



01

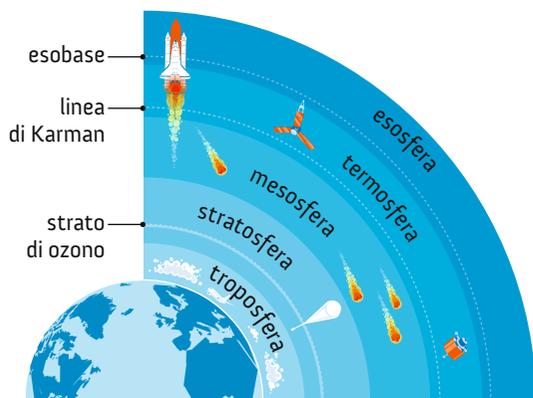
**IL TELESCOPIO SPAZIALE
JAMES WEBB**



L'immagine del NASA Earth Observatory mostra un vortice di nuvole posto fra la Terra e il cosmo. L'atmosfera terrestre blocca la radiazione infrarossa.

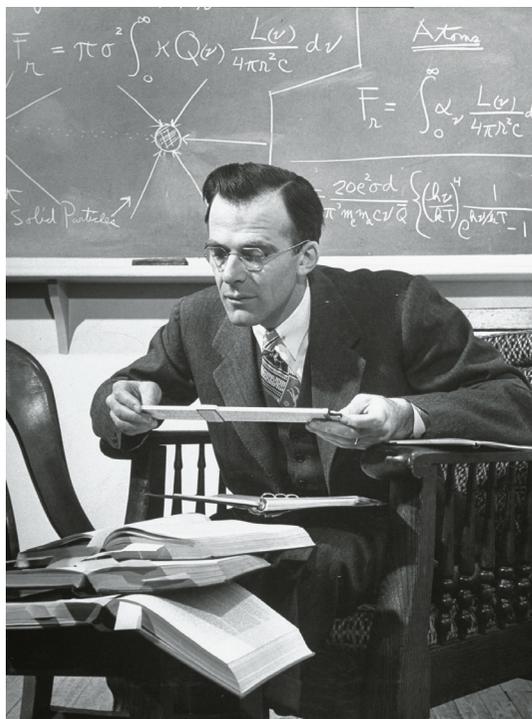
LA TERRA NON È IL LUOGO MIGLIORE per osservare il cosmo. Il nostro pianeta è ricoperto da un'atmosfera ricca di azoto, ossigeno e vari altri gas. Questo scudo vitale non solo ci permette di respirare, ma regola anche la temperatura al suolo e ci protegge dalle intense radiazioni solari. Se non avessimo l'atmosfera, la vita come la conosciamo non potrebbe esistere sul nostro pianeta. I raggi del Sole brucerebbero il terreno arido e non ci sarebbe alcuna "coperta di sicurezza" a esercitare la pressione necessaria a mantenere l'acqua nella sua forma liquida.

Eppure, nonostante tutte le sue qualità nel proteggere la vita, l'atmosfera non è particolarmente densa. La maggior parte di essa è racchiusa nella troposfera, il suo strato inferiore, che ha uno spessore di circa 12 chilometri. Nella sua interezza, l'atmosfera si estende per circa 100 chilometri dal suolo. Paragonate il suo spessore al diametro della Terra, di poco inferiore ai 13.000 chilometri, e potete immaginare quanto sia sottile l'atmosfera.



L'atmosfera si estende per circa 100 chilometri dalla superficie terrestre e protegge il nostro pianeta dalle radiazioni solari.

L'astronomo americano Lyman Spitzer propose per primo un "osservatorio extraterrestre" nel 1946.



Ma questa nostra atmosfera, per quanto sottile, influenza drammaticamente i segnali in arrivo dallo spazio – dal Sole e da tutti gli altri corpi celesti – assorbendoli, smorzandoli e distorcendoli. Una parte di questa distorsione la vediamo con i nostri occhi, ma di fatto essa oscura anche ampie fasce dell'universo che ci circonda. Ciò è particolarmente vero per le lunghezze d'onda che escono dalla gamma della luce visibile. È un po' come cercare di guardare lontano con gli occhiali sporchi. Oltre a questa distorsione naturale, le nostre luci, radio e varie altre tecnologie spesso hanno la meglio sui segnali relativamente deboli provenienti dallo spazio. È difficile rilevare la debole luce di una torcia in una stanza molto illuminata.

I telescopi sulla Terra sono diventati sempre più sofisticati e impressionanti – il loro sguardo è diventato più sensibile, i loro computer sempre più potenti – ma non possono fare molto per vedere attraverso la coltre atmosferica. Ecco perché alcuni dei progetti astronomici più entusiasmanti degli ultimi decenni, come l'Hubble e il Webb, si trovano ben oltre dal velo accecante dell'atmosfera terrestre.

I TELESCOPI SPAZIALI

I telescopi spaziali non hanno i problemi dell'atmosfera terrestre o delle interferenze luminose. Si collocano al di sopra della nostra cupola protettiva e a una distanza relativamente sicura da noi esseri umani e dai nostri rumorosi gadget. Nel 1946 l'astronomo e fisico teorico americano Lyman Spitzer propose per primo un "osservatorio extraterrestre", sostenendo che ciò avrebbe superato molte delle sfide che devono affrontare i telescopi terrestri.

Era un'idea ambiziosa. A quel tempo non avevamo mandato nello spazio nemmeno un satellite. Sarebbero trascorsi altri due decenni prima che potessimo portare un telescopio oltre l'atmosfera terrestre, ma l'idea di Spitzer ha costituito la base dei numerosi osservatori che da allora l'umanità ha mandato nello spazio.

Questa idea dello spazio incontaminato, tuttavia, ha un costo. I telescopi spaziali tendono ad avere un prezzo elevato. Hanno anche un numero limitato di funzioni, poiché ogni chilogrammo lanciato costa molto, sia in termini di costruzione sia per la messa in orbita. Ciò significa che, quando gli enti spaziali lanciano un telescopio, devono pesare attentamente (anche in senso letterale) i pro e i contro di ogni strumento e componente che collocano a bordo.

Ma senza questi occhi nel cielo rimarremmo ciechi di fronte a molte meraviglie dell'universo, e molte delle nostre domande sulla vita sulla Terra e oltre, inclusa la natura stessa della materia, potrebbero rima-

nere senza risposta. Il Webb, con i suoi strumenti progettati su misura, può osservare molte parti per noi velate del cosmo, permettendoci di guardare più in profondità che mai.

Grazie alle nuove tecnologie, siamo in grado di vedere ben oltre la nostra galassia. L'Hubble – considerato da molti il predecessore del Webb – ci ha permesso di stimare il numero di galassie esistenti nell'universo. La conclusione è stata che ce ne sarebbero circa 200 miliardi, la grande maggioranza delle quali si sta allontanando da noi come parte di un vasto modo di espansione dell'universo. Ma con il Webb, si apre un nuovo capitolo di scoperte.

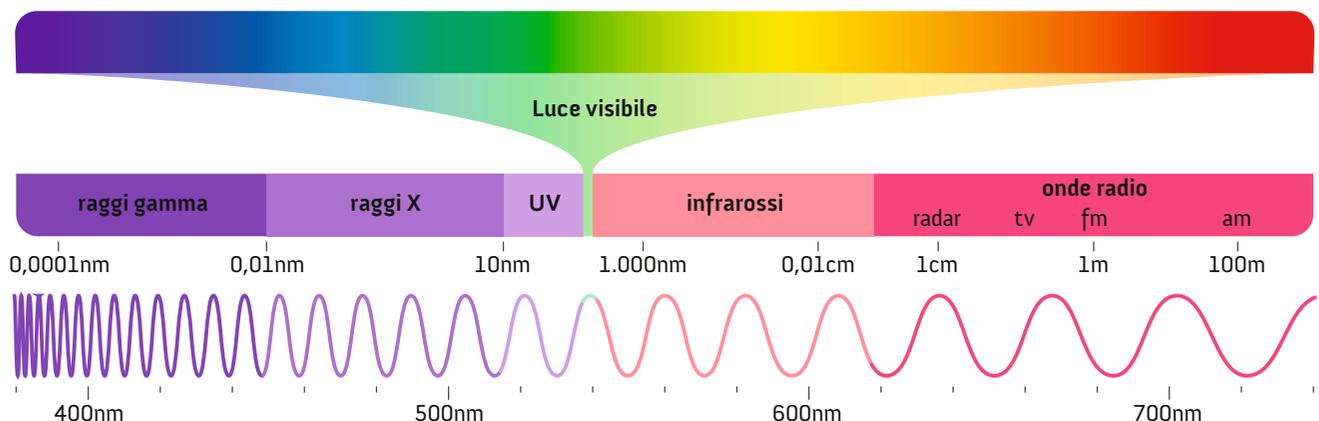
AI MARGINI ESTERNI DELL'ARCOBALENO

Le radiazioni permeano l'universo, alcune di esse sono visibili e altre no. La radiazione emessa dalle stelle e da alcuni altri corpi celesti si presenta sotto varie forme. Tutto ciò comprende una parte di quello che chiamiamo spettro elettromagnetico: onde che viaggiano attraverso il vuoto dello spazio. La radiazione è una delle poche cose che può farlo, e quindi è importante per noi astronomi: per comprendere l'universo, analizziamo la radiazione che emette.

