

James Webb Space Telescope



Laureando: Francesco Romano
Relatore: Prof. Gianandrea Bianchini

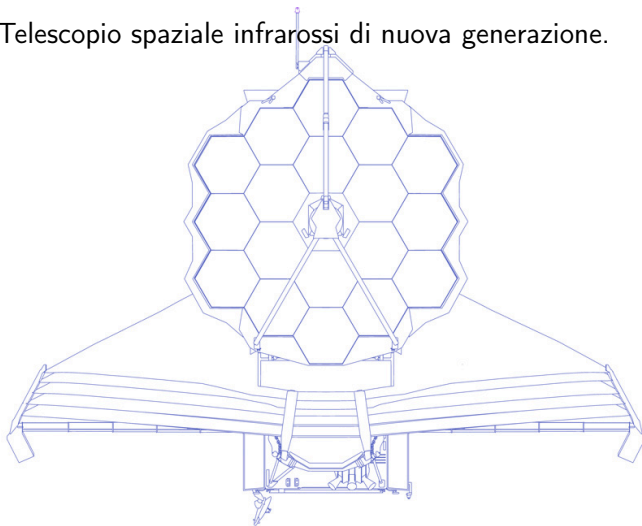
Università degli studi di Padova
Laurea triennale in Ingegneria Aerospaziale

25 Novembre 2011
Anno accademico 2011/2012



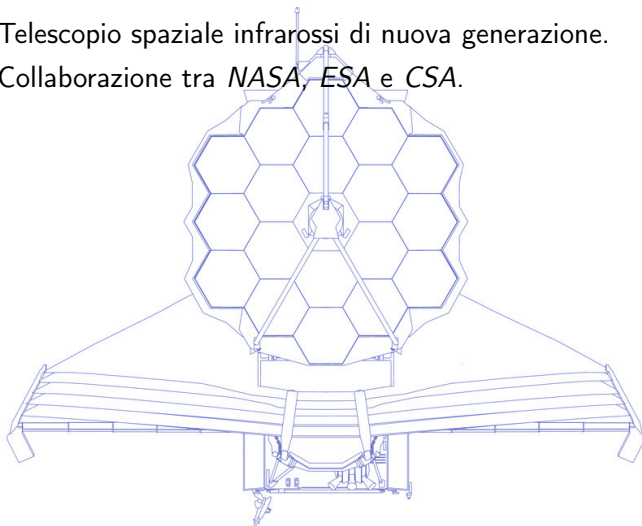
Il James Webb Space Telescope

- Telescopio spaziale infrarossi di nuova generazione.



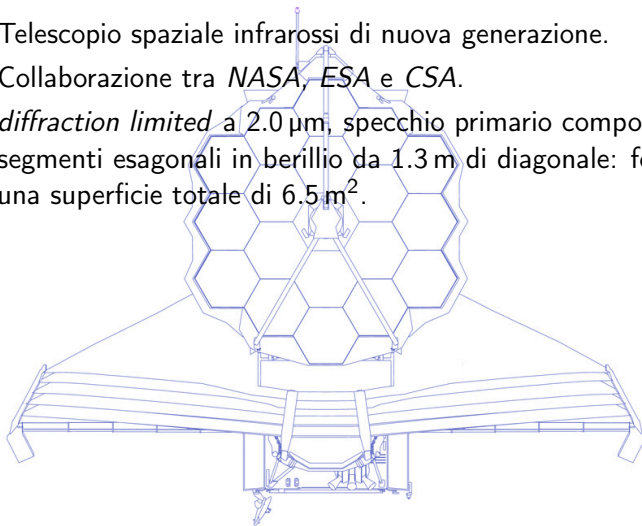
Il James Webb Space Telescope

- Telescopio spaziale infrarossi di nuova generazione.
- Collaborazione tra *NASA*, *ESA* e *CSA*.



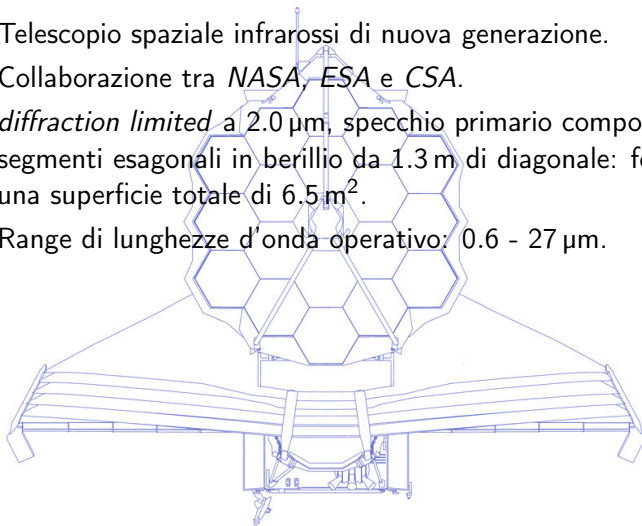
Il James Webb Space Telescope

- Telescopio spaziale infrarossi di nuova generazione.
- Collaborazione tra NASA, ESA e CSA.
- *diffraction limited* a $2.0\ \mu\text{m}$, specchio primario composto da 18 segmenti esagonali in berillio da 1.3 m di diagonale: formano insieme una superficie totale di $6.5\ \text{m}^2$.



