla visuale che deve avere della terra.

Satelliti per lo spionaggio e l'osservazione terrestre richiedono un'immagine chiara della terra e sono quindi in un'orbita relativamente vicina al nostro pianeta, sulla cosiddetta Low Earth Orbit.

Per osservare ampi territori terrestri, i satelliti di sistemi di navigazione come GPS, Galileo o GLONASS si muovono in un'orbita terrestre media, la cosiddetta Medium Earth Orbit.

Low Earth Orbit (LEO)

Orbita terrestre bassa da 200 a 2000 km di altitudine

I satelliti che devono rimanere fissi rispetto alla terra sfruttano l'orbita geostazionaria (Geostationary Earth Orbit) con un'altitudine fissa sull'equatore. Questi satelliti meteo, delle comunicazioni e della televisione seguono la rotazione terrestre e si trovano quindi sempre nello stesso punto sopra la terra.

Di che cosa necessita un satellite?

I satelliti hanno una struttura diversa in base all'impiego. Tuttavia tutti hanno in comune una fonte di energia e un'antenna. Possono acquisire energia, per es. per l'elettronica e i sistemi di comando, dal sole per mezzo di celle solari e/o da batterie. L'antenna riceve e invia informazioni come segnali televisivi o dati sulla posizione del satellite. Spesso sono presenti fotocamere che forniscono immagini ad alta risoluzione.

Significato delle sigle

ESA: European Space Agency (Agenzia Spaziale Europea)

NASA: National Aeronautics and Space Administration (Agenzia spaziale statunitense)

ISS: International Space Station (Stazione Spaziale Internazionale)

«In orbita ci sono più rottami che satelliti attivi»

Non sono solo i satelliti a girare attorno alla terra, ma anche molti rottami. Presso lo Swiss Space Center del Politecnico federale di Losanna (EPFL) si lavora perciò ad un «satellite di pulizia». Technoscope ha incontrato Claude Nicollier, finora il primo e unico astronauta svizzero e professore onorario presso il Politecnico federale di Losanna.

Perché è necessaria una «raccolta dei rifiuti spaziali»?

Perché lassù ci sono molti rottami e detriti: resti di lanciarazzi e stadi di missili, satelliti ormai fuori servizio, cellule solari...Tutti questi rottami rappresentano un grande pericolo di collisione per i nuovi oggetti lanciati. Oggi ci sono in orbita più rottami che satelliti attivi. Bisogna fare qualcosa contro questo stato di cose. →

Detriti spaziali

Oltre 600 000 oggetti con un diametro di oltre un centimetro si troverebbero attualmente nello spazio. L'«immondizia» creata dall'uomo, in orbita attorno alla terra, costituisce un pericolo sempre maggiore per l'esplorazione spaziale. L'ISS, per esempio, deve compiere sempre più deviazioni di volo per evitarla. In pericolo si trovano pure i circa 1400 satelliti attivi dai cui servizi dipendono sia la scienza, sia molti settori economici. Sostituirli, secondo alcune stime dell'ESA, costerebbe ben oltre i 100 miliardi di franchi.



Modello dello Sputnik 1, il primo satellite artificiale ad orbitare attorno alla terra 60 anni fa.

Che cosa si fa contro i detriti?

Ogni nuovo corpo lanciato nello spazio non deve rimanere in orbita più di 25 anni: dopo deve lasciare la sua traiettoria di volo e disintegrarsi nell'atmosfera terrestre. Un altro approccio perseguito attivamente dall'ESA e dalla NASA, consiste nello smaltire in modo mirato i grandi pezzi di detriti. Con il suo progetto Clean-Space-One, al quale lavora ormai da cinque anni, l'EPFL di Losanna ha buone possibilità di impiegare un primo satellite sul quale possa essere testata tale tecnologia.

Com'è riuscito un paese piccolo come la Svizzera ad avere un ruolo nella cosmonautica?

La Svizzera è riuscita a occupare una serie di nicchie nell'ambito della cosmonautica. In gran parte ciò si può ricondurre alla nostra grande esperienza nella tecnologia degli orologi: orologi esatti e affidabili, meccanismi ad alta precisione e sistemi elettronici sono la nostra forza. L'ESA riconosce queste competenze svizzere. Ciò ci permette di essere coinvolti in molti progetti ESA, sebbene di rado ne assumiamo la direzione. La Svizzera è una nazione dell'esplorazione spaziale.