Le onde dello spettro elettromagnetico variano quanto a energia: alcune sono più energetiche di altre, in base alla loro lunghezza d'onda.

La nostra stella, il Sole, per esempio, emette un'intera gamma di lunghezze d'onda. Quelle più corte, come i raggi gamma e X, hanno livelli energetici più elevati. Queste onde possono causare gravi danni alle cellule, quindi cerchiamo di averci a che fare il meno possibile. Intorno alla metà dello spettro si trovano le radiazioni ultraviolette (UV), visibili e infrarosse (IR), che sono meno energetiche. Possiamo rilevare la luce visibile con i nostri occhi, sentire la radiazione infrarossa sulla pelle e proteggerci dalle radiazioni ultraviolette utilizzando creme so-

La luce visibile occupa una piccola porzione dello spettro elettromagnetico.



lari. All'estremità energetica più bassa dello spettro elettromagnetico troviamo le microonde e le onde radio. Tutti questi diversi tipi di radiazioni sono ovunque, nell'universo.

L'ampia gamma di lunghezze d'onda che compongono lo spettro elettromagnetico ci consente di osservare l'universo in vari modi. In passato, le principali lunghezze d'onda utilizzate per l'astronomia erano quelle che compongono la luce visibile, il che ha senso, dato che possiamo vederle con i nostri occhi. Ma con il miglioramento delle tecnologie, siamo stati in grado di creare strumenti in grado di captare altre lunghezze d'onda. Tuttavia, non tutte queste onde penetrano nella nostra atmosfera; quindi, per ottenere l'intera gamma delle onde elettromagnetiche, alcuni sensori devono essere collocati nello spazio, al di sopra dell'atmosfera.

Molte delle centinaia di osservatori, satelliti e sonde lanciate nello spazio hanno esaminato quelle parti dello spettro elettromagnetico che sono difficili da osservare da Terra, a causa dell'assorbimento atmosferico. Il fatto di collocare telescopi a luce visibile nello spazio sopra l'atmosfera aiuta anche a contrastare la distorsione atmosferica, rendendo possibile ottenere una visione molto più nitida dell'universo.

Il Webb è uno di questi esempi. Sta rilevando la luce infrarossa, in una gamma di lunghezze d'onda che non penetrerebbe con facilità l'atmosfera terrestre. La luce infrarossa ricevuta dallo spazio è molto, molto debole, quindi dobbiamo anche fare i conti con il fatto che, sulla superficie terrestre, tali segnali sarebbero sommersi dalle fonti infrarosse del nostro pianeta e dal Sole. Il Webb è stato posto a 1,5 milioni di chilometri dal nostro pianeta, affinché sia efficace, e sono state prese molte precauzioni per evitare che venisse sopraffatto da queste altre fonti di radiazione infrarossa.

Questa immagine è stata catturata dopo che il Webb è stato rilasciato nello spazio. Una volta lasciata la navicella spaziale, gli scienziati non avevano modo di risolvere eventuali problemi meccanici.





I PREDECESSORI DEL WEBB

Prima del Webb, ci sono state altre missioni spaziali che hanno gettato le basi per le conoscenze che hanno portato alla sua progettazione.

IL TELESCOPIO SPAZIALE HUBBLE

Il telescopio spaziale Hubble della NASA è entrato in orbita nel 1990 e continua a trasmettere splendide immagini. Prende il nome dall'astronomo americano Edwin Hubble, il cui lavoro ci ha aiutato a comprendere sia la scala dell'universo sia il fatto che è in espansione.

Come il Webb, anche l'Hubble era in lavorazione da decenni. Il primo gruppo di lavoro scientifico relativo al telescopio, allora noto come Large Space Telescope, risale al 1974, e i finanziamenti furono approvati nel 1977.

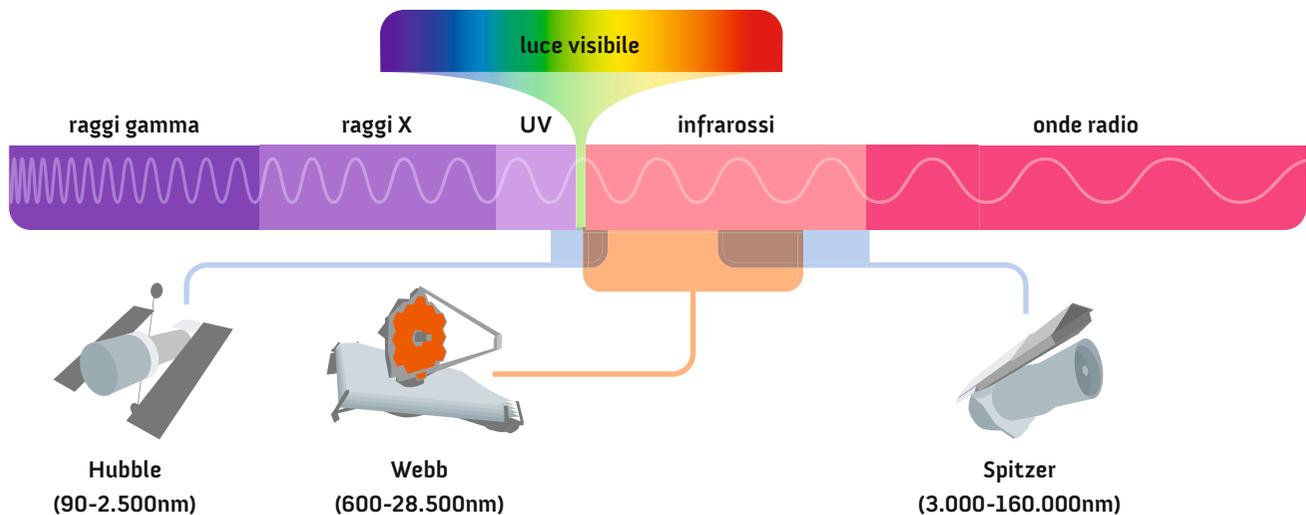
Alla fine, lanciato il 24 aprile 1990 e collocato in orbita bassa (a circa 500 chilometri di quota), la sua vita non iniziò senza intoppi. Due mesi dopo il lancio, la NASA annunciò che c'era un difetto nello specchio primario del telescopio. La sua curvatura deviava di circa due micron, 1/200 dello spessore di un'unghia umana. Un piccolo difetto che, tuttavia, impediva al sensibilissimo Hubble di vedere chiaramente. Le immagini prodotte erano sfocate e non migliori di quelle ottenibili dalla superficie terrestre.

Non era possibile sostituire nello spazio il suo specchio da 2,4 metri, quindi gli astronauti gli hanno collegato un nuovo strumento. Grande circa quanto una cabina telefonica, il COSTAR (Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement) è, in pratica, come un paio di occhiali che correggono i difetti della vista dell'Hubble. Nei suoi oltre trent'anni di funzionamento, il telescopio ha visto molti altri aggiornamenti, e gli astronauti lo hanno sottoposto a manutenzione *in situ* e gli hanno aggiunto nuovi strumenti nel corso di cinque missioni. Sfortunatamente, dalla fine del programma NASA Space Shuttle, nel 2011, non sono stati possibili ulteriori aggiornamenti.

L'Hubble osserva il cosmo dalle lunghezze d'onda dall'ultravioletto attraverso la gamma visibile fino all'infrarosso vicino e finora ha effettuato più di 1,5 milioni di osservazioni. Molte di queste hanno cambiato radicalmente la nostra comprensione dell'universo.

Poiché il telescopio spaziale Hubble si trova nell'orbita terrestre bassa, gli astronauti hanno intrapreso diverse missioni per la manutenzione e l'aggiornamento del telescopio. Queste missioni si sono concluse insieme al programma NASA Space Shuttle nel 2011.

All'inizio degli anni '90, l'Hubble ha assistito all'espulsione di materiale da un buco nero, cosa che fino ad allora era stata una possibilità teorica ma mai osservata. I buchi neri sono regioni dello spazio in cui la gravità è così intensa che nemmeno la luce può sfuggire, e possono formarsi quando una stella molto massiccia collassa su se stessa. Di conseguenza, non è possibile immaginarli direttamente – perché



