

Satelliti tra passato e futuro



Vera Montalbano

Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente
Università di Siena
&
AIF sezione Siena



Sommario

- *Cos'è un satellite*
- *Satelliti naturali*
- *Satelliti artificiali*
- *I pionieri*
- *La diffusione*
- *Indispensabili perché*
- *E nel futuro cosa ci aspetta?*



Cos'è un satellite

In astronomia un satellite, detto talvolta un po' impropriamente luna, è un qualunque corpo celeste che orbita attorno a un corpo diverso da una stella, come ad esempio un pianeta, un pianeta nano o un asteroide.

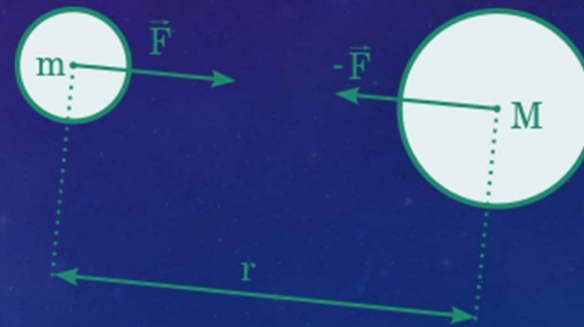


Cos'è un satellite

La forza che rende possibile queste orbite è la **forza di gravitazione universale formalizzata nel 1687 da Newton** nella sua opera fondamentale per la meccanica classica

Philosophiae Naturalis Principia Mathematica

$$F = G \frac{mM}{r^2}$$

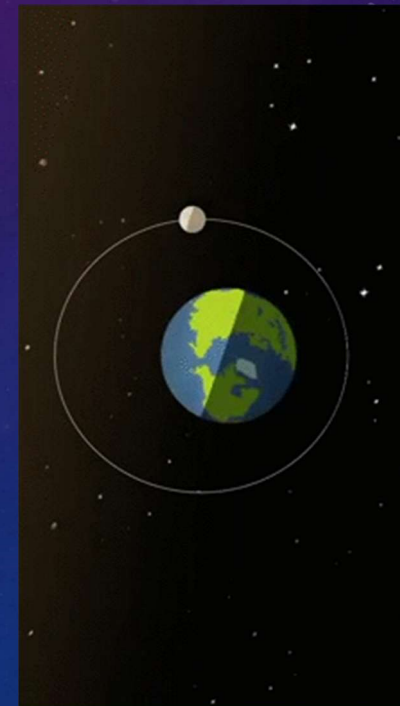
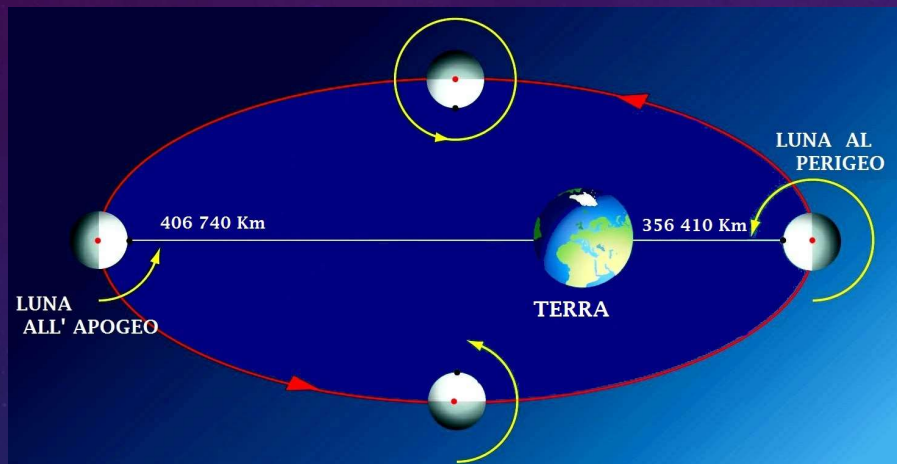


La forza gravitazionale è centripeta, cioè sempre rivolta verso il centro di massa del sistema, e rende possibile il moto curvo dell'orbita del satellite.



Un esempio ben noto

La Luna è l'unico satellite naturale della Terra.

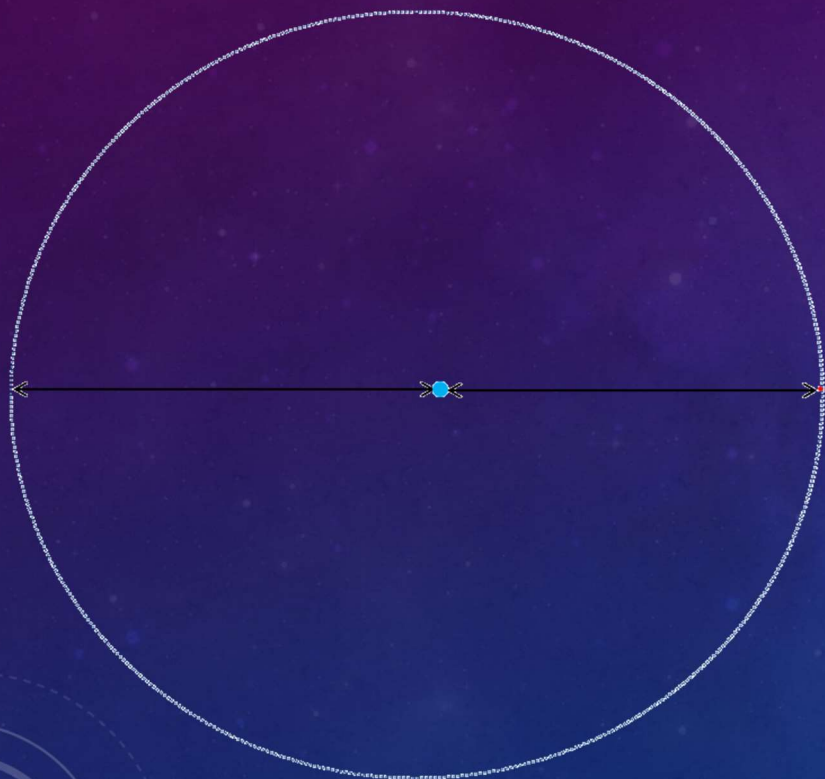


L'orbita non è circolare: tra apogeo e perigeo ci sono circa 45000 km di differenza.