Leggi l'intera intervista su
www.satw.ch/technoscope

Il nostro astronauta Claude Nicollier nella missione di servizio per la riparazione del telescopio spaziale Hubble (11 febbraio 2000, Mission STS-103).



Navigazione – Dove mi trovo?

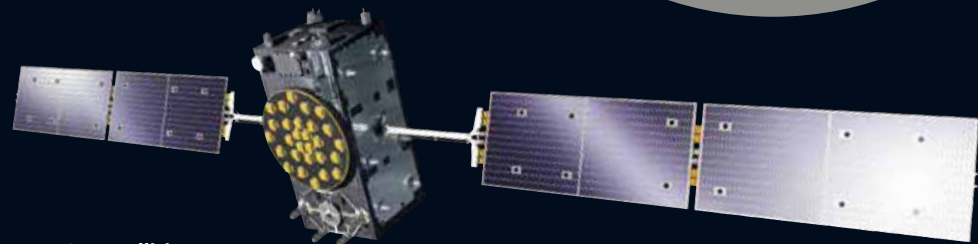
Dalle app per smartphone di Google Earth fino a Pokemon Go o il semplice navigatore satellitare in auto – non si può più immaginare la vita quotidiana senza GPS. Che cosa c'è dietro a tutto questo?

Il nome dice già tutto: GPS significa «Global Positioning System» ed è proprio quello che fa il sistema. Con esso possiamo definire con precisione la nostra posizione ovunque – anche tra le montagne, nel deserto o sul mare. Grazie alla localizzazione GPS, le navi e gli aerei mantengono la rotta, le auto rubate possono essere ritrovate e le flotte di camion gestite.

Precisione a 10 metri

Il GPS è stato sviluppato negli anni 70 per i militari statunitensi; in seguito, è stato reso accessibile gratuitamente anche ai civili, ma il Ministero della Difesa americano ne riduce la precisione di localizzazione con segnali di disturbo. Dal maggio 2000, il GPS offre comunque una precisione di circa 10 metri anche in campo civile.

Il GPS è lo standard, ma non è l'unico sistema di navigazione satellitare a livello globale. La Russia ha già un sistema operativo con Glonass, la Cina con Beidou e l'Europa con Galileo hanno creato i loro concorrenti del GPS, l'India e il Giappone si stanno impegnando a creare sistemi regionali.



24 satelliti

Chi vuole misurare la propria posizione ha bisogno di punti di riferimento. Con il GPS questi sono costituiti da 24 satelliti. Essi ruotano attorno alla terra a

Piccola digressione sulle teorie della relatività

Senza Einstein e le sue teorie sulla relatività i GPS ci ingannerebbero. In base alla teoria della relatività ristretta sappiamo che la velocità della luce è costante in tutti i sistemi di riferimento, indipendentemente dall'osservatore. Nulla è più veloce della luce. Da ciò deriva la cosiddetta dilatazione del tempo per la relatività ristretta, secondo cui un orologio fermo va più veloce di un orologio in movimento. L'orologio satellitare segna il tempo quindi più lentamente rispetto al ricevitore GPS. Oltre a ciò, tuttavia, secondo la teoria della relatività generale di Einstein, più lentamente passa il tempo, maggiore è la forza di gravità. L'orologio posto sul satellite più lontano dal campo gravitazionale della terra va più veloce dell'orologio sulla terra. Le due deviazioni relativistiche quindi si compensano, ma non del tutto: tenendo conto della somma delle due, si determina pur sempre un errore, che deve essere considerato nel calcolo della posizione effettiva.

Tutto chiaro? Se non lo è, fatevi spiegare le teorie della relatività dall'insegnante di fisica.

un'altitudine di 20 200 chilometri su sei diverse orbite complessive. Grazie a una velocità di 3,9 km al secondo riescono a compiere una rivoluzione completa nell'arco di 12 ore. Trasmettono costantemente la loro ora esatta. Vi sono stazioni di controllo sulla terra che monitorizzano l'orbita dei satelliti e gli orologi di bordo, apportando correzioni se necessario.