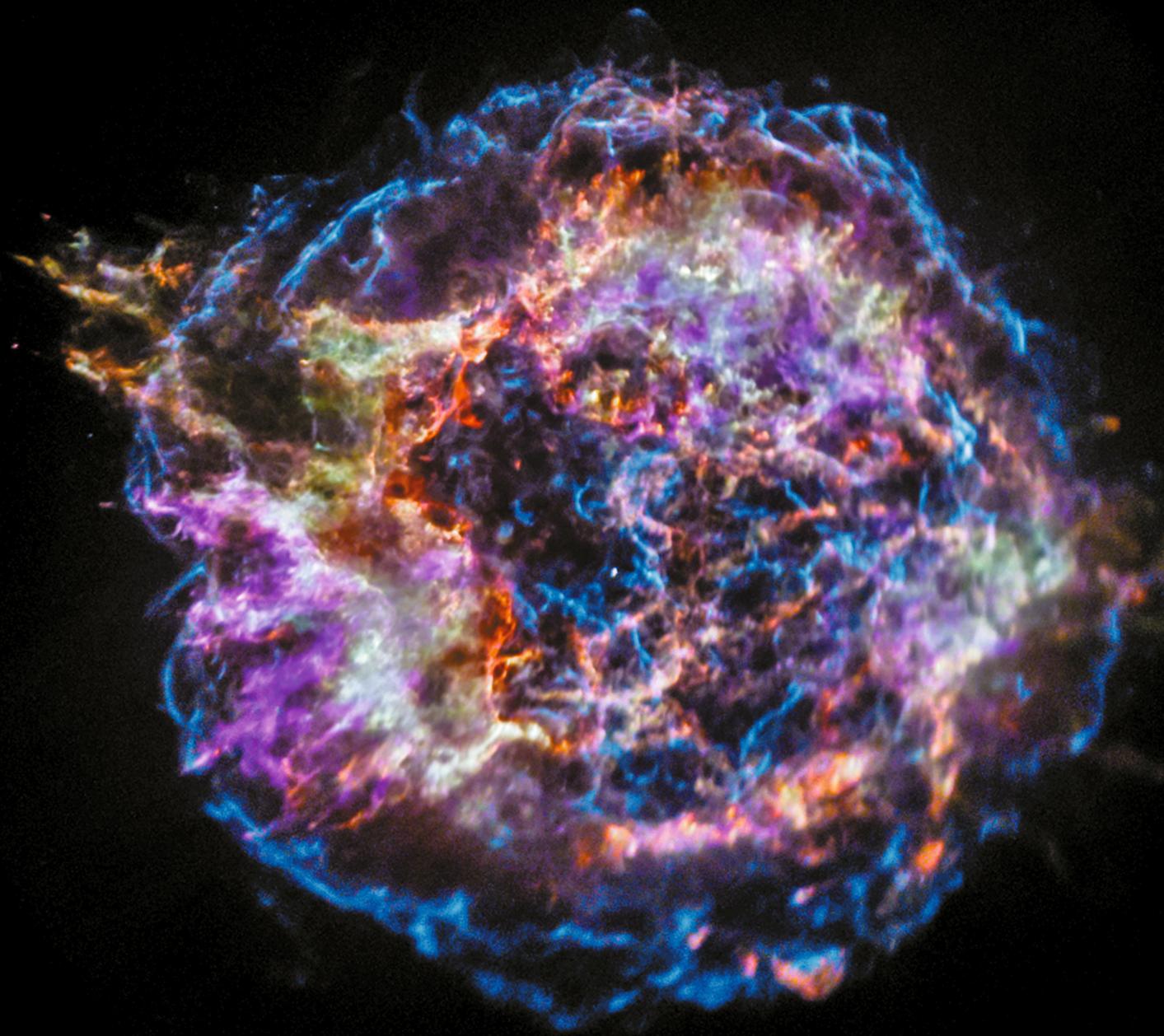
I telescopi spaziali osservano diverse porzioni dello spettro elettromagnetico. Per esempio, l'Hubble osserva la gamma visibile e ultravioletta; il Webb e lo Spitzer sono entrambi specializzati nei segnali infrarossi, ma in parti diverse della gamma. Il Webb si concentra su forme leggermente più energetiche della radiazione infrarossa.

la luce viene risucchiata e non emessa da un buco nero – quindi gli astronomi li possono identificare dal modo in cui si comporta la materia circostante. Successivamente l'Hubble confermò l'esistenza di buchi neri supermassicci al centro della maggior parte delle galassie. I buchi neri supermassicci sono, come suggerisce il nome, giganteschi buchi neri che possono essere fino a un miliardo di volte più grandi del Sole. Le osservazioni dell'Hubble hanno anche rivelato la forma e la struttura di moltissime galassie e gli astronomi, utilizzando i suoi dati, hanno dimostrato che l'espansione dell'universo sta accelerando, non rallentando. Il telescopio è stato determinante anche per trovare la prima prova diretta dell'esistenza della materia oscura nell'universo.

In un certo senso, il Webb è il successore dell'Hubble, ma i due telescopi sono stati progettati per osservare lunghezze d'onda differenti. In effetti, molte delle scoperte dell'Hubble hanno definito gli obiettivi scientifici del Webb, inclusa la sua gamma di lunghezze d'onda. Gli scienziati stanno ora ottenendo i migliori risultati combinando i dati forniti da entrambi i telescopi, realizzando formidabili osservazioni congiunte.

A DESTRA: la NASA e l'Agenzia spaziale europea hanno rilasciato questa immagine del giovane ammasso stellare Westerlund 2 e dei suoi dintorni il 23 aprile 2015 per celebrare il venticinquesimo anno della messa in orbita del telescopio Hubble.





A SINISTRA: l'immagine a raggi X di Cassiopea A del Chandra mostra i numerosi elementi espulsi da questo famoso resto di supernova. Silicio (rosso), zolfo (giallo), calcio (verde) e ferro (viola) – così come carbonio, azoto, fosforo e idrogeno – si stanno riversando nello spazio che circonda l'ex supernova.

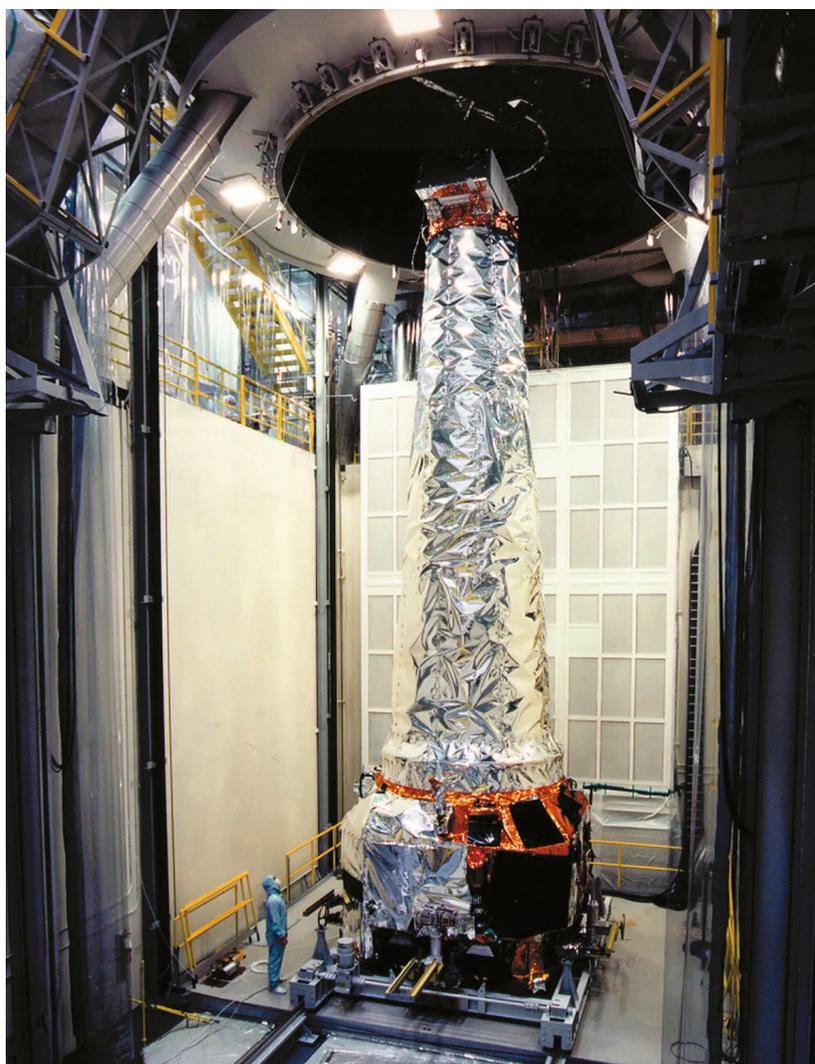
CHANDRA X-RAY OBSERVATORY

Il Chandra X-ray Observatory era stato originariamente chiamato Advanced X-ray Astrophysics Facility, ma è stato ribattezzato in onore dell'astrofisico indiano-americano Subrahmanyan Chandrasekhar, vincitore del premio Nobel. In sanscrito, *chandra* significa luminoso, splendente ed è usato come nome per la nostra Luna.

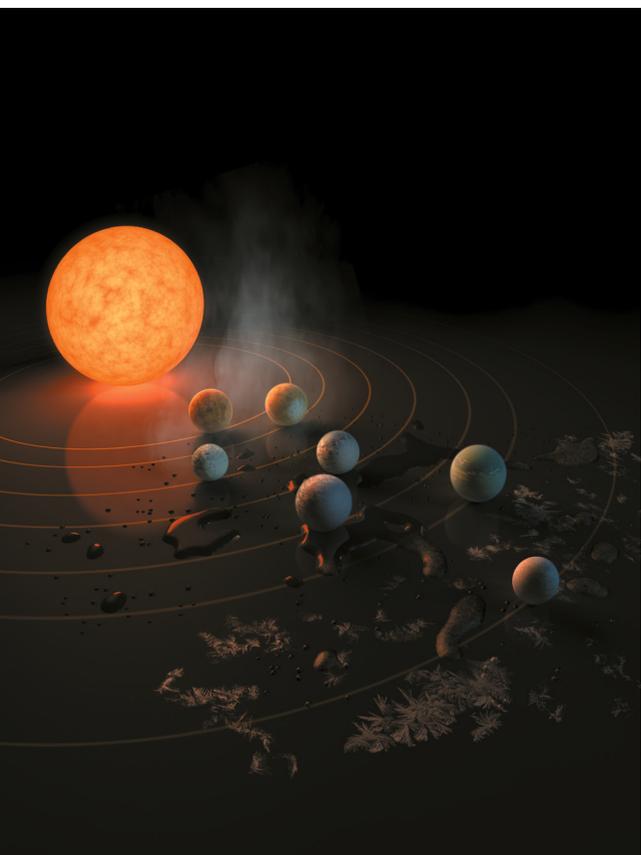
Lanciato nel 1999, il Chandra rileva i raggi X, emissioni ad alta energia generate da aree molto calde dell'universo, dove le temperature raggiungono milioni di gradi, cosa che li rende molto luminosi. Ciò comprende corpi celesti come le pulsar, resti di supernove e stelle esplosive, nonché dischi di materia che circondano i buchi neri.