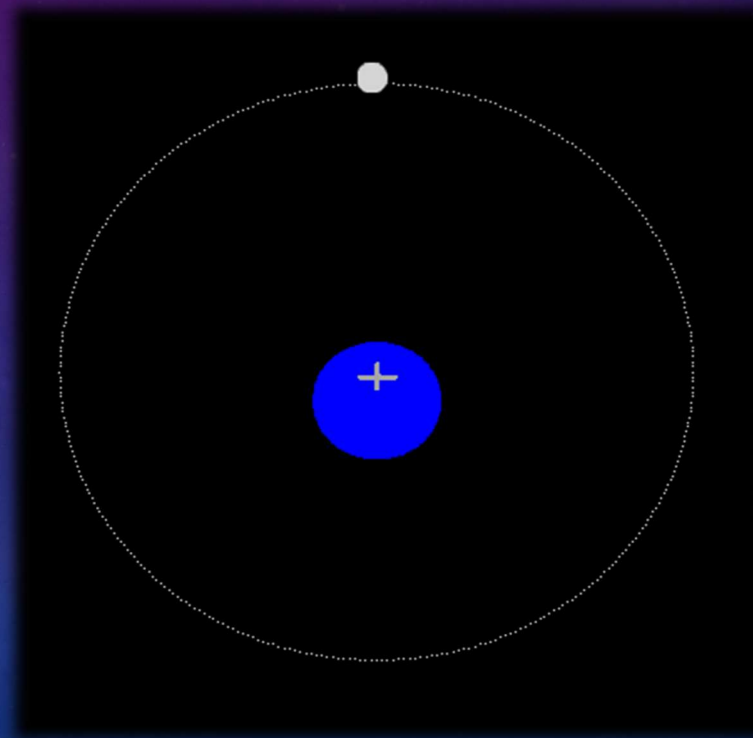


Un esempio ben noto

La Luna è l'unico satellite naturale della Terra.



Una rappresentazione in scala 1:5000000000



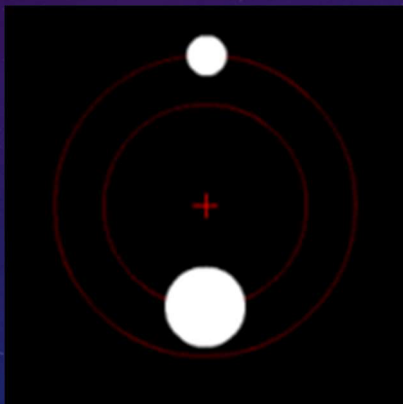
Il baricentro intorno a cui ruotano satellite e pianeta è a circa 1500 km dalla superficie terrestre

Un esempio ben noto

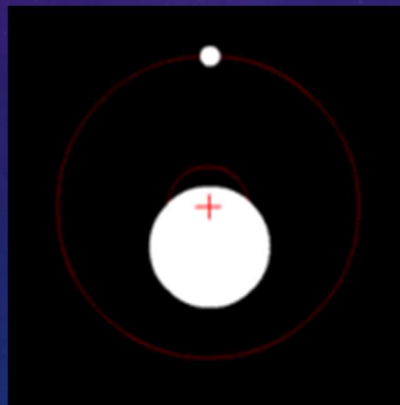
La differenza tra un sistema binario, come le stelle doppie o i pianeti doppi, e un satellite è proprio nella distanza tra le due masse e nel loro rapporto che determina dove si trova il baricentro.

Se è nello spazio compreso tra i due oggetti parliamo di sistema binario o doppio.

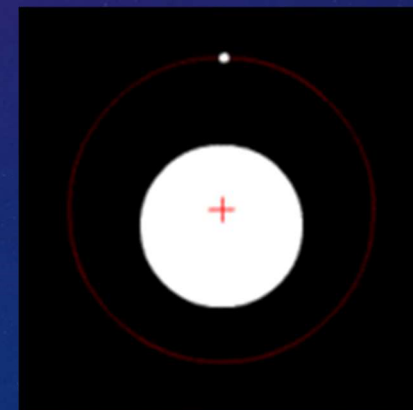
Se è all'interno di uno dei due si considera quello con massa minore come satellite del più massivo.



Pianeta doppio



satellite massiccio



satellite leggero



Satelliti naturali

*I satelliti possono essere in **rotazione sincrona**
periodo di rotazione = periodo di rivoluzione*

*Il satellite compie una rotazione su se stesso nello
stesso tempo in cui compie un giro intorno al pianeta*



come la Luna

*dalla superficie del pianeta si osserva sempre la stessa
faccia del satellite.*

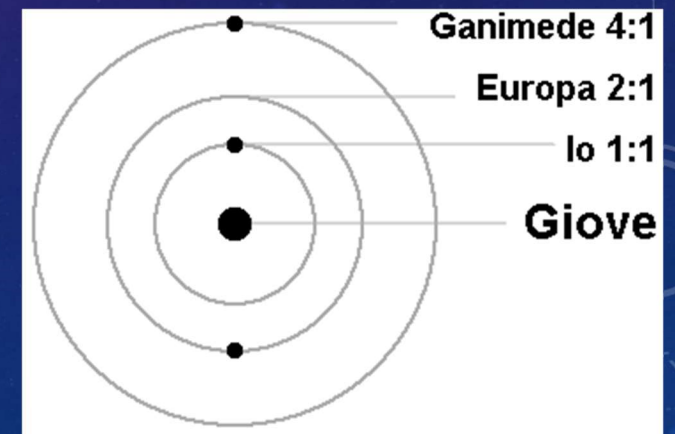


Satelliti naturali

*Se un pianeta ha più satelliti, le forze gravitazionali reciproche molto spesso danno luogo a un fenomeno di **risonanza** la cui conseguenza è che i periodi di rivoluzione hanno un rapporto esprimibile come frazioni di numeri interi piccoli (risonanza orbitale) come nel caso di Plutone e Nettuno che hanno un rapporto 2:3.*

Un caso particolare è quando il rapporto è un numero intero (risonanza di Laplace).