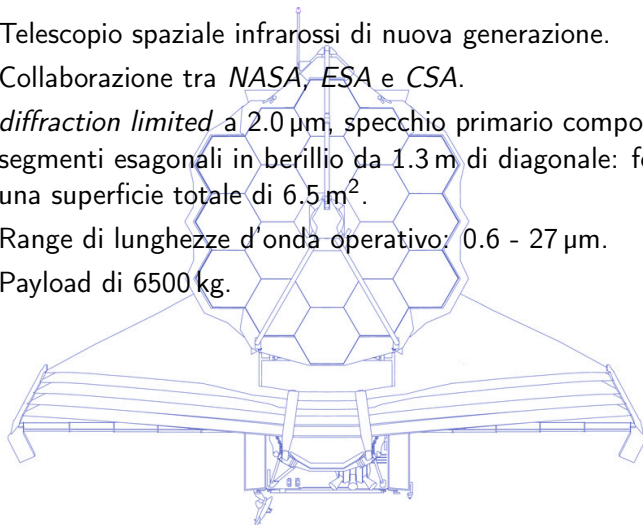
Il James Webb Space Telescope

- Telescopio spaziale infrarossi di nuova generazione.
- Collaborazione tra NASA, ESA e CSA.
- *diffraction limited* a $2.0\ \mu\text{m}$, specchio primario composto da 18 segmenti esagonali in berillio da 1.3 m di diagonale: formano insieme una superficie totale di $6.5\ \text{m}^2$.
- Range di lunghezze d'onda operativo: $0.6 - 27\ \mu\text{m}$.



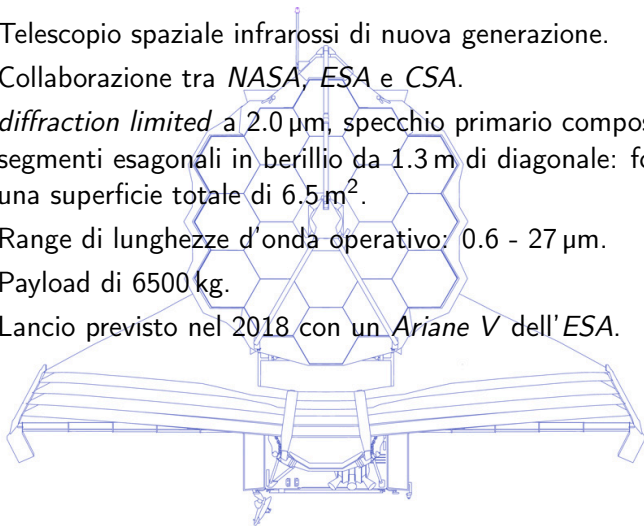
Il James Webb Space Telescope

- Telescopio spaziale infrarossi di nuova generazione.
- Collaborazione tra NASA, ESA e CSA.
- *diffraction limited* a $2.0\ \mu\text{m}$, specchio primario composto da 18 segmenti esagonali in berillio da 1.3 m di diagonale: formano insieme una superficie totale di $6.5\ \text{m}^2$.
- Range di lunghezze d'onda operativo: $0.6 - 27\ \mu\text{m}$.
- Payload di 6500 kg.



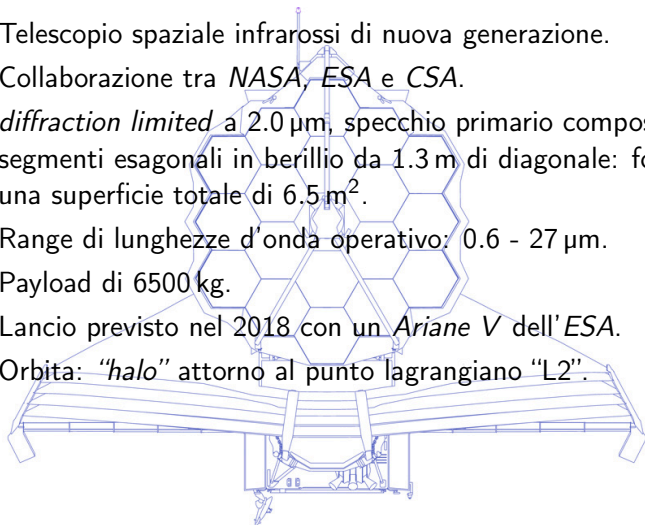
Il James Webb Space Telescope

- Telescopio spaziale infrarossi di nuova generazione.
- Collaborazione tra *NASA*, *ESA* e *CSA*.
- *diffraction limited* a $2.0\ \mu\text{m}$, specchio primario composto da 18 segmenti esagonali in berillio da 1.3 m di diagonale: formano insieme una superficie totale di $6.5\ \text{m}^2$.
- Range di lunghezze d'onda operativo: $0.6 - 27\ \mu\text{m}$.
- Payload di 6500 kg.
- Lancio previsto nel 2018 con un *Ariane V* dell'*ESA*.



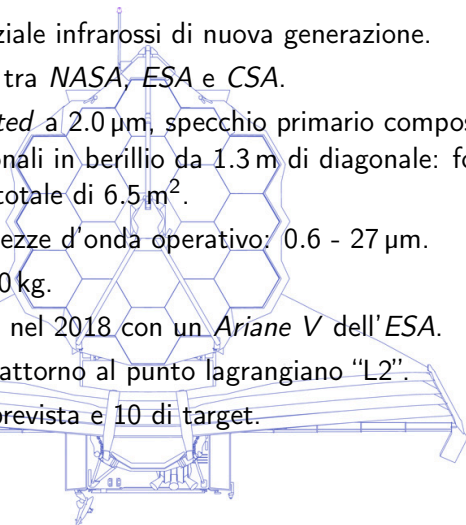
Il James Webb Space Telescope

- Telescopio spaziale infrarossi di nuova generazione.
- Collaborazione tra *NASA*, *ESA* e *CSA*.
- *diffraction limited* a $2.0\ \mu\text{m}$, specchio primario composto da 18 segmenti esagonali in berillio da 1.3 m di diagonale: formano insieme una superficie totale di $6.5\ \text{m}^2$.
- Range di lunghezze d'onda operativo: $0.6 - 27\ \mu\text{m}$.
- Payload di 6500 kg.
- Lancio previsto nel 2018 con un *Ariane V* dell'*ESA*.
- Orbita: "*halo*" attorno al punto lagrangiano "*L2*".