Poiché l'atmosfera terrestre assorbe la maggior parte dei raggi X in arrivo, il Chandra orbita attorno alla Terra sopra la sua atmosfera. Insolitamente, viaggia intorno al nostro pianeta su un'orbita altamente ellittica, che completa ogni sessantaquattro giorni.

Il Chandra ha osservato la regione centrale della nostra galassia attorno al suo buco nero supermassiccio e ha anche identificato altri buchi neri. Il suo sguardo a raggi X viene spesso sovrapposto ai dati del Webb, consentendo agli astronomi di ottenere informazioni su ampie fasce dello spettro elettromagnetico.



A DESTRA: prima del lancio, gli scienziati hanno provato a usare il Chandra in una gigantesca camera a vuoto termica, per imitare le dure condizioni che avrebbe trovato nello spazio.



Rappresentazione artistica della stella Trappist-1 e dei suoi sette pianeti: una delle grandi scoperte dello Spitzer.

IL TELESCOPIO SPAZIALE SPITZER

Lanciato nel 2003, il telescopio spaziale Spitzer della NASA avrebbe dovuto essere operativo solo per due anni e mezzo, ma gli scienziati sono stati in grado di continuare le sue attività fino al 2020. Trae il suo nome da Lyman Spitzer, una delle prime persone a proporre l'idea di utilizzare i telescopi nello spazio (pagina 17), ed è stato il terzo telescopio spaziale dedicato all'astronomia a infrarossi. Può quindi essere certamente considerato come un precursore del Webb.

Lo specchio del telescopio Spitzer aveva un diametro di soli 85 centimetri, all'incirca le dimensioni di un hula hoop, che è piccolo per un telescopio a infrarossi. La missione aveva tre strumenti scientifici raffreddati criogenicamente, vale a dire una telecamera ad array, uno spettrografo e un fotometro per immagini multibanda. Affinché questi strumenti potessero funzionare in modo efficace, sono stati raffreddati a una temperatura di -268°C utilizzando 360 litri di elio liquido. Questo sistema criogenico assicurava che le telecamere potessero rilevare i bassi livelli di radiazione infrarossa senza essere influenzate dal calore degli altri sistemi di bordo. Ma con una fornitura limitata di elio, questo raffreddamento non poteva durare per sempre; alla fine l'elio si è esaurito nel 2009, durando però molto più a lungo di quanto i suoi progettisti si aspettassero. Ma la missione è continuata anche solo con la telecamera a infrarossi, in quella che gli scienziati della missione hanno soprannominato la "fase calda" dello Spitzer.

Nel corso della sua vita sorprendentemente lunga, il telescopio spaziale Spitzer ha permesso agli scienziati di compiere una serie di osservazioni rivoluzionarie. Una delle sue più grandi scoperte è stata il sistema stellare Trappist-1. Utilizzando la strumentazione di bordo di Spitzer, si è scoperto che questa stella ha sette esopianeti (pianeti che orbitano attorno a stelle lontane) in orbita, quattro dei quali si trovano all'interno di una "zona abitabile".

Lo Spitzer è stato anche uno dei primi telescopi a fotografare la luce proveniente da un pianeta extrasolare. Un pianeta caldo simile a Giove in orbita attorno alla sua stella e in grado di riflettere abbastanza radiazione infrarossa da essere rilevato dalle telecamere dello Spitzer.

Nel 2007, lo spettrometro dello Spitzer ha consentito ai ricercatori di utilizzare i suoi dati per rilevare le prime molecole nell'atmosfera di un pianeta extrasolare. I dati dello spettrometro sono stati utilizzati anche per identificare il primo pianeta ricco di carbonio, noto come WASP-12b, in orbita attorno a una stella.



La nebulosa Jack-o'-Lantern, scoperta dal telescopio Spitzer. Si chiamava così perché la nuvola di polvere ricorda una zucca di Halloween.

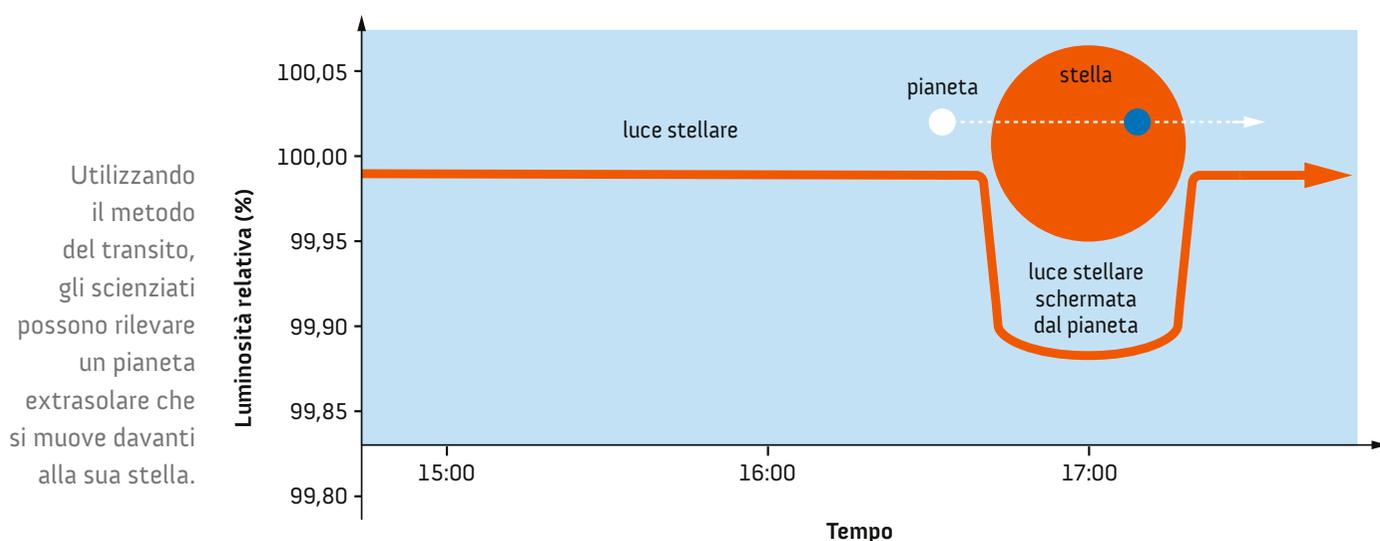
IL TELESCOPIO SPAZIALE KEPLERO

Il telescopio spaziale Kepler, che prende il nome dallo scienziato tedesco Johannes Kepler, uno dei fondatori dell'astronomia moderna, è stato lanciato dalla NASA nel 2009. È stato progettato con l'unico scopo di andare a caccia di esopianeti. In particolare, il suo scopo era quello di scoprire pianeti simili alla Terra, fra la metà e il doppio delle dimensioni del nostro pianeta, situati all'interno o nelle vicinanze di zone abitabili, le cosiddette zone "Riccioli d'oro", attorno alle stelle attorno alle quali orbitano. In questi luoghi non fa né troppo caldo né troppo freddo, la temperatura giusta perché esista acqua liquida.

L'unico strumento di Kepler era un fotometro, un dispositivo che monitorava la luminosità ottica delle stelle. Ha rilevato gli esopianeti utilizzando il metodo del transito. La maggior parte dei pianeti non emette radiazioni, ma possiamo vederli, nel sistema solare, perché riflettono parte della luce solare.

La stella più vicina a noi nella nostra galassia è Proxima Centauri, che si trova a circa 40 mila miliardi di chilometri dalla Terra. A questa distanza è molto difficile rilevare la luce stellare riflessa da eventuali esopianeti, quindi è necessario adottare una tecnica differente. Il metodo del transito monitora la luminosità della stella e può rilevare quando un esopianeta passa davanti alla sua stella. Il transito dell'esopianeta davanti alla stella attenua periodicamente la luce della stella, allertando gli scienziati sulla possibile esistenza di un esopianeta. Per fare ciò, il sistema stellare o planetario deve però essere nel giusto orientamento, per consentirci di rilevare il transito.

Pur avendo a bordo un solo strumento, la missione Kepler ebbe un notevole successo: grazie ai suoi dati, gli scienziati hanno confermato l'esistenza di oltre 2.700 esopianeti. Nel 2018, Kepler rimase senza carburante e si spense, lasciandoci però un'eredità straordinaria.