Le risonanze rendono le orbite molto stabili.



risonanza di Laplace dei satelliti galileiani di Giove 1:2:4



Quanti satelliti naturali?

Nel sistema solare tutti i pianeti tranne Venere e Mercurio hanno satelliti ma solo la Luna è visibile senza strumenti.

Galileo scopre col telescopio i 4 satelliti principali di Giove nel 1610. Fino alla fine del '600 se ne conoscevano solo 10, e 22 alla fine del '800.



Quanti satelliti naturali?

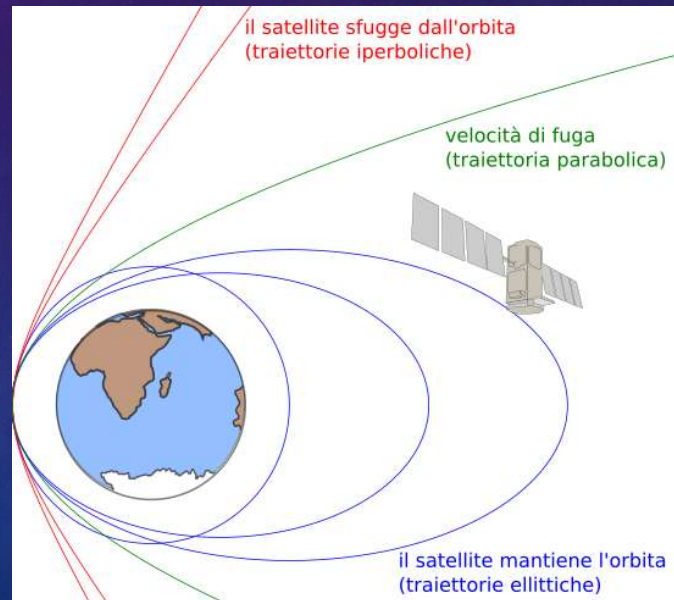
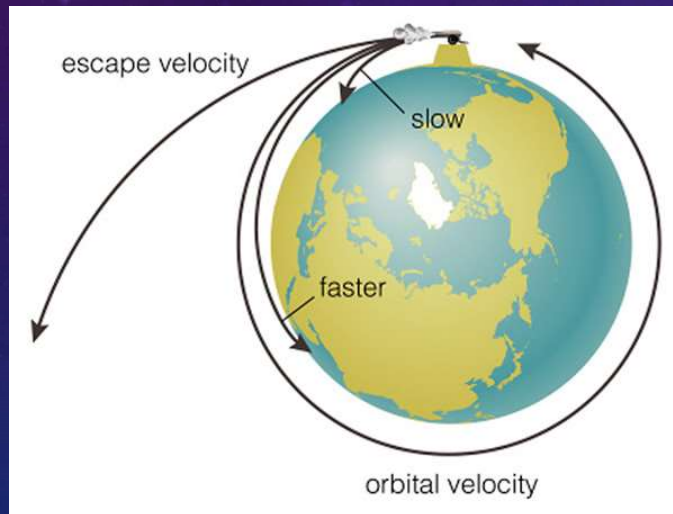
Oggi ne sono stati individuati più di 160

SATELLITE						
PROPRIETÀ DEI S. PRINCIPALI						
planeta	satellite (km ²)	semiasse maggiore dell'orbita (10 ³ km)	periodo di rivoluzione (giorni)	diametro medio (km)	massa (kg)	densità media (g/cm ³)
Terra	Luna	384,4	27,32	3476	7,4·10 ²²	3,34
Marte	Fobos	9,4	0,32	22,2	1·10 ¹⁶	1,9
	Deimos	23,5	1,26	12,6	2,2·10 ¹⁵	2,2
Giove	Metis	128	0,30	43	1,2·10 ¹⁷	3,0
	Adrastea	129	0,30	20	7,5·10 ¹⁵	3,0
	Amaltea	182	0,50	172	2,1·10 ¹⁸	0,9
	Thebe	222	0,67	100	1,5·10 ¹⁸	3,0
	Io	422	1,77	3642	8,9·10 ²²	3,5
	Europa	671	3,55	3120	4,8·10 ²²	3,0
	Ganimede	1071	7,16	5262	1,5·10 ²³	1,9
	Callisto	1884	16,69	4820	1,1·10 ²³	1,8
	Leda	11.110	240	20	1,1·10 ¹⁶	2,6
	Himalia	11.470	250,60	170	9,6·10 ¹⁸	2,6
	Lisitea	11.710	260	36	7,7·10 ¹⁶	2,6
	Elara	11.740	260,10	86	8,7·10 ¹⁷	2,6
	Ananke	20.700	617	30	3·10 ¹⁶	2,6
	Carme	22.350	692	44	1,3·10 ¹⁷	2,6
Pasifae	23.300	743	60	3·10 ¹⁷	2,6	
Sinope	23.700	724	36	7,8·10 ¹⁶	3,1	
Saturno	Pan	134	0,58	30	2,7·10 ¹⁵	0,6
	Atlante	138	0,60	31	6·10 ¹⁵	0,3
	Prometeo	139	0,61	86	1,6·10 ¹⁷	0,5
	Pandora	142	0,63	81	1,4·10 ¹⁷	0,5
	Epimeteo	151	0,69	113	5·10 ¹⁷	0,7
	Giano	151	0,69	179	1,9·10 ¹⁸	0,6
	Mimas	186	0,94	390	4,5·10 ¹⁹	1,2
	Encelado	238	1,37	500	8,4·10 ¹⁹	1,2
	Teti	295	1,89	1048	7,5·10 ²⁰	1,2
	Calipso	295	1,89	21	—	—
	Talesto	295	1,89	24	—	—
	Dione	377	2,74	1120	1,1·10 ²¹	1,4
	Elena	377	2,74	32	—	—
	Rea	527	4,52	1530	2,5·10 ²¹	1,3
	Titano	1.222	15,94	5150	1,4·10 ²³	1,9
	Iperione	1.481	21,28	270	5,7·10 ¹⁸	0,6
	Giapeto	3.562	79,33	1472	1,9·10 ²¹	1,3
Phoebe	12.952	550,4	220	8,3·10 ¹⁸	1,6	
Urano	Cordelia	49,7	0,34	40	4,4·10 ¹⁶	1,3
	Ofeia	53,8	0,38	15	8·10 ¹⁷	1,3
	Bianca	59,2	0,44	21	8·10 ¹⁷	1,3
	Cressida	61,8	0,46	80	3,4·10 ¹⁷	1,3
	Desdemona	62,7	0,47	64	1,8·10 ¹⁷	1,3
	Giulietta	64,4	0,49	94	5,6·10 ¹⁷	1,3
	Porzia	66,1	0,51	135	1,7·10 ¹⁸	1,3
	Rosalinda	69,9	0,56	72	2,5·10 ¹⁷	1,3
	Belinda	75,3	0,62	81	3,6·10 ¹⁷	1,3
	Puck	86,0	0,76	162	2,9·10 ¹⁸	1,3
	Miranda	130	1,41	470	6,6·10 ¹⁹	1,2
	Ariele	191	2,52	1160	1,3·10 ²¹	1,7
	Umbriel	266	4,14	1170	1,3·10 ²¹	1,5
	Titania	436	8,71	1580	3,5·10 ²¹	1,7
Oberon	583	13,46	1520	3,0·10 ²¹	1,6	
Nettuno	Naiade	48,0	0,30	66	1,9·10 ¹⁷	1,2
	Thalassa	50,0	0,31	82	3,7·10 ¹⁷	1,3
	Despina	52,2	0,33	150	2,1·10 ¹⁸	1,2
	Galatea	62,0	0,43	176	3,7·10 ¹⁸	1,3
	Larissa	73,6	0,55	190	4,9·10 ¹⁸	1,3
	Proteo	118	1,12	400	5·10 ¹⁹	1,3
	Tritone	355	5,88	2700	2,1·10 ²²	2,1
Nereide	5.513	360,2	340	3,1·10 ¹⁹	1,5	
Plutone	Caronte	19,6	6,39	1200	1,5·10 ²¹	1,65