Il James Webb Space Telescope

- Telescopio spaziale infrarossi di nuova generazione.
- Collaborazione tra NASA, ESA e CSA.
- *diffraction limited* a $2.0\ \mu\text{m}$, specchio primario composto da 18 segmenti esagonali in berillio da 1.3 m di diagonale: formano insieme una superficie totale di $6.5\ \text{m}^2$.
- Range di lunghezze d'onda operativo: $0.6 - 27\ \mu\text{m}$.
- Payload di 6500 kg.
- Lancio previsto nel 2018 con un *Ariane V* dell'ESA.
- Orbita: "halo" attorno al punto lagrangiano "L2".
- 5 anni di vita prevista e 10 di target.

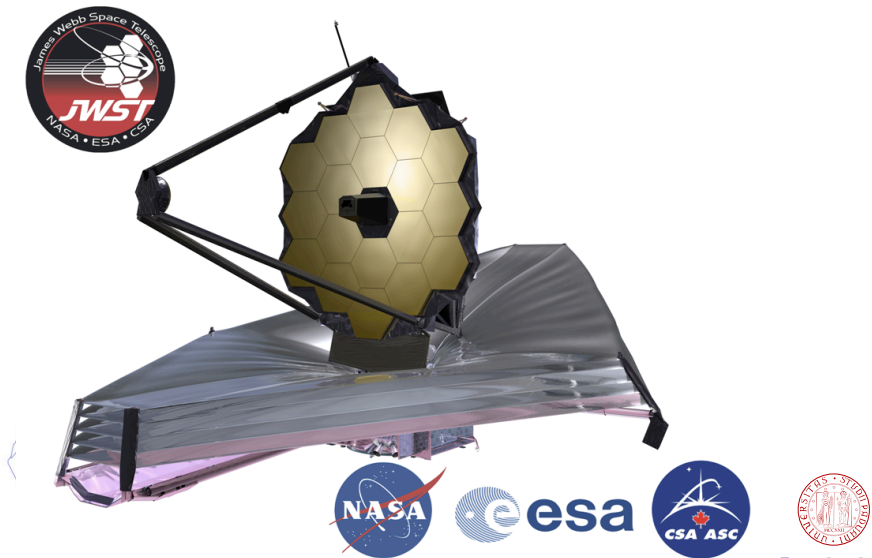


Il James Webb Space Telescope

- Telescopio spaziale infrarossi di nuova generazione.
- Collaborazione tra NASA, ESA e CSA.
- *diffraction limited* a $2.0\ \mu\text{m}$, specchio primario composto da 18 segmenti esagonali in berillio da 1.3 m di diagonale: formano insieme una superficie totale di $6.5\ \text{m}^2$.
- Range di lunghezze d'onda operativo: $0.6 - 27\ \mu\text{m}$.
- Payload di 6500 kg.
- Lancio previsto nel 2018 con un *Ariane V* dell'ESA.
- Orbita: "halo" attorno al punto lagrangiano "L2".
- 5 anni di vita prevista e 10 di target.
- Il costo finale previsto al 2011 è di 8.7 miliardi di dollari.

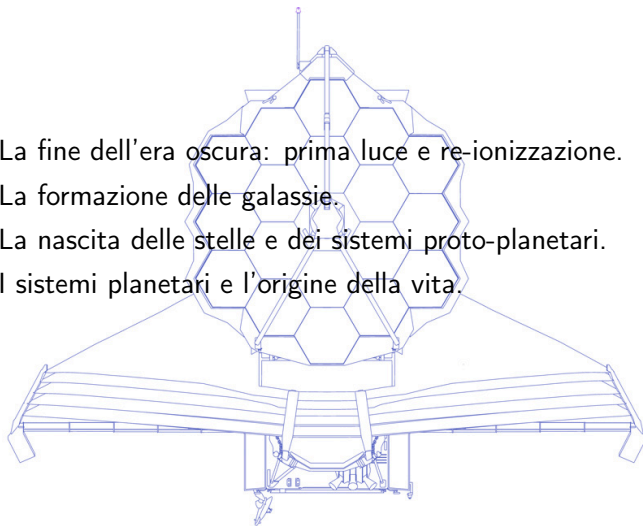


Il James Webb Space Telescope nella configurazione aggiornata.



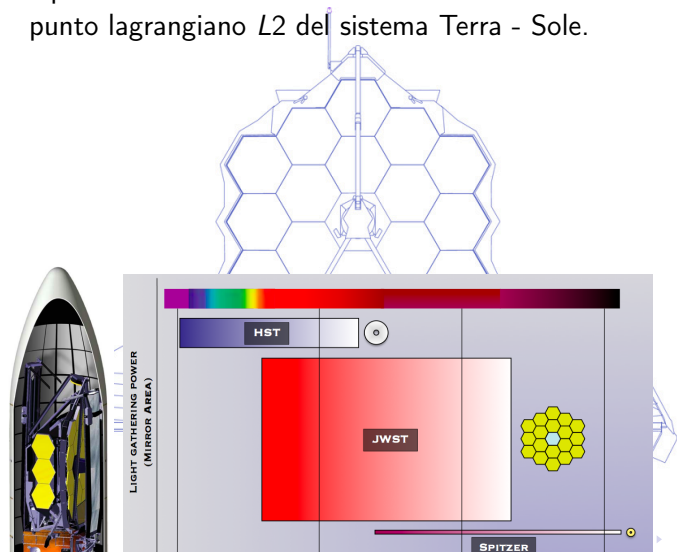
Obiettivi Scientifici

- La fine dell'era oscura: prima luce e re-ionizzazione.
- La formazione delle galassie.
- La nascita delle stelle e dei sistemi proto-planetari.
- I sistemi planetari e l'origine della vita.