LA STRUTTURA DEL TELESCOPIO SPAZIALE JAMES WEBB

Quando ho iniziato a lavorare sul Webb, si chiamava Next Generation Space Telescope. Mi è subito piaciuto: sembrava uscito direttamente da un episodio di *Star Trek*. Eravamo agli inizi degli anni 2000, ma il concetto originale del telescopio fu proposto dagli scienziati e dagli ingegneri della NASA molto prima, nel 1996.

L'Hubble è stato il primo grande telescopio spaziale operante nella gamma di lunghezze d'onda visibili; incoraggiati dal suo successo, gli scienziati stavano guardando al successivo grande progetto spaziale.

Decisero di sviluppare un telescopio in grado di osservare nella gamma del rosso e dell'infrarosso. A differenza della luce visibile, la luce infrarossa può attraversare le dense nubi di polveri e gas, rivelando le stelle appena nate e i sistemi planetari nascosti al loro interno. La

Confrontando le immagini dell'Hubble (a sinistra) e del Webb (a destra) della nebulosa della Carena, è possibile vedere il balzo da gigante in termini di nitidezza e dettaglio del Webb rispetto al suo predecessore.



luce infrarossa ha una lunghezza d'onda significativamente più lunga della luce visibile e può attraversare più facilmente le nuvole di polvere senza interagire con le sue particelle. La luce visibile ha una lunghezza d'onda più corta, che è pari alla dimensione delle particelle che sono all'interno di queste dense nubi. Di conseguenza, quando la luce visibile attraversa le nuvole, è più probabile che interagisca con le particelle e venga dispersa o assorbita.

Gli infrarossi possono rivelare alcuni segreti dell'universo primordiale. Quando osserviamo la radiazione che ci raggiunge dallo spazio, stiamo letteralmente guardando indietro nel tempo. Questo perché, pur viaggiando alla velocità della luce, la luce impiega una quantità misurabile di tempo per raggiungerci. Anche la luce della nostra stella, il Sole, impiega 8 minuti e 20 secondi per raggiungerci. Se osserviamo qualcosa di più lontano, la luce impiega molto più tempo a raggiungerci.

Le emissioni delle prime stelle e galassie – che si formarono subito dopo il Big Bang – permeano ancora oggi l'universo. Tuttavia, poiché l'universo si sta espandendo, la radiazione emessa da questi corpi primordiali si è allungata, poiché si è allungata la sua lunghezza d'onda. Pertanto, la radiazione originariamente emessa come luce visibile oggi può essere rilevata da noi come radiazione infrarossa, a causa dell'espansione dell'universo. Quindi ha senso rilevare la radiazione infrarossa per studiare l'universo primordiale.

Ci sono voluti scienziati e ingegneri di diversi enti spaziali di tutto il mondo per oltre due decenni per progettare e realizzare il JWST. Sono stati necessari il lavoro di oltre 10.000 persone e anni di sviluppo e risoluzione di problemi per progettare un telescopio spaziale a infrarossi con la precisione e la sensibilità desiderate. Sono immensamente orgogliosa di essere una di quelle persone che hanno contribuito al progetto.





Il gigantesco specchio primario del Webb è composto da diciotto segmenti di forma esagonale. Durante i test, gli specchi sono stati sottoposti a temperature fino a -248°C .

I PROBLEMI DEI TELESCOPI A INFRAROSSI

I telescopi a infrarossi, per loro natura, sono macchinari complicati. Costruirne uno e poi lanciarlo nello spazio è ancora più difficile. I progettisti del Webb hanno dovuto affrontare due grandi sfide.

Innanzitutto, il telescopio doveva avere uno specchio gigantesco per catturare una buona quantità di radiazione infrarossa. Più grande è lo specchio, maggiore è la quantità di radiazioni che può raccogliere e maggiori sono i dettagli che può catturare. Quindi, parlando di specchi per telescopi, "grande è meglio". Inoltre, quanto maggiore è la lunghezza d'onda della radiazione catturata, tanto più grande deve essere lo strumento, il che spiega le enormi dimensioni dei radiotelescopi.

Ma i grandi specchi sono pesanti, fragili e ingombranti da lanciare nello spazio. Alla fine, i progettisti hanno deciso di realizzare un grande specchio composto da tanti segmenti. Lo specchio primario del Webb è formato da diciotto specchi esagonali, ciascuno dei quali ha un diametro di 1,32 metri. Una volta allineati, gli esagoni formano approssimativamente un cerchio, e sono allineati in modo molto preciso: fino a 1/10.000 dello spessore di un capello umano.

Il radiotelescopio cinese FAST è uno dei più grandi radiotelescopi a singola parabola del mondo. Il suo diametro è di 500 metri.





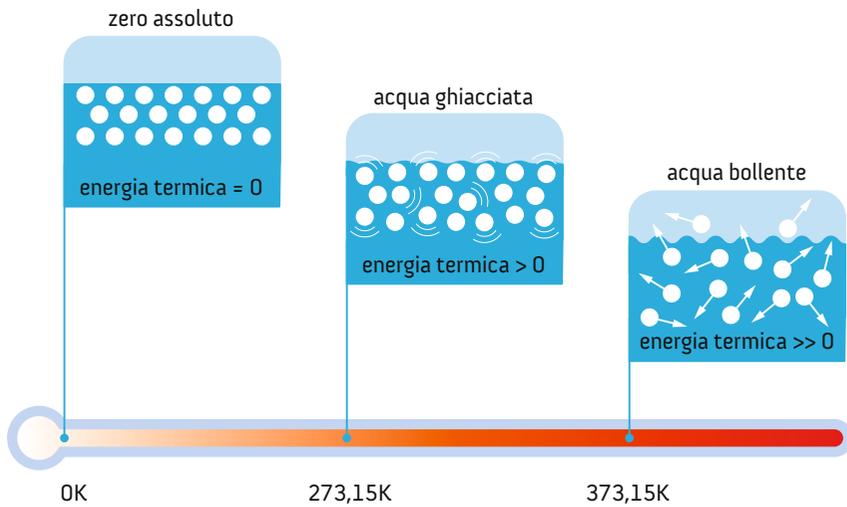
SOPRA: gli specchi del Webb sono stati rivestiti d'oro per migliorare la captazione del segnale.

SOTTO: la membrana parasole del Webb protegge i suoi strumenti dalla radiazione solare e dalle interferenze del veicolo spaziale.



Prima del dispiegamento, questi specchi erano piegati come un fiore origami in attesa di sbocciare. In posizione, si estendono per 6,5 metri nel punto più ampio. Lo specchio primario ha un'area di raccolta totale di circa 25 metri quadrati. La luce raccolta da questo specchio viene riflessa da uno specchio secondario, che si trova nel "naso" del telescopio, prima di rimbalzare in una fessura al centro dello specchio primario e inviata agli strumenti. Tutti gli specchi del telescopio hanno un sottile rivestimento d'oro per migliorare la riflessione della radiazione infrarossa. Il suo specchio primario così grande e la sua sensibilità fanno sì che il Webb possa rilevare oggetti fino a cento volte più deboli di quanto possa fare l'Hubble. Si tratta di oggetti che esistevano da molto più tempo, ovvero più in prossimità del Big Bang.

La seconda grande sfida era il raffreddamento il telescopio. Quella a infrarossi è energia termica, quindi se il telescopio si riscaldasse verrebbe sommerso dalla sua stessa radiazione e non sarebbe più in grado di captare la radiazione raccolta dallo spazio. Era quindi necessaria una protezione dalle radiazioni del Sole, della Luna e della Terra, nonché dai suoi stessi componenti elettronici, che dissipano calore. Per questo, il Webb è dotato di un parasole a cinque strati delle dimensioni di un campo da tennis. Questo scudo è in grado di schermare dalle radiazioni circostanti sia la navicella spaziale sia i suoi strumenti.