Satelliti artificiali

I satelliti artificiali sono apparati realizzati e messi in orbita dall'uomo a supporto di attività scientifiche o tecniche.



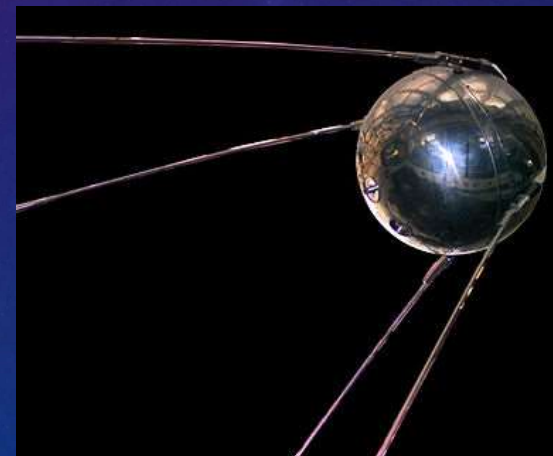


I primi satelliti

Il primo satellite artificiale, **Sputnik* 1**, fu lanciato il 4 ottobre 1957. Era molto semplice: una piccola sfera di alluminio delle dimensioni di una palla da spiaggia di 83,6 kg, con quattro antenne. Il lancio di questo satellite segnò l'inizio dell'era spaziale.



* compagno i viaggio in russo



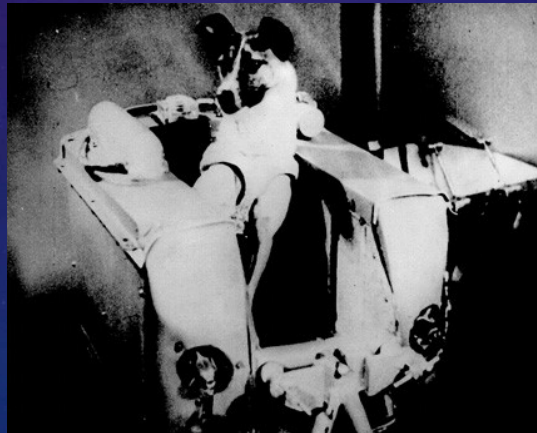
Una replica dello Sputnik 1 conservata nel National Air and Space Museum.



I primi satelliti

Lo **Sputnik 1** rimase in orbita circa 3 mesi, trasmettendo un segnale radio rilevato dai radioamatori di tutto il mondo per 3 settimane.

Il tracciamento da Terra permise dalla sua resistenza sull'orbita di dedurre la densità dell'atmosfera superiore, mentre l'analisi della propagazione dei suoi segnali radio fornì dati sulla ionosfera.



Sputnik 2 (508 kg) con Laika, il primo essere vivente terrestre nello spazio il 3 novembre 1957 che morì però dopo 5 ore per gli sbalzi termici.

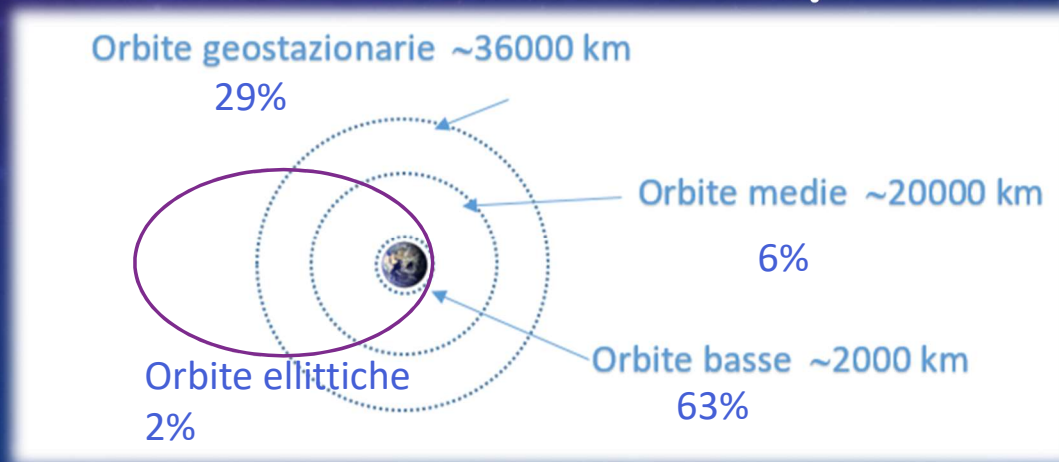


Diffusione

Il lancio dello Sputnik ha permesso di comprendere immediatamente le enormi potenzialità scientifiche, belliche e civili offerte dall'impiego dei satelliti artificiali.