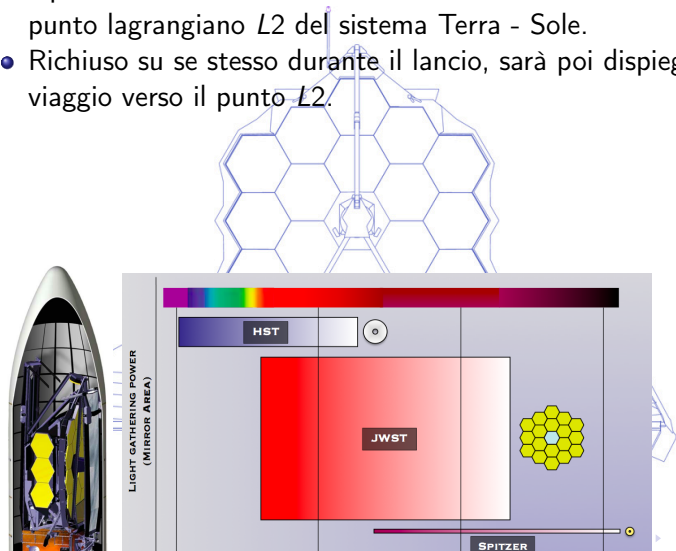
Overview Tecnica

- Opererà in orbita *halo* di circa $200\,000\text{ km} \times 800\,000\text{ km}$ attorno al punto lagrangiano L_2 del sistema Terra - Sole.



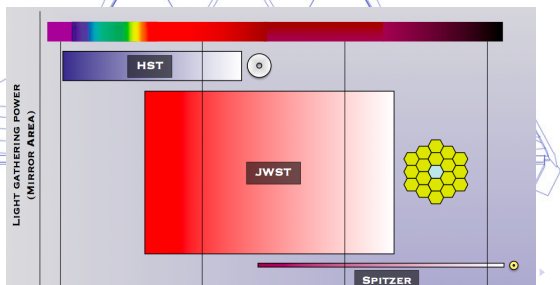
Overview Tecnica

- Opererà in orbita *halo* di circa 200 000 km \times 800 000 km attorno al punto lagrangiano *L2* del sistema Terra - Sole.
- Richiuso su se stesso durante il lancio, sarà poi dispiegato durante il viaggio verso il punto *L2*.



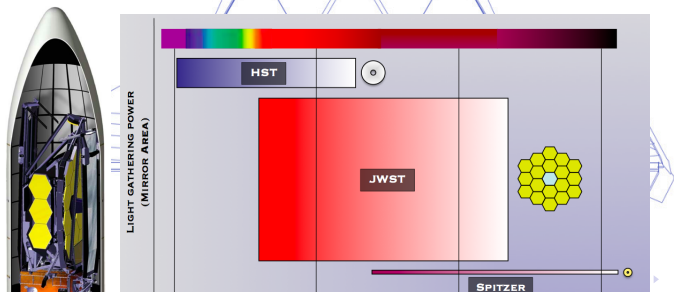
Overview Tecnica

- Opererà in orbita *halo* di circa 200 000 km \times 800 000 km attorno al punto lagrangiano *L2* del sistema Terra - Sole.
- Richiuso su se stesso durante il lancio, sarà poi dispiegato durante il viaggio verso il punto *L2*.
- Dotato di un sistema di *sunshield* a strati per la protezione della strumentazione infrarossi dall'interferenza di flussi di radiazione esterni.



Overview Tecnica

- Opererà in orbita *halo* di circa 200 000 km \times 800 000 km attorno al punto lagrangiano *L2* del sistema Terra - Sole.
- Richiuso su se stesso durante il lancio, sarà poi dispiegato durante il viaggio verso il punto *L2*.
- Dotato di un sistema di *sunshield* a strati per la protezione della strumentazione infrarossi dall'interferenza di flussi di radiazione esterni.
- Strumentazione scientifica: *Mid-IR Camera*, *Near-IR Camera*, *Near-IR Spectrograph*, *Tunable Filter Imager*, *Fine Guidance Sensor*.



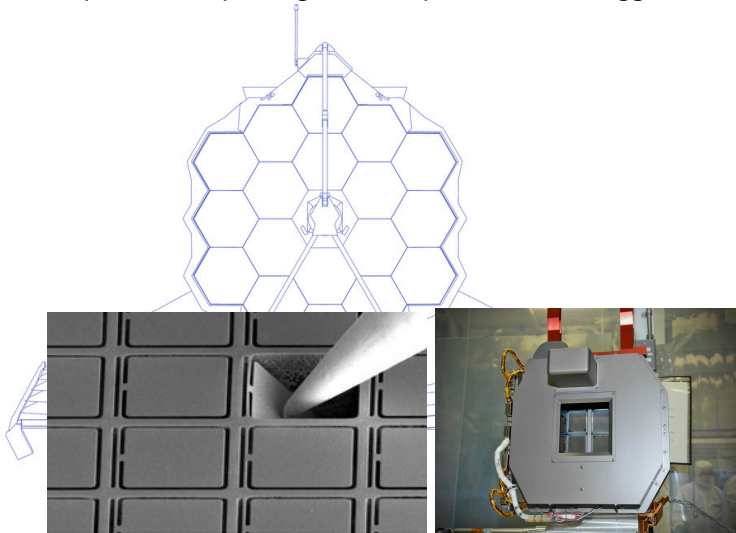
Overview Payload

- **MIRI** - Mid-Infrared Instrument:
"Imager"/spettrografo tra 5 e 27 μm di lunghezza d'onda.
- **NIRSpec** - Near-Infrared Spectrograph:
Spettroscopia a bassa e media risoluzione di $n > 100$ oggetti contemporaneamente con sistema di micro-shutter arrays.
- **NIRCam** - Near-Infrared Camera:
"Imager" con largo F.O.V. ed elevata risoluzione angolare tra 0.6 e 5 μm .
- **FGS** - Fine Guidance Sensor:
Ottiene le immagini per "Target acquisition", e comanda stabilità di assetto e puntamento con precisione di miliardesimi di secondo.
- **TFI** - Tunable Filter Imager:
"Imager" e coronografo, funziona da complementare per il resto del payload.