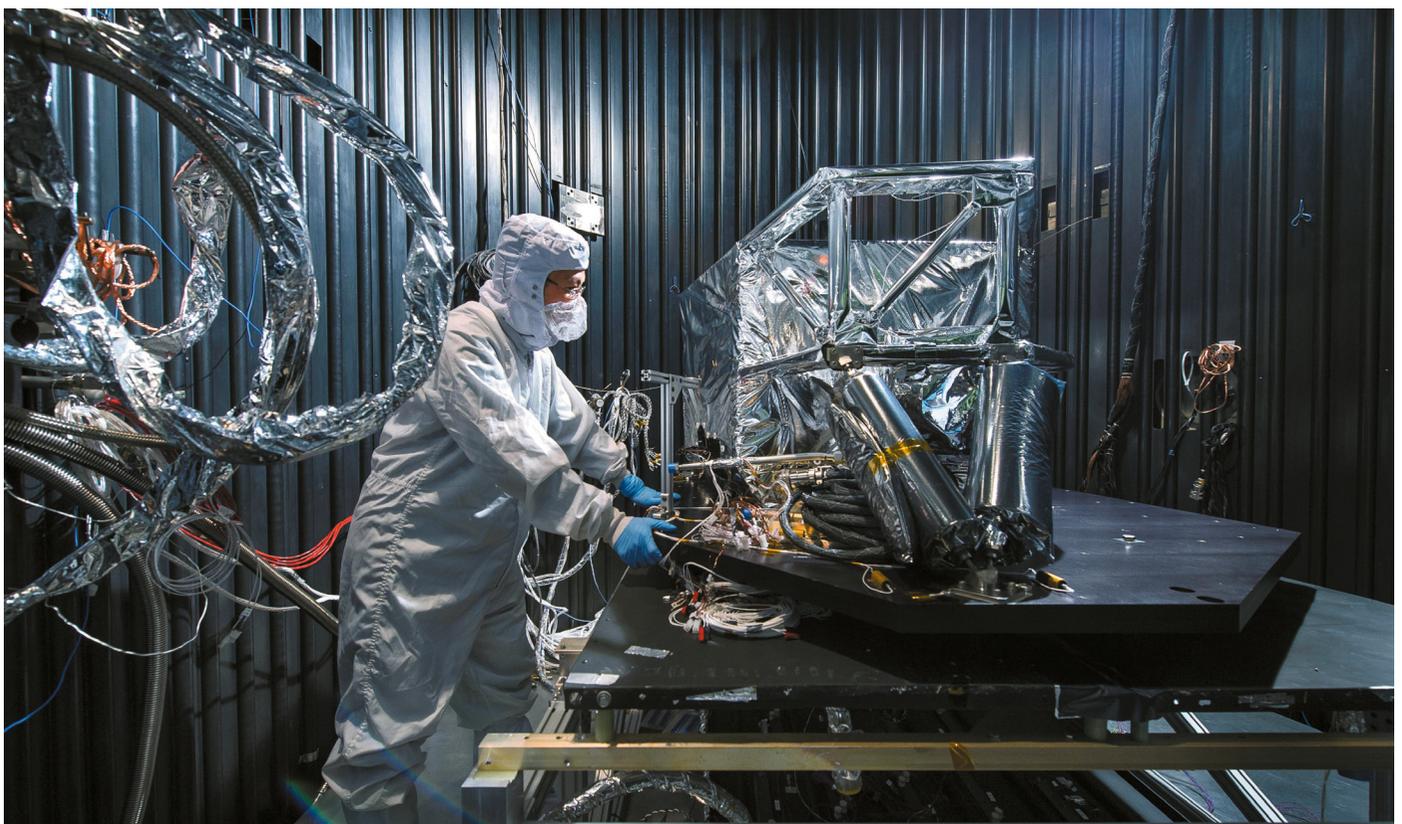
L'energia delle molecole d'acqua sulla scala delle temperature Kelvin.

Ma ciò non basta. Anche i rilevatori a infrarossi sugli strumenti Webb devono essere mantenuti molto freddi. Se non sono freddi, esibiscono qualcosa chiamata "corrente oscura", il che significa che producono un segnale anche in assenza di radiazione effettivamente in arrivo. Pertanto, ciascun rilevatore deve essere raffreddato e la sua temperatura operativa dipende dalla lunghezza d'onda dell'infrarosso che sta rilevando. Per risolvere questo problema, il Webb ha un criorefrigeratore a bordo. Ciò consente ai rilevatori di funzionare in modo efficiente e di prevenire l'emissione di radiazioni che travolgono i segnali provenienti dallo spazio.

Tre strumenti del Webb, il Near-Infrared Imager and Slitless Spectrograph (NIRISS), la Near-Infrared Camera (NIRCam) e il Near-Infrared Spectrograph (NIRSpec), hanno rilevatori che funzionano a 40 Kelvin, ovvero $-233,15^{\circ}\text{C}$. Sulla scala della temperatura Kelvin, lo zero è un deficit di tutta l'energia termica ed è chiamato zero assoluto (l'equivalente di $-273,15^{\circ}\text{C}$): il punto più freddo che qualsiasi cosa nell'universo può raggiungere. A questa temperatura gli atomi e le molecole non si muovono più a causa della mancanza di energia termica. Quindi, 40K sono estremamente freddi.

Gli scienziati hanno provato lo scudo termico del MIRI in una camera a vuoto termico.

Tuttavia, per lo strumento MIRI, la radiazione viene rilevata nella gamma dell'infrarosso medio. Il criorefrigeratore per il rilevatore del MIRI deve essere ancora più freddo ed è lo strumento più freddo a bordo della navicella spaziale: uno sbalorditivo 6K, ovvero $-267,15^{\circ}\text{C}$, straordinariamente vicino allo zero assoluto.

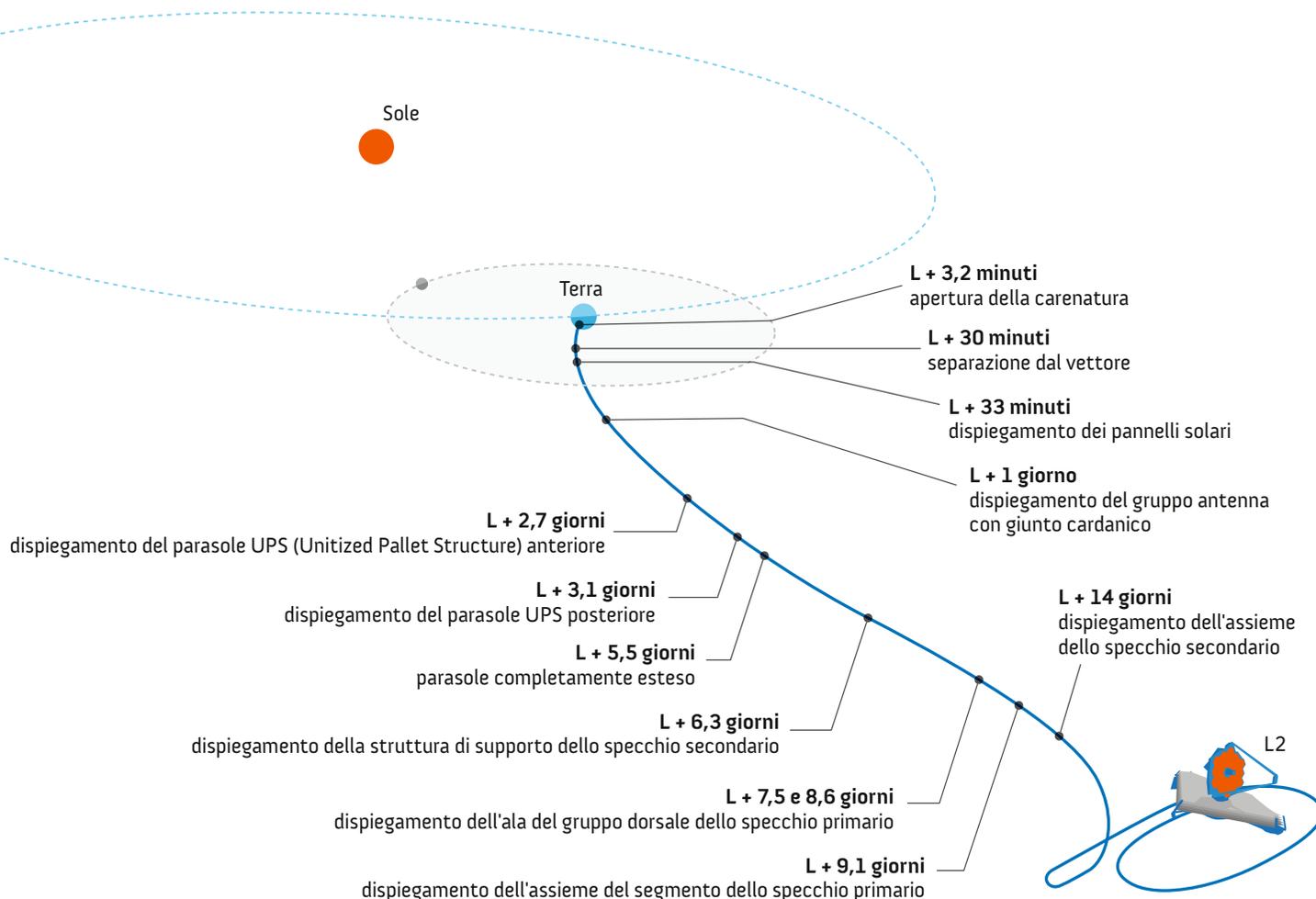


FIORITURA NELLO SPAZIO

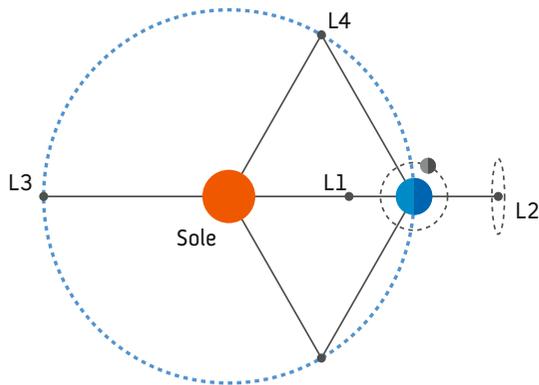
È stato difficile collocare in cima a un razzo questo gigantesco osservatorio spaziale. Grazie al suo design rivoluzionario, il Webb era ripiegato su se stesso come un fiore nel bocciolo. Dopo essersi sganciato dal vettore, il Webb iniziò l'accurato processo di dispiegamento. Innanzitutto, ha esteso il suo pannello solare, poi l'antenna ad alto guadagno, prima di rilasciare il parasole e le altre parti. Alla fine, dispiegò le sue ali speculari. A differenza dell'Hubble, se qualcosa fosse andato storto con il Webb non sarebbe stata possibile alcuna missione di "salvataggio". L'Hubble si trova a soli 550 chilometri di quota, quindi è stato possibile inviare una squadra di astronauti per correggerne i guasti. La destinazione finale del Webb era a 1,5 milioni di chilometri di distanza dal nostro pianeta, un luogo che nessun astronauta poteva raggiungere. Ciò ha aggiunto un intero livello di difficoltà a un procedimento già di per sé complesso.