Dagli esordi del volo spaziale sono stati lanciati circa 8900 satelliti da più di 40 nazioni, circa 5000 sono ancora in orbita (stima 2018) e solo circa 1900 ancora operativi.

- USA 859
- Cina 250
- Russia 146
- India 118
- Giappone 72
- UK 52.

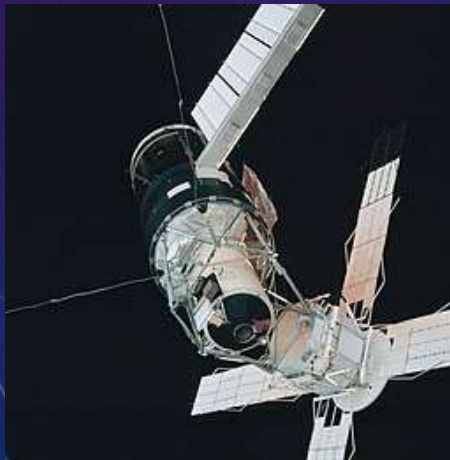




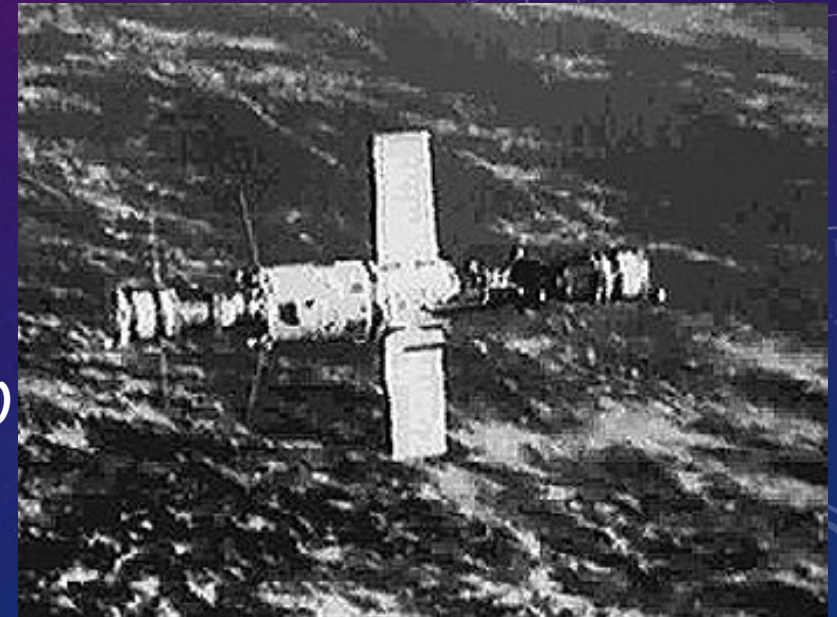
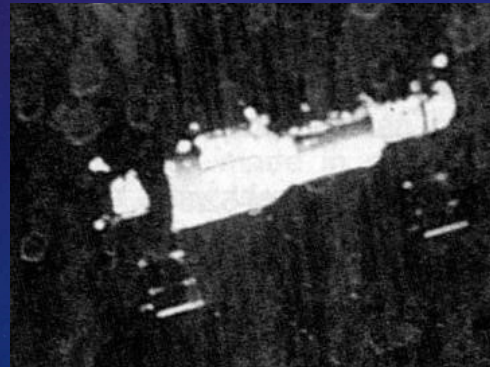
Diffusione

A questi si aggiungono alcune stazioni spaziali adatte a ospitare astronauti, lanciate a pezzi e assemblate in orbita.

- *Salyut (1971-1986) (monolitica)*
- *Skylab (1973-1979) (monolitica)*
- *Mir (1986-2000) (modulare)*
- *Tiangong (2011 - 2019) (modulare)*
- *International Space Station (ISS) (2000-in corso)*



Skylab



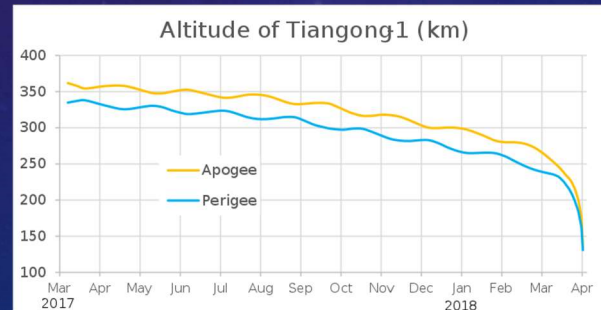
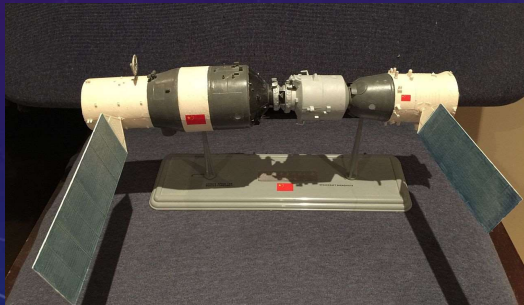
Salyut 1 e Salyut 6



Diffusione

A questi si aggiungono alcune stazioni spaziali adatte a ospitare astronauti, lanciate a pezzi e assemblate in orbita.