Mini satellite svizzero

Ha la forma di un cubo, pesa solo 1 chilogrammo e presenta una lunghezza dello spigolo di appena 10 centimetri – il mini satellite CubETH costruito interamente in Svizzera volerà su un'orbita a soli 400 chilometri di altitudine attorno alla terra, rilevando costantemente la propria rotta, posizione e direzione nello spazio con precisione al metro per poi comunicarla alla terra. E poiché farà questo con parti elettroniche già pronte, la sua produzione non costa una fortuna.



Per saperne di più
www.satw.ch/technoscope

La posizione esatta di un ricevitore GPS, per esempio del vostro smartphone, può essere stabilita grazie al fatto che è rilevata la sua distanza da questi satelliti. A tale scopo si misura l'esatto intervallo di tempo di cui hanno bisogno i segnali di diversi satelliti per raggiungere il vostro ricevitore GPS (distanza = velocità x tempo). Se si conosce la distanza da tre satelliti, si possono calcolare le coordinate della posizione attraverso la triangolazione. Con i segnali di quattro o più satelliti è possibile anche stabilire l'altitudine sul livello del mare.

Sotto osservazione – Meteo, clima, catastrofi



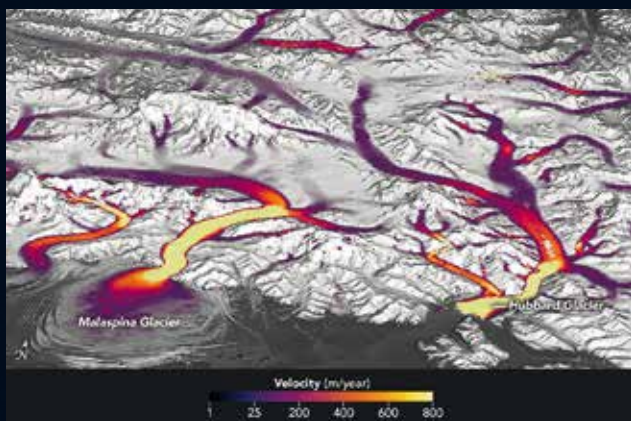
Basta uno sguardo all'app della meteo e già si sa se sarà un fine settimana all'aperto o in casa. I satelliti di osservazione terrestre forniscono alle stazioni terrestri una quantità enorme di dati che rendono possibili tali previsioni. In particolare, i satelliti geostazionari che a intervalli di pochi minuti inviano immagini della stessa sezione terrestre permettono l'osservazione costante di cambiamenti meteorologici nell'atmosfera. Nelle immagini, scattate in aree visibili e a infrarossi, si distinguono le nuvole, la direzione del vento e persino i movimenti della sabbia sahariana o delle ceneri dei vulcani.

Una previsione meteo il più possibile esatta non è importante solo per la vita quotidiana delle persone che vogliono prepararsi per la prossima gita, all'insegna del motto «Non esiste il tempo brutto, esiste solo l'abbigliamento sbagliato». Anche l'agricoltura e il traffico aereo e navale dipendono dalle informazioni meteo, per stabilire il momento ideale per il raccolto o stabilire la rotta migliore.



Le immagini satellitari non solo forniscono informazioni sulla situazione meteo attuale o relativamente a breve termine, ma forniscono una base per l'osservazione del clima e dei cambiamenti climatici a lungo termine. Per qualsiasi regione anche molto sperduta della terra si possono raccogliere dati sull'umidità del terreno, sul disboscamento, sulla concentrazione salina del mare, sullo spessore dei ghiacci o sull'altitudine del livello del mare.

Meteo Svizzera calcola, sulla base di dati ottenuti dai satelliti europei «METEOSAT Second Generation», l'oscillazione spaziale e temporale dell'irradiazione solare tenendo conto dell'area alpina e del riflesso della neve. Tali dati sono consultati per determinare il sito ideale di impianti solari (per sapere di più sulle energie rinnovabili, si può leggere Technoscope 2/16). Le immagini fornite dal satellite della NASA Landsat 8 permettono di calcolare la velocità di flusso dei ghiacciai, dati che a loro volta permettono di fare ipotesi sull'effetto del cambiamento climatico sui ghiacciai stessi.



Circa 2000 chilometri cubici di ghiaccio all'anno scorrono nell'Oceano Antartico. Le parti evidenziate in giallo fluiscono più velocemente.