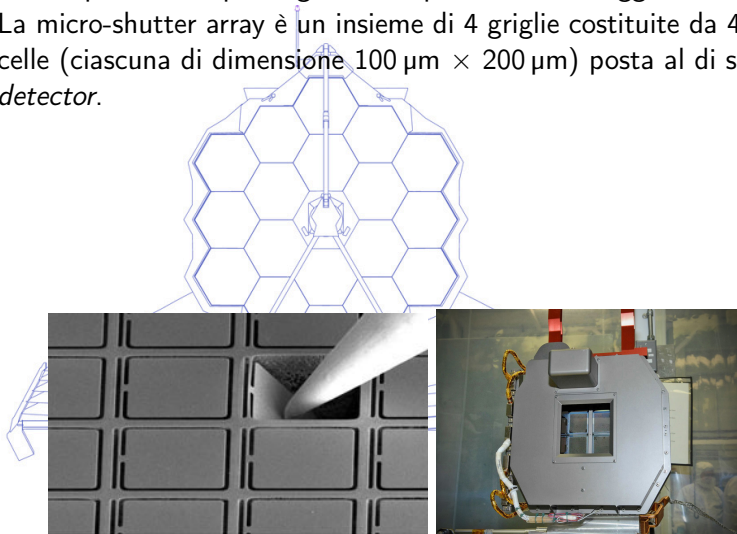
NIRSpec Micro-shutter array

- Il NIRSpec è uno spettrografo a dispersione multi-oggetto.



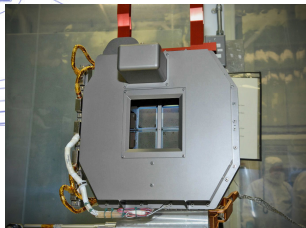
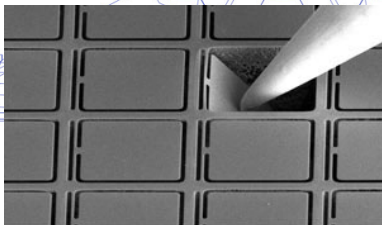
NIRSpec Micro-shutter array

- Il NIRSpec è uno spettrografo a dispersione multi-oggetto.
- La micro-shutter array è un insieme di 4 griglie costituite da 4×62415 celle (ciascuna di dimensione $100 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$) posta al di sopra del *detector*.



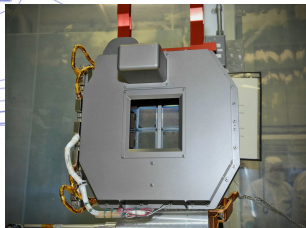
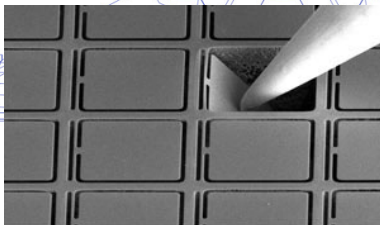
NIRSpec Micro-shutter array

- Il NIRSpec è uno spettrografo a dispersione multi-oggetto.
- La micro-shutter array è un insieme di 4 griglie costituite da 4×62415 celle (ciascuna di dimensione $100 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$) posta al di sopra del *detector*.
- Le celle hanno dei micro-otturatori che vengono aperti e chiusi tramite l'applicazione di un campo magnetico.

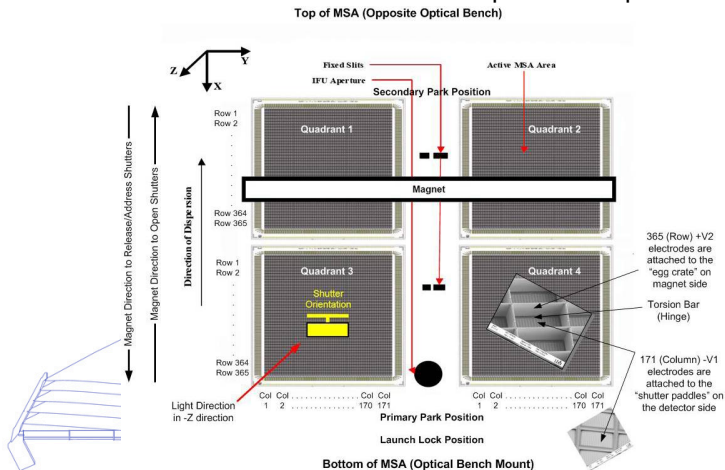


NIRSpec Micro-shutter array

- Il NIRSpec è uno spettrografo a dispersione multi-oggetto.
- La micro-shutter array è un insieme di 4 griglie costituite da 4×62415 celle (ciascuna di dimensione $100 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$) posta al di sopra del *detector*.
- Le celle hanno dei micro-otturatori che vengono aperti e chiusi tramite l'applicazione di un campo magnetico.
- Si possono selezionare le diverse zone del cielo da osservare aprendo singole aree delle *array* con tempi di esposizione diversi \Rightarrow capacità multi-oggetto.



- Apertura delle celle tramite passaggio di un magnete permanente che “spinge” i micro-otturatori verso il basso. Un piccolo campo elettrico trattiene i micro-otturatori selezionati in posizione aperta.



- Presenti aperture fisse e una *Integrated Field Unit - IFU* per ridondanza.



Specchi

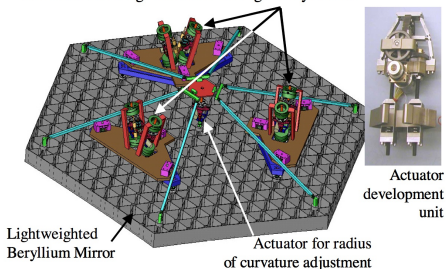
- Gli specchi dell'ottica principale sono tutti realizzati in Berillio: basso peso specifico, bassa espansione termica ed elevata conducibilità termica.
- Ricoperti da lamina in oro a 24 carati per raggiungere il 98% di riflettanza in *IR*.
- Segmenti specchio primario a forma esagonale \Rightarrow massimizza il fattore di riempimento.
- Ogni segmento movimentato da 6 attuatori più un settimo per la curvatura della superficie \Rightarrow controllo a 6 *d.o.f.* .
- Struttura a *honeycomb*: peso di 20 kg, inalterate le caratteristiche di resistenza.
- Specchio secondario montato su struttura a *tripod*, movimentato da 6 attuatori per il controllo a 6 *d.o.f.*



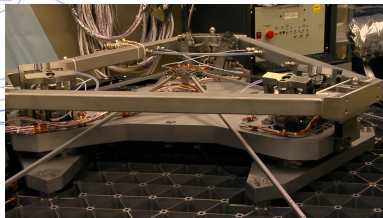
Controllo Specchi

- Il singolo segmento dello specchio primario è montato su di un *hexapod*.
- Sei attuatori per il controllo a sei gradi di libertà.
- Settimo attuttore per il controllo della curvatura dello specchio.
- La movimentazione è comandata dal sistema di *wavefront sensing and control*.
- L'unità di misura dello spostamento dello specchio è in *nanometri*.