- *Salyut (1971-1986) (monolitica)*
- *Skylab (1973-1979) (monolitica)*
- *Mir (1986-2000) (modulare)*
- *Tiangong (2011 - 2019) (modulare)*
- *International Space Station (ISS) (2000-in corso)*



La stazione Mir

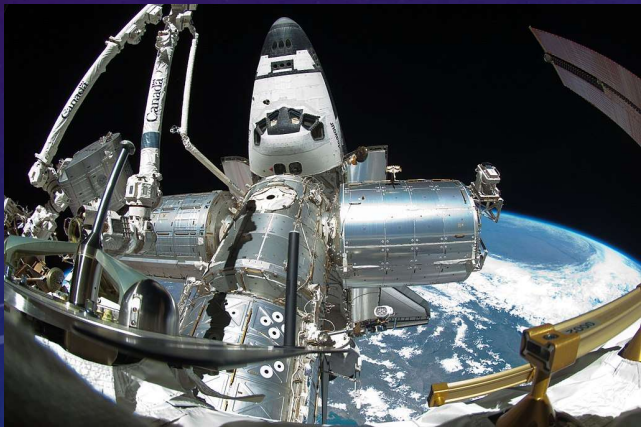
La stazione Tiangong 1 ha perso i contatti radio con la Terra il 16 marzo 2016 per poi rientrare in modo incontrollato nel 2018



Diffusione

A questi si aggiungono alcune stazioni spaziali adatte a ospitare astronauti, lanciate a pezzi e assemblate in orbita.

- *Salyut (1971-1986) (monolitica)*
- *Skylab (1973-1979) (monolitica)*
- *Mir (1986-2000) (modulare)*
- *Tiangong (2011 - 2019) (modulare)*
- *International Space Station (ISS) (2000-in corso) (modulare)*

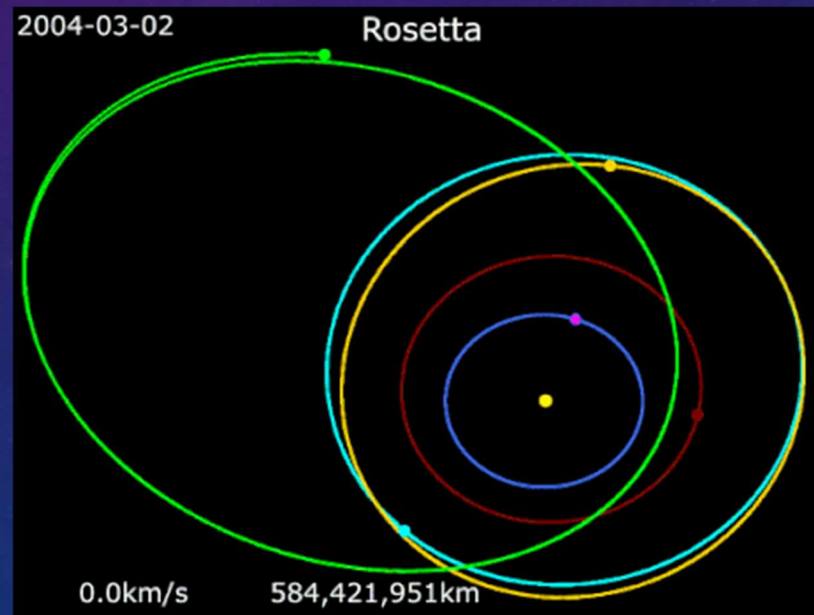


La Stazione Spaziale Internazionale è il più grande satellite artificiale (1998-2030)



Diffusione

Una dozzina di sonde sono state messe in orbita per studi scientifici come satelliti nel sistema solare intorno a Luna, Mercurio, Venere, Giove, Saturno, alcuni asteroidi, una cometa e Sole



La cometa Churyumov-Gerasimenko di cui la sonda Rosetta è diventata satellite e il suo viaggio nel sistema solare



Diffusione

Una dozzina di sonde sono state messe in orbita per studi scientifici come satelliti nel sistema solare intorno a Luna, Mercurio, Venere, Giove, Saturno, alcuni asteroidi, una cometa e Sole



La cometa Churyumov-Gerasimenko di cui la sonda Rosetta è diventata satellite per poi far atterrare sulla sua superficie il modulo Philae, un selfie di Rosetta mentre sorvola Marte, una ripresa della superficie della cometa da Philae.



Diffusione

Torniamo ai satelliti terrestri:

- *satelliti scientifici*
- *satelliti applicativi*
 - *bellici*
 - *civili*

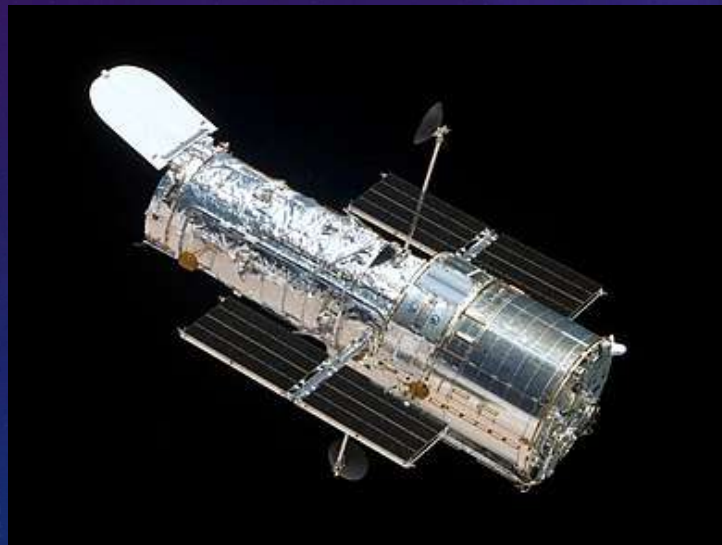


Satelliti scientifici

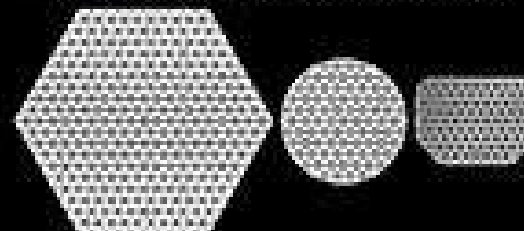
Oltre la Stazione Spaziale Internazionale e le sonde in giro per il sistema solare molti altri satelliti sono utilizzati per scopi scientifici, per esempio

-il telescopio spaziale Hubble (IR, UV, vis)