Le immagini che i satelliti riprendono prima e dopo una catastrofe naturale, ma anche causata dall'uomo, forniscono informazioni preziose su entità e localizzazione dei danni, facilitando quindi la pianificazione dei soccorsi.

Nell'esplorazione dello spazio le collaborazioni internazionali non sono rare. Nel 1999, infatti, più agenzie spaziali si sono unite nell'associazione «International Charter – Space and Major Disasters». Il compito dell'associazione è quello di rendere disponibili immagini satellitari rapidamente e gratuitamente in caso di catastrofi.

Occhi al cielo

I satelliti vedono dall'alto ciò che accade sulla terra. «Il sistema di atterraggio cieco, grazie al quale gli aerei a Zurigo possono atterrare anche in caso di cattiva visibilità o di notte, si basa sulla navigazione satellitare», dice Vladi Barossa di Skyguide, l'autorità svizzera per la sicurezza aerea. La stessa «Low Flight Network», che mette a disposizione dei piloti corridoi aerei prestabiliti in caso di situazioni critiche di visibilità, permette da poco alla Rega di volare per interventi di soccorso in caso di neve e nebbia.

Chi osserva cosa?

Dotati di fotocamere ottiche o a infrarossi ad altissima definizione, i satelliti di osservazione ruotano attorno alla terra su orbite il più possibile basse. Sono impiegati per diversi scopi. Il programma di osservazione della terra dell'ESA raccoglie soprattutto

Città costiera giapponese prima e dopo uno tsunami.



Un consiglio

Cosa vola lassù? In base alla vostra posizione, l'app gratuita di Android «ISS Detector» vi dice con precisione quando l'ISS e altri satelliti compaiono nel cielo.

immagini e dati su clima e meteo (si veda qui accanto), ma fornisce anche informazioni sui flussi di profughi e immagini di regioni critiche o in guerra. I satelliti di osservazione servono anche per scopi commerciali. Google, per esempio, ha acquistato da poco l'azienda produttrice di satelliti Skybox Imaging e col suo aiuto intende non solo migliorare le sue schede online, ma anche fornire servizi come il controllo delle mietitrebbiatrici in agricoltura, delle navi container sul mare o delle scorte nei magazzini. I satelliti militari, infine, sono per la maggior parte impegnati in missioni segrete: controllano altre nazioni e spiano i movimenti di eserciti nemici, oppure cercano segnali che la parte avversa si sta riarmando.

TecNight a Wohlen



Durante la TecNight, oltre a una serie di conferenze di esperti della scienza e dell'industria, si sono svolte per la prima volta due sessioni domande/risposte moderate dagli studenti.

Luogo: Liceo cantonale di Wohlen, edificio principale, bagni delle donne. Due ragazze di circa 18 anni chiacchierano entusiaste: «Allora? È stato interessante?» «Sì! Non vedo l'ora che ci siano le prossime tre conferenze!» e lasciano i bagni di corsa. Le due studentesse hanno appena terminato il TecDay e non vedono l'ora che comincino le tre ore della TecNight. I due eventi sono organizzati regolarmente dalla SATW in collaborazione ogni volta con una scuola, per promuovere la comprensione e la conoscenza della tecnica e delle scienze naturali presso il pubblico, e in particolare fra gli studenti. Mentre il TecDay è orientato solo verso questi ultimi, alle TecNight possono prendere parte tutti gli interessati.

Tecnica a discrezione

Questa sera il programma è come sempre ricco e variegato: dalla nanomedicina alle radiazioni emesse dai telefonini cellulari alla costruzione di ponti, saranno trattati temi che tutti, tecnologicamente interessati o no, incontrano nella vita quotidiana e quindi di grande interesse. Così, il Liceo cantonale di Wohlen la sera sembra un alveare ronzante, in

cui domina il silenzio solo quando cominciano le conferenze.