Il Webb ha impiegato più di due settimane per dispiegarsi completamente, ma ci sono voluti molti più giorni perché raggiungesse la sua orbita finale.

In totale, prima che il telescopio fosse pronto per l'azione, è stato necessario attivare con successo circa cinquanta importanti dispiegamenti e 178 meccanismi di rilascio.



UNA POSIZIONE INSTABILE



Il Webb orbita attorno al punto di Lagrange L2, che si trova a circa 1,5 milioni di chilometri dalla Terra.

Il Webb si trova in un punto dello spazio noto come punto di Lagrange L2, posto a circa 1,5 milioni di chilometri oltre l'orbita della Terra attorno al Sole. In questo punto nello spazio, un oggetto viene mantenuto in posizione dalla forza gravitazionale congiunta di altri corpi celesti, quindi il Webb può rimanere in questa posizione con un consumo minimo di carburante. Il Webb si muove in un'orbita halo, un'orbita tridimensionale attorno al punto L2, e la sua posizione varia fra i 250.000 e gli 832.000 chilometri da tale punto. L2 non è un punto fisso, ma segue il moto della Terra attorno al Sole. Il problema con le posizioni di Lagrange, tuttavia, è che non sono del tutto stabili, e quindi la navicella spaziale richiede una piccola quantità di carburante per mantenere la posizione.

Il Webb fu lanciato con carburante sufficiente per mantenere questa orbita per circa dieci anni, ma si pensa che il lancio sia andato molto bene, con un ridotto consumo di carburante per portarlo in orbita. Ciò significa che l'osservatorio ora ha abbastanza propellente per rimanere nella sua orbita per circa vent'anni – il doppio del tempo inizialmente previsto e, si spera, proprio come con Hubble, produrrà dati e immagini sorprendenti.

UN OSSERVATORIO SPAZIALE A INFRAROSSI

Il progetto e il funzionamento del Webb costituiscono una piattaforma scientifica innovativa, ma sono gli strumenti di bordo a svolgere il lavoro pesante.

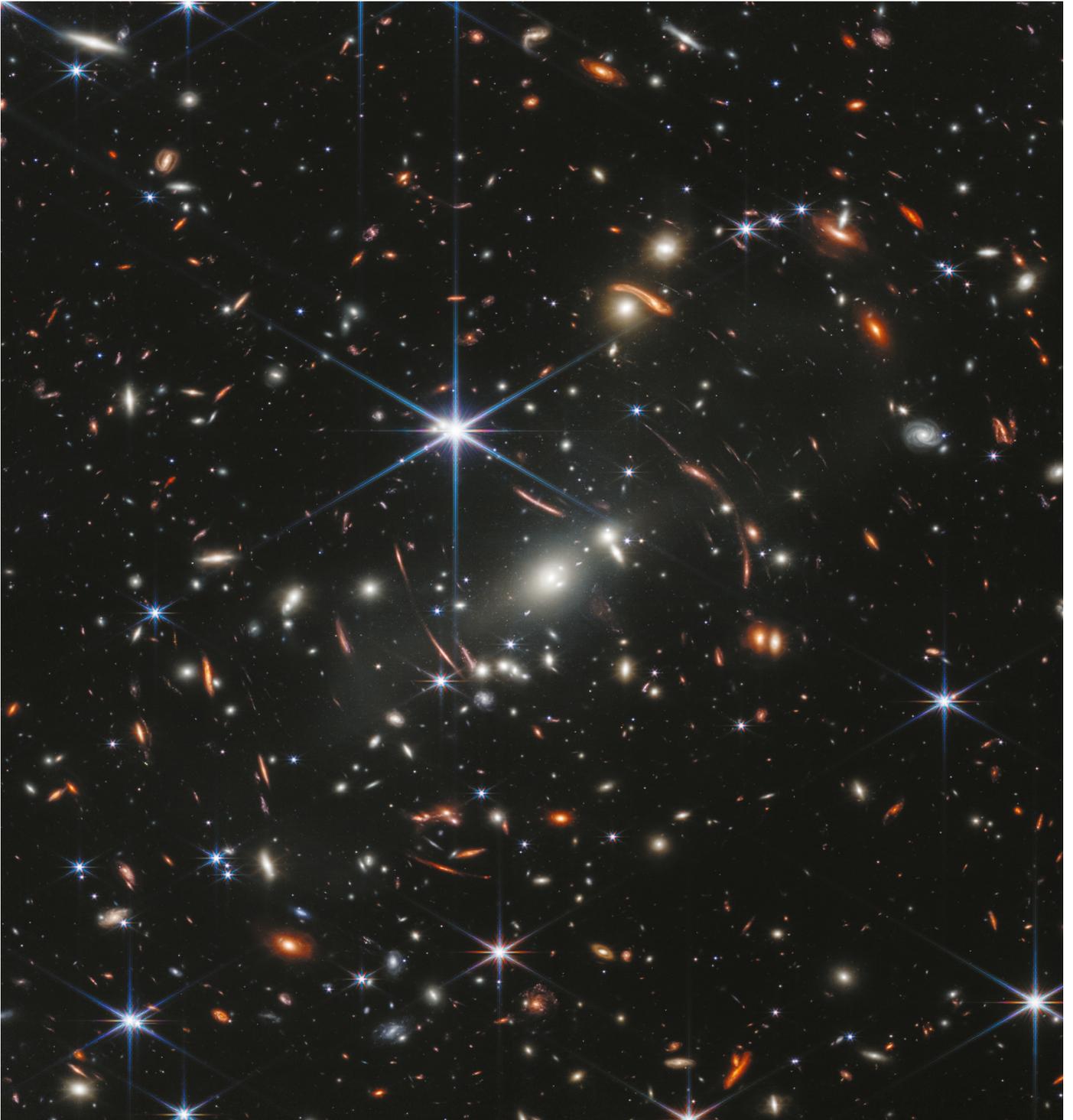
Il Webb ha tre componenti: i suoi occhi a specchio (l'elemento del telescopio ottico, OTE), l'elemento del veicolo spaziale (costituito principalmente dal mezzo di trasporto, che fornisce l'infrastruttura necessaria per lo spostamento, fra cui l'energia, la telemetria e un ambiente termico appropriato), e poi l'Integrated Science Instrument Module (ISIM), che è il carico utile principale e il cuore del telescopio.

Il telescopio fornisce i propri segnali al modulo ISIM, che contiene quattro strumenti progettati su misura. Questi includono telecamere a infrarossi e spettrografi, sintonizzati sulle lunghezze d'onda di determinate molecole.

Al momento del lancio, il Webb pesava circa 6.500 chilogrammi, un po' più di un elefante africano maschio, e, a oggi, è il telescopio più costoso e avanzato mai costruito. Circa sei mesi dopo il lancio, la NASA ha pubblicato la prima immagine scattata con il telescopio: un'immagine in campo profondo del cluster galattico SMACS 0723.

Rilasciata il 12 luglio 2022, questa immagine nel vicino infrarosso dell'ammasso galattico SMACS 0723 è la prima immagine a colori prodotta dal Webb.