-il telescopio spaziale James Webb per l'astronomia a raggi infrarossi



Rear side view of mirrors showing relative size

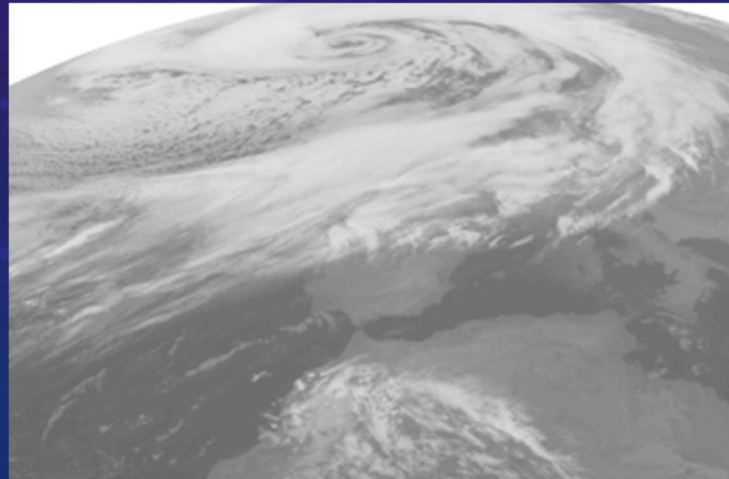


Secondary Mirror

18 segment Primary Mirror

Satelliti applicativi

- *telecomunicazioni di solito in orbita geostazionaria spesso sono inviati come una 'costellazione', cioè un insieme di satelliti tutti dedicati allo stesso scopo per esempio amplificare i segnali radio per permettere le comunicazioni telefoniche, le trasmissioni video/audio, individuare trasmettitori di per soccorso, ecc.*
- *metereologici in orbita geostazionaria (es. METEOSAT) o polare (es. NOAA)*



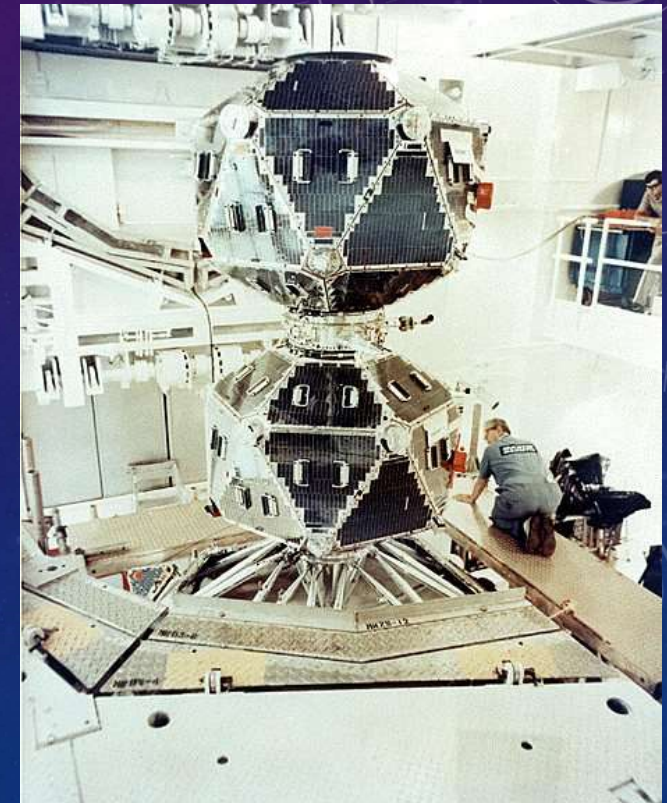


Satelliti applicativi

- *telerilevamento per l'osservazione sistematica della superficie terrestre (rilievi cartografici, ricerche geologiche, ecc.), es. satelliti Landsat, QuickBird, Envisat, IKONOS o RapidEye*
- *navigazione per esempio per la rete GPS e Galileo*
- *militari sia a scopo offensivo che difensivo, es. la rete di satelliti di monitoraggio nucleare Vela*



Envisat 2002-2012



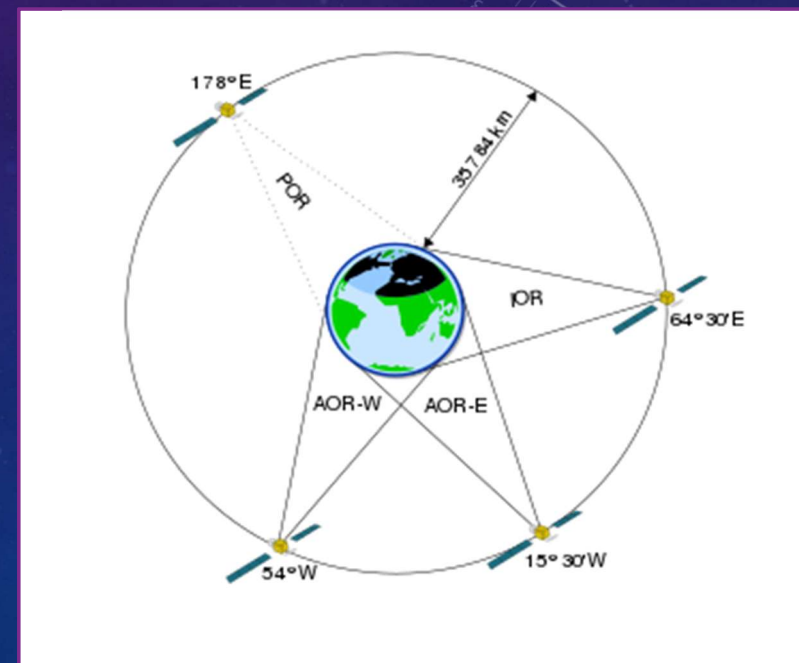
Vela 5



Indispensabili

Molte attività quotidiane dipendono direttamente dai satelliti, dall'uso del cellulare, alla televisione, dalla telematica alla navigazione marittima, aerea e terrestre e nel telerilevamento.

Quando decidiamo come vestirci per uscire guardiamo le previsioni meteo che dipendono da parametri fisici costantemente rilevati da reti di satelliti.