Actuators for 6 degrees of freedom rigid body motion



Actuator development unit

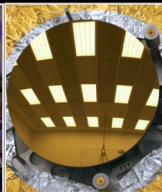


Specchi

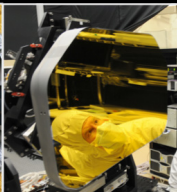
Primary Mirror Segment



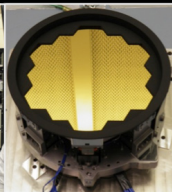
Secondary Mirror



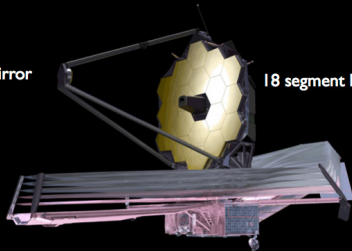
Tertiary Mirror



Fine Steering Mirror



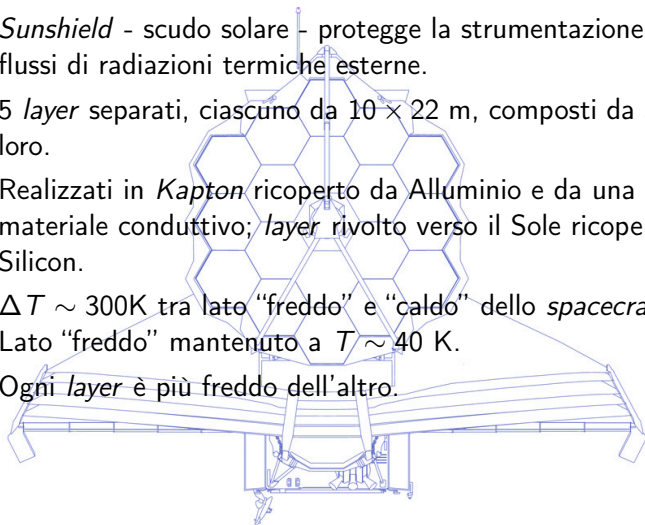
Secondary Mirror



18 segment Primary Mirror

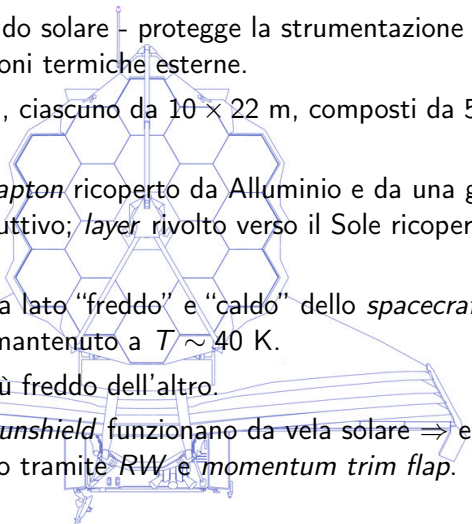
Sunshield

- *Sunshield* - scudo solare - protegge la strumentazione scientifica dai flussi di radiazioni termiche esterne.
- 5 *layer* separati, ciascuno da 10×22 m, composti da 52 parti unite tra loro.
- Realizzati in *Kapton* ricoperto da Alluminio e da una griglia di materiale conduttivo; *layer* rivolto verso il Sole ricoperto da strato di Silicon.
- $\Delta T \sim 300\text{K}$ tra lato "freddo" e "caldo" dello *spacecraft*. Lato "freddo" mantenuto a $T \sim 40$ K.
- Ogni *layer* è più freddo dell'altro.



Sunshield

- *Sunshield* - scudo solare - protegge la strumentazione scientifica dai flussi di radiazioni termiche esterne.
- 5 *layer* separati, ciascuno da 10×22 m, composti da 52 parti unite tra loro.
- Realizzati in *Kapton* ricoperto da Alluminio e da una griglia di materiale conduttivo; *layer* rivolto verso il Sole ricoperto da strato di Silicon.
- $\Delta T \sim 300\text{K}$ tra lato "freddo" e "caldo" dello *spacecraft*. Lato "freddo" mantenuto a $T \sim 40$ K.
- Ogni *layer* è più freddo dell'altro.
- Attenzione! I *sunshield* funzionano da vela solare \Rightarrow effetto controbilanciato tramite *RW* e *momentum trim flap*.