Una prima riuscita

Oltre a un gran numero di relazioni, tenute da esperti dei settori della scienza e dell'industria, si svolgono per la prima volta due sessioni di domande/risposte, in cui gli studenti fanno da moderatori. Due studentesse appassionate di biologia, Noemi Bodmer e Pernille Meier della classe G4A, intervistano il dott. Georg Schäppi, amministratore del Centro Allergie Svizzera aha! sul tema «Malattie del futuro: le allergie». Le domande di Christoph Biegel e Nicolas Pfäffli delle classi G4D e G4F, che citano entrambi la biologia, la chimica e la fisica come loro materie preferite, sono rivolte al dott. Fritz Gassmann, fisico e direttore del laboratorio scolastico presso il PSI. I due studenti hanno scelto il tema «Buchi neri e onde gravitazionali», perché non era trattato durante le lezioni scolastiche e volevano cogliere l'occasione per sapere di più sull'argomento. La mediateca in cui si svolgono queste due «Science Talk», è gremita fino agli scalini e alle tribune. Nonostante l'ora inoltrata, gli studenti seguono con interesse i discorsi degli

esperti – solo alcuni si lasciano distrarre dai loro smartphone. Non c'è da meravigliarsi, quindi, se il dott. Schäppi e il dott. Gassmann rispondono a ogni domanda con slancio e se sentono la necessità di condividere con il pubblico le loro conoscenze e le loro esperienze. Quest'intervista con il dott. Fritz Gassmann è stata molto piacevole per Nicolas, che apprezza «gli straordinari excursus nei campi di applicazione delle scienze naturali e l'ampio spettro di temi diversi» che sono stati offerti durante la TecNight. Per Christoph «la possibilità di condurre un'intervista è stata anche di grande utilità, perché si è potuto trovare risposte che altrimenti non si sarebbero potute trovare.»

Anche se dopo questa TecNight non tutti gli studenti vorranno intraprendere un corso di studi nell'ambito della tecnologia o delle scienze naturali, sicuramente in molti è stata risvegliata la comprensione o addirittura la passione per questi due settori specialistici.

Conoscere i «satelliti»

Museo Svizzero dei Trasporti

Lo spazio - vastità infinita. Per conoscere di più sulla navigazione aerea e spaziale e vedere da vicino un satellite. Dal 13 al 15 ottobre ci saranno anche gli Air & Space Days. www.verkehrshaus.ch

Per saperne ancora di più

SimplyScience

Sei interessato alla tecnologia e alle scienze naturali? Allora visita il sito SimplyScience. Qui troverai anche l'ispirazione per la tua scelta professionale o per quella degli studi. www.simplyscience.ch

Scienza e gioventù

Partecipa al concorso nazionale o frequenta una delle numerose settimane della scienza. www.sjf.ch

Science Guide App

Trova tra le centinaia di offerte nell'ambito della scienza e della tecnica quella che fa per te nelle tue vicinanze. Disponibile presso [google play](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.scienceguide) o [app store](https://apps.apple.com/ch/app/science-guide/id123456789).

Giornate informatiche di Zurigo

Il 16 e il 17 giugno diverse aziende e organizzazioni del settore IT aprono le loro porte. Andate a scoprire tecnologie, figure professionali e applicazioni per la vita quotidiana. informatiktage.ch

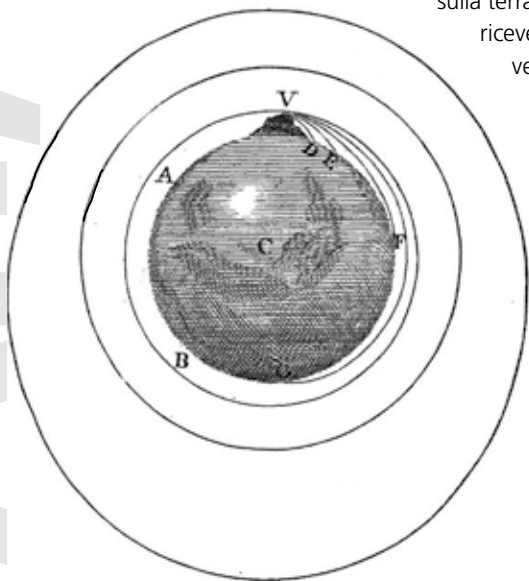
Allo! ecco!

Perché un satellite non cade dal cielo?

«Il trucco del volo consiste nell'imparare a buttarsi giù dall'alto evitando di colpire il terreno.» Questa citazione di Douglas Adams da «Guida galattica per gli autostoppisti», se applicata ai satelliti, significa che questi si trovano costantemente in caduta libera, ma cadono sempre un po' più in là della terra!