*copertura satellitare di un gestore mobile
UK Inmarsat*



Indispensabili

Il rilevamento di risorse geologiche quale acqua o giacimenti minerali, il monitoraggio di vulcani, il movimento delle faglie.

Ma anche scoprire nuovi siti archeologici, individuare estese attività criminali quali piantagioni di sostanze stupefacenti, individuare costruzioni illegali o altre attività proibite in siti protetti.

Monitorare fenomeni naturali inaspettati o imprevedibili quali il buco nell'ozono o il cambiamento climatico, i ghiacciai, i fiumi, i laghi, le temperature degli oceani,...

Monitoraggio del vento solare per evitare i miliardi di danni dell'ultima tempesta solare abbattutasi sulla Terra.



E il futuro

Nuovi satelliti sono in costruzione o già in orbita in fase di messa a punto sia a scopi scientifici che applicativi.

Nuovi telescopi, telerilevamento per l'analisi chimica (si potranno seguire le variazioni di inquinanti nell'aria, nei fiumi, ecc.), telerilevamento per la biologia valutando le variazioni delle popolazioni arboree ed animali,...

Satelliti per l'educazione alla scienza e allo spazio, all'astrobiologia, all'astromedicina, ...

E chissà quante altri usi inaspettati verranno messi a punto nel futuro!



link di interesse

<http://www.worldspaceweek.org/>

<https://www.asi.it/#divLagenzia>

<https://www.nasa.gov/>

https://it.wikipedia.org/wiki/Satellite_naturale

<https://aerospacecue.it/terra-luna-spazio-tutti-planeti/12624/>

http://www.ac-ilsestante.it/astronomia/i_grandi_astronomi/Newton/animazioni_newton/baricentro/baricentro_newton/baricentro_newton_01_blocco_popup.html

https://it.wikipedia.org/wiki/Pianeta_doppio

<https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite>

https://en.wikipedia.org/wiki/Space_station

https://en.wikipedia.org/wiki/International_Space_Station

<https://en.wikipedia.org/wiki/67P/Churyumov%E2%80%93Gerasimenko>



link di interesse

Immagini e animazioni

- Slide 4 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b2/Universal_gravitation.svg/330px-Universal_gravitation.svg.png
- Slide 5 https://aerospaceecue.it/wp-content/uploads/2019/07/drownedworld.myblog.it_.jpg
<http://i.imgur.com/Bmyfsjo.gif>
- Slide 6 http://www.ac-ilsestante.it/astronomia/i_grandi_astronomi/Newton/animazioni_newton/baricentro/baricentro.html
- Slide 7 https://it.wikipedia.org/wiki/Pianeta_doppio
- Slide 8 <https://grandeinvernodoc.altervista.org/cssmanuale/img/motilunari1.gif>
- Slide 9 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/it/5/57/Galilean_moon_Laplace_resonance_animation_it.gif
- Slide 11 https://images.treccani.it/enc/media/share/images/orig/system/galleries/NPT/VOL_9/IMMAGINI/satellite_Tab.jpg
- Slide 12 <https://www.matematicamente.it/wp-content/uploads/2017/02/traiettorie-satellite.png>
<https://astrofisicain1minuto.files.wordpress.com/2015/09/fig5-3.jpg>
- Slide 13 <https://history.nasa.gov/sputnik/sputnik1.jpg>
- Slide 14 <https://history.nasa.gov/sputnik/laika.jpg>
- Slide 16 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d4/Skylab_3_flyaround.jpg/255px-Skylab_3_flyaround.jpg
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/4/49/Salyut_6.jpg
<https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=23535341> By Viktor Patsayev - <http://www.astronautix.com/graphics/s/sal1foto.jp>
- Slide 17 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f2/Mir_during_STS-74_%28cropped%29.jpg/330px-Mir_during_STS-74_%28cropped%29.jpg
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=51692069> By Leebrandoncremer - Personal Photograph Previously published: No, CC BY-SA 4.0,
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0e/Altitude_of_Tiangong-1.svg/750px-Altitude_of_Tiangong-1.svg.png
- Slide 18 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/44/Endeavour_docked_to_ISS.jpg/255px-Endeavour_docked_to_ISS.jpg
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/89/STS-116_spacewalk_1.jpg/330px-STS-116_spacewalk_1.jpg
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/17/STS-134_EVA4_view_to_the_Space_Shuttle_Endavour.jpg/288px-STS-134_EVA4_view_to_the_Space_Shuttle_Endavour.jpg
- Slide 19 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/81/Comet_67P_on_19_September_2014_NavCam_mosaic.jpg/330px-Comet_67P_on_19_September_2014_NavCam_mosaic.jpg
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bd/Animation_of_Rosetta_trajectory.gif/465px-Animation_of_Rosetta_trajectory.gif
- Slide 20 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e2/Rosetta%E2%80%99s_self-portrait_at_Mars_%2812743274474%29.jpg/330px-Rosetta%E2%80%99s_self-portrait_at_Mars_%2812743274474%29.jpg
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/01/67P_Churyumov-Gerasimenko_surface.gif/330px-67P_Churyumov-Gerasimenko_surface.gif
- Slide 22 <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3f/HST-SM4.jpeg/390px-HST-SM4.jpeg>
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6b/Four_types_of_mirrors_on_the_Webb_telescope.jpg/330px-Four_types_of_mirrors_on_the_Webb_telescope.jpg
- Slide 23 <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15041870> By Ball Aerospace - <http://jointmission.gsfc.nasa.gov/photos.html>
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fb/Braer_Storm_1993-01-11.gif/330px-Braer_Storm_1993-01-11.gif
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/76/METEOSAT.gif>



link di interesse

Immagini e animazioni

Slide 24 <https://it.wikipedia.org/w/index.php?curid=260549><https://it.wikipedia.org/w/index.php?curid=260549>

Di Los Alamos National Laboratory, - http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/vela5b/vela5b_images.html. Originally from de.wikipedia; description page is/was here., Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3121794>

Slide 25 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e0/Couverture_satellite_inmarsat.svg/330px-Couverture_satellite_inmarsat.svg.png

Grazie per l'attenzione