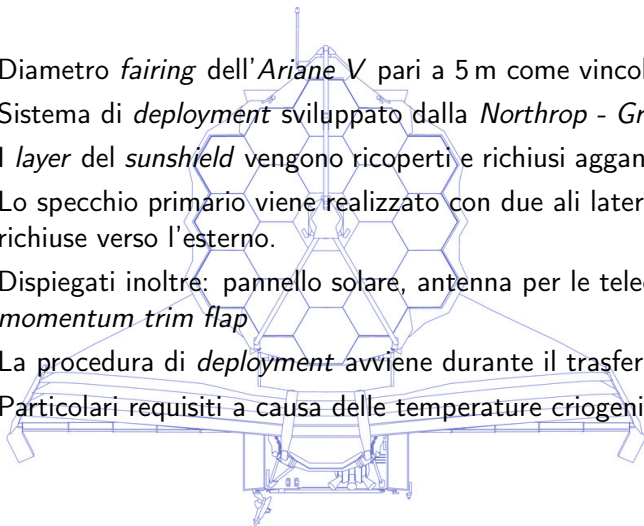


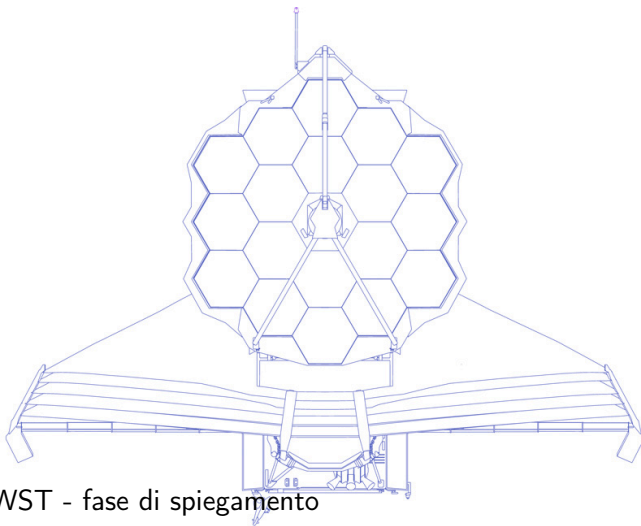
Sunshield - immagini



Deployment

- Diametro *fairing* dell'*Ariane V* pari a 5 m come vincolo dimensionale.
- Sistema di *deployment* sviluppato dalla *Northrop - Grumman*.
- I *layer* del *sunshield* vengono ricoperti e richiusi agganciandoli all'*OTE*.
- Lo specchio primario viene realizzato con due ali laterali che vengono richiuse verso l'esterno.
- Dispiegati inoltre: pannello solare, antenna per le telecomunicazioni e *momentum trim flap*
- La procedura di *deployment* avviene durante il trasferimento Terra-L2.
- Particolari requisiti a causa delle temperature criogeniche operative.



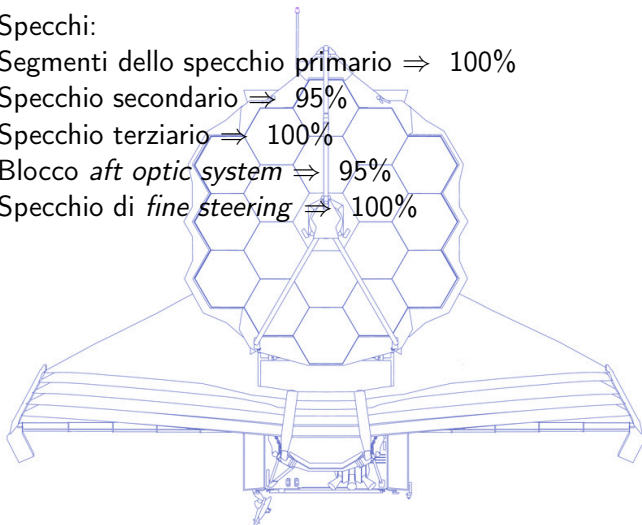


JWST - fase di spiegamento



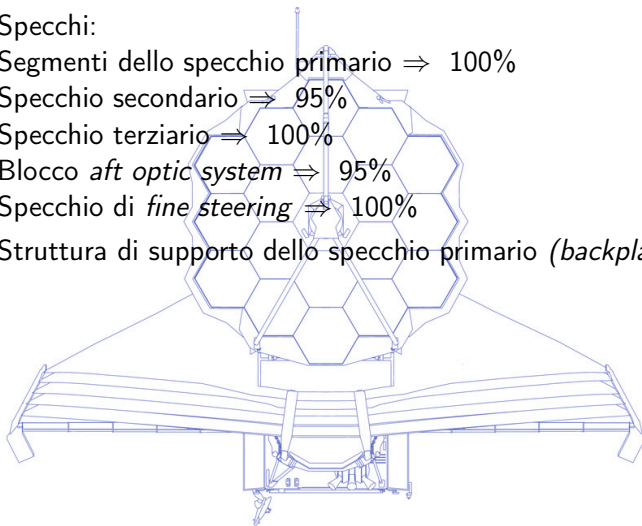
Stato dell'arte

- Specchi:
 - Segmenti dello specchio primario \Rightarrow 100%
 - Specchio secondario \Rightarrow 95%
 - Specchio terziario \Rightarrow 100%
 - Blocco *aft optic system* \Rightarrow 95%
 - Specchio di *fine steering* \Rightarrow 100%



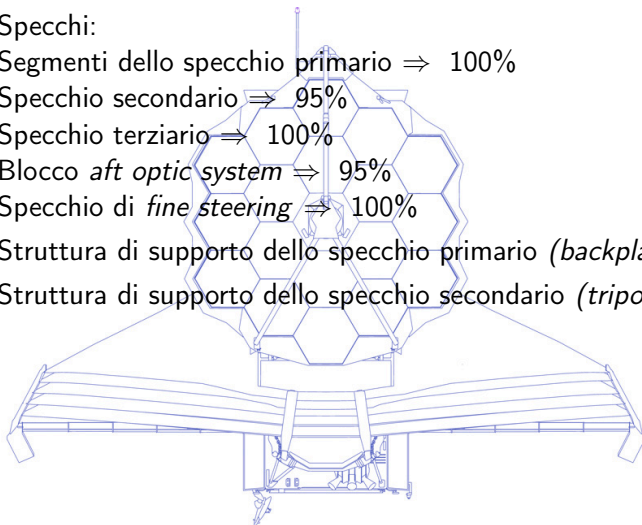
Stato dell'arte

- Specchi:
 - Segmenti dello specchio primario \Rightarrow 100%
 - Specchio secondario \Rightarrow 95%
 - Specchio terziario \Rightarrow 100%
 - Blocco *aft optic system* \Rightarrow 95%
 - Specchio di *fine steering* \Rightarrow 100%
- Struttura di supporto dello specchio primario (*backplane*) \Rightarrow 75%