La spiegazione di questo fenomeno è stata già fornita da Isaac Newton: se si spara un colpo di cannone parallelamente alla superficie terrestre, a causa della forza di gravità esso presto ricadrà sulla terra stessa. Questo è ben noto a tutti coloro che hanno già lanciato una palla o una pietra. Con una velocità di tiro maggiore, il colpo di cannone andrà un po' più lontano. Il percorso che il colpo di cannone segue in questo caso può essere definito come una curva in cui il colpo arriva sempre più vicino al suolo fino a che urta contro di esso. La terra, tuttavia, non è piatta, ma rotonda; ciò significa che il suolo si piega sino a quasi allontanarsi da noi. A una certa velocità il colpo di cannone arriva perciò così lontano che il suolo sotto di lui si è già curvato e non è più possibile un urto. Il percorso fatto dal colpo corrisponde alla curvatura della terra. Il colpo, ovvero il satellite, adesso è in orbita!

E vi rimane per sempre? Un satellite vicino alla terra è rallentato nella sua orbita dalle molecole di gas dell'atmosfera residua e a poco a poco scende, fino a disintegrarsi nell'atmosfera oppure parti di esso possono ricadere sulla terra. Per evitare ciò, il satellite deve ricevere un'accelerazione sino alla velocità originaria per mezzo di un meccanismo propulsore.



Gentile signora Dal Maso



Graziella Dal Maso, orientatrice professionale, negli studi e nella carriera San Gallo

Io sono appassionata di foto satellitari e di tutto ciò che possono mostrare! Che cosa potrei studiare che possa aver a che fare coi satelliti? (Gianna, 17)

Cara Gianna

I satelliti sono strumenti utili per molti indirizzi di studio. Materie come la geografia, la fisica o l'astronomia si basano sui dati e sulle immagini da loro raccolti, ma anche le scienze ambientali e le scienze del clima, la meteorologia e la geomática. E così anche la tecnologia delle comunicazioni e della navigazione, campi dell'elettrotecnica e della tecnologia informatica.

Come utenti ci si occupa soprattutto della valutazione e dell'interpretazione dei dati e delle immagini, per i quesiti specifici della materia scelta, per esempio per l'osservazione dello scioglimento dei ghiacci. Negli indirizzi tecnici, oltre ai problemi dell'uso, sono in primo piano anche i metodi per l'acquisizione di dati o l'ulteriore sviluppo della tecnologia satellitare.

Un esempio: la pianificazione urbana, delle infrastrutture e dei trasporti nella geomática – è chiaro che per tutto questo i servizi dei satelliti sono irrinunciabili. Puoi per esempio anche approfondire le tue conoscenze nei sistemi di navigazione satellitare o nell'osservazione della terra basata sui satelliti. Anche la geomática,

con i quesiti che si pone, è coinvolta nello sviluppo dei satelliti.

Se t'interessa in modo particolare la costruzione di un satellite, il suo approvvigionamento di energia o la tecnica dei segnali, t'invito a considerare la costruzione meccanica, la microtecnica o l'elettrotecnica e la tecnologia dell'informazione.

Vedi, la tecnica satellitare implica collaborazione. I gruppi di ricerca sono spesso internazionali e interdisciplinari. Così i ricercatori del Politecnico federale di Zurigo hanno sviluppato il sistema di comando e di misurazione per il satellite «LISA Pathfinder» dell'ESA, mentre l'università di Zurigo ha fornito le basi astrofisiche.

Mentre presso le università si studiano materie come geografia o fisica, l'elettrotecnica o la geomática sono presenti nei politecnici o nelle scuole universitarie professionali. Nella tua ricerca di informazioni più specifiche, dai uno sguardo anche agli approfondimenti offerti dai master.

Info & link

Su www.orientamento.ch trovi non soltanto le descrizioni di tutti i corsi di laurea disponibili in Svizzera, ma anche esempi di sbocchi professionali dopo un corso di studio.

Pagine dei dipartimenti e degli istituti delle scuole universitarie: Qui troverai informazioni dettagliate sugli approfondimenti.

Informazioni sul progetto modello «LISA Pathfinder» sono disponibili su <http://sci.esa.int/lisa-pathfinder/>