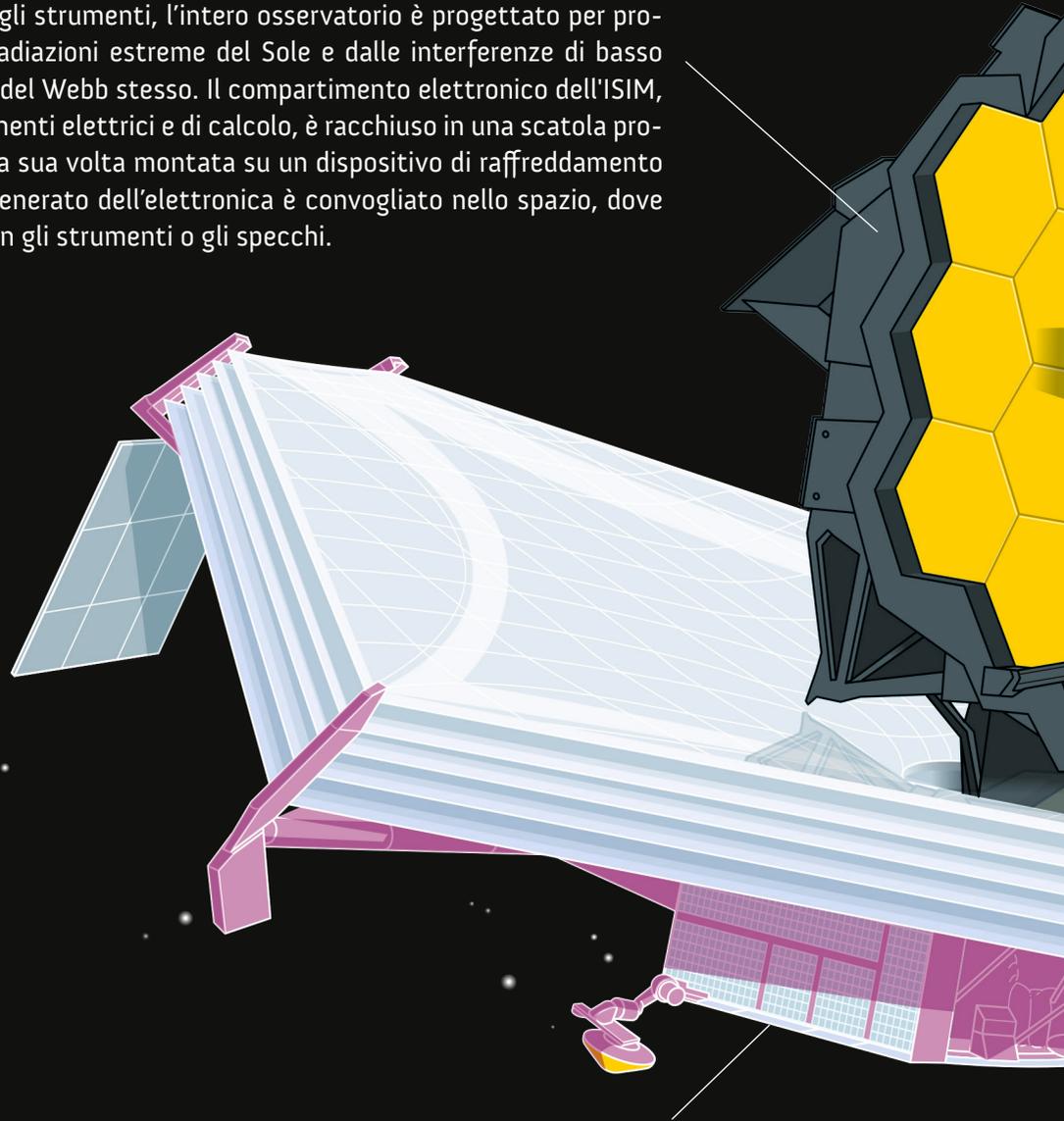
Tale ammasso si trova a circa 4 miliardi di anni luce dalla Terra nella costellazione del Pesce volante e brulica di migliaia di galassie, compresi alcuni degli oggetti più deboli osservati nella gamma degli infrarossi. Da allora, il Webb ha prodotto decine di immagini e terabyte di dati, che ci aiutano a comprendere il nostro vasto e ancora in gran parte sconosciuto universo.



ANATOMIA DELL'OSSERVATORIO

MODULO DI STRUMENTI SCIENTIFICI INTEGRATI (ISIM)

L'ISIM ospita le fotocamere e gli strumenti scientifici del Webb. Costituisce circa un quarto del suo peso ed è il cuore delle sue capacità scientifiche. A causa della sensibilità degli strumenti, l'intero osservatorio è progettato per proteggere l'ISIM dalle radiazioni estreme del Sole e dalle interferenze di basso livello dei macchinari del Webb stesso. Il compartimento elettronico dell'ISIM, che contiene i componenti elettrici e di calcolo, è racchiuso in una scatola protetta termicamente, a sua volta montata su un dispositivo di raffreddamento criogenico. Il calore generato dall'elettronica è convogliato nello spazio, dove non può interferire con gli strumenti o gli specchi.

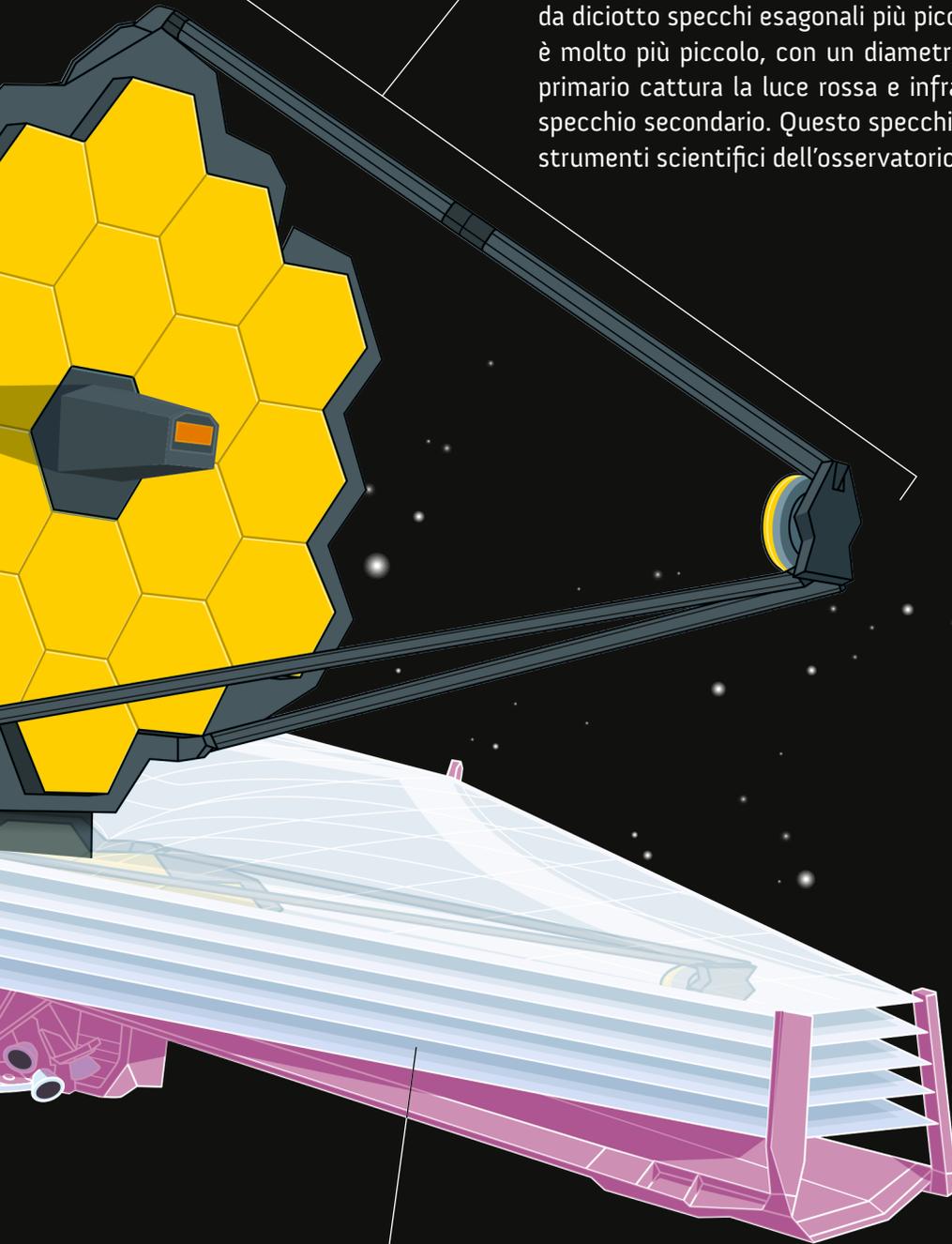


VEICOLO SPAZIALE

Questo è il luogo in cui risiedono i macchinari di governo, comunicazione e controllo dell'osservatorio. Contiene sei importanti sottosistemi necessari per mantenere il Webb in funzione, vale a dire i sottosistemi di alimentazione elettrica, di controllo dell'assetto, di comunicazione, di comando e di gestione dei dati, di propulsione e di controllo termico. Il sottosistema di alimentazione elettrica converte in elettricità la luce solare, proveniente dai pannelli solari, per il funzionamento degli strumenti e degli altri sottosistemi. Il sottosistema di controllo dell'assetto assicura che l'osservatorio sia orientato correttamente e rivolto nella giusta direzione. Il sottosistema di comunicazione trasmette le informazioni agli scienziati e agli ingegneri sulla Terra, mentre il sottosistema di comando e gestione dei dati è il cervello del veicolo e funge da intermediario fra i diversi sottosistemi. Il sottosistema di propulsione contiene il carburante e comunica con l'unità di controllo dell'assetto, in modo che l'osservatorio possa cambiare posizione se necessario. Il sottosistema di controllo termico mantiene l'intero veicolo in funzione a una temperatura ottimale.

ELEMENTO DEL TELESCOPIO OTTICO (OTE)

L'OTE è il luogo in cui l'osservatorio "vede" l'universo, e comprende i suoi specchi primario e secondario. Lo specchio primario è costituito da diciotto specchi esagonali più piccoli, mentre lo specchio secondario è molto più piccolo, con un diametro inferiore a 1 metro. Lo specchio primario cattura la luce rossa e infrarossa, che viene poi riflessa dallo specchio secondario. Questo specchio più piccolo invia poi i segnali agli strumenti scientifici dell'osservatorio, che si trovano nell'ISIM.



SOTTOSISTEMA PARASOLE

Il sottosistema parasole divide il lato torrido del Webb, esposto al Sole, dal lato gelido, adibito alle attività scientifiche. Il parasole ha cinque strati. Il lato caldo, rivolto al Sole, raggiunge circa 110°C – abbastanza caldo da far bollire l'acqua –. Il lato freddo, rivolto verso lo spazio profondo, può raggiungere i -237°C. Il telescopio stesso opera a circa -223°C, una temperatura molto rigida, prossima a quella registrata nel sistema solare solo sul pianeta Urano.