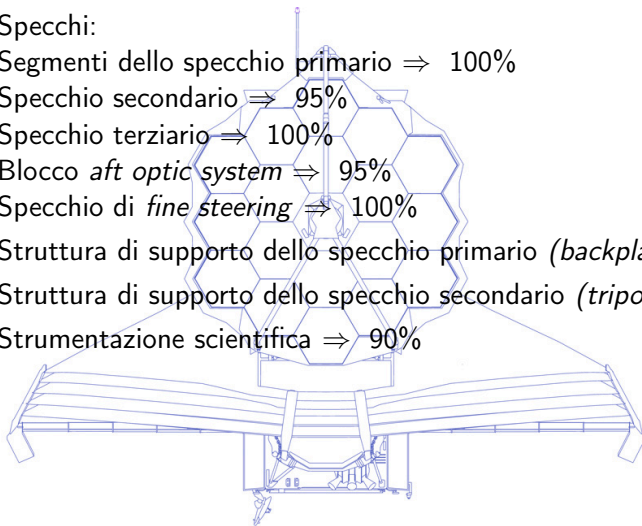
Stato dell'arte

- Specchi:
 - Segmenti dello specchio primario \Rightarrow 100%
 - Specchio secondario \Rightarrow 95%
 - Specchio terziario \Rightarrow 100%
 - Blocco *aft optic system* \Rightarrow 95%
 - Specchio di *fine steering* \Rightarrow 100%
- Struttura di supporto dello specchio primario (*backplane*) \Rightarrow 75%
- Struttura di supporto dello specchio secondario (*tripod*) \Rightarrow 80%



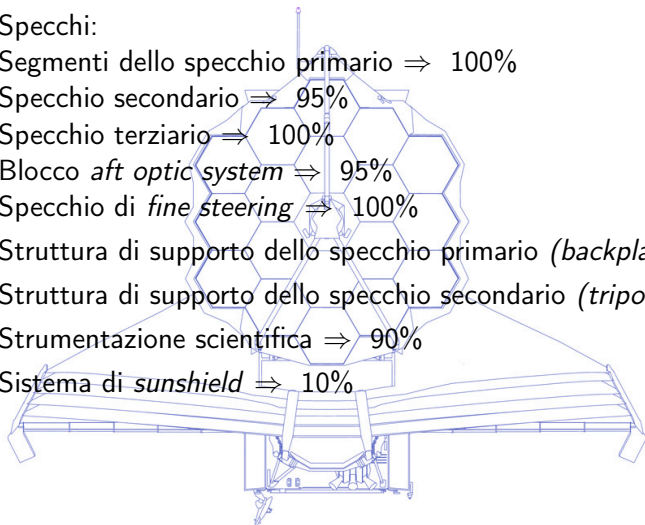
Stato dell'arte

- Specchi:
 - Segmenti dello specchio primario \Rightarrow 100%
 - Specchio secondario \Rightarrow 95%
 - Specchio terziario \Rightarrow 100%
 - Blocco *aft optic system* \Rightarrow 95%
 - Specchio di *fine steering* \Rightarrow 100%
- Struttura di supporto dello specchio primario (*backplane*) \Rightarrow 75%
- Struttura di supporto dello specchio secondario (*tripod*) \Rightarrow 80%
- Strumentazione scientifica \Rightarrow 90%



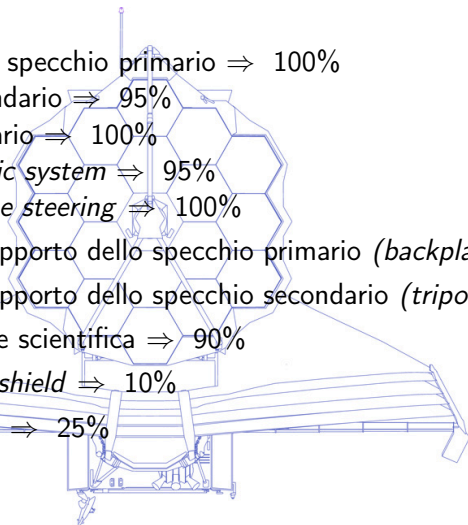
Stato dell'arte

- Specchi:
 - Segmenti dello specchio primario \Rightarrow 100%
 - Specchio secondario \Rightarrow 95%
 - Specchio terziario \Rightarrow 100%
 - Blocco *aft optic system* \Rightarrow 95%
 - Specchio di *fine steering* \Rightarrow 100%
- Struttura di supporto dello specchio primario (*backplane*) \Rightarrow 75%
- Struttura di supporto dello specchio secondario (*tripod*) \Rightarrow 80%
- Strumentazione scientifica \Rightarrow 90%
- Sistema di *sunshield* \Rightarrow 10%



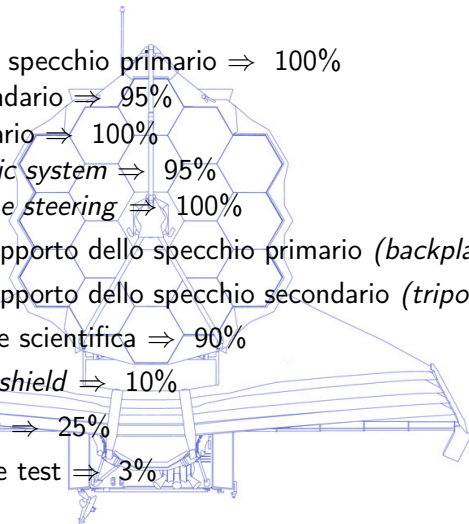
Stato dell'arte

- Specchi:
 - Segmenti dello specchio primario \Rightarrow 100%
 - Specchio secondario \Rightarrow 95%
 - Specchio terziario \Rightarrow 100%
 - Blocco *aft optic system* \Rightarrow 95%
 - Specchio di *fine steering* \Rightarrow 100%
- Struttura di supporto dello specchio primario (*backplane*) \Rightarrow 75%
- Struttura di supporto dello specchio secondario (*tripod*) \Rightarrow 80%
- Strumentazione scientifica \Rightarrow 90%
- Sistema di *sunshield* \Rightarrow 10%
- *Spacecraft bus* \Rightarrow 25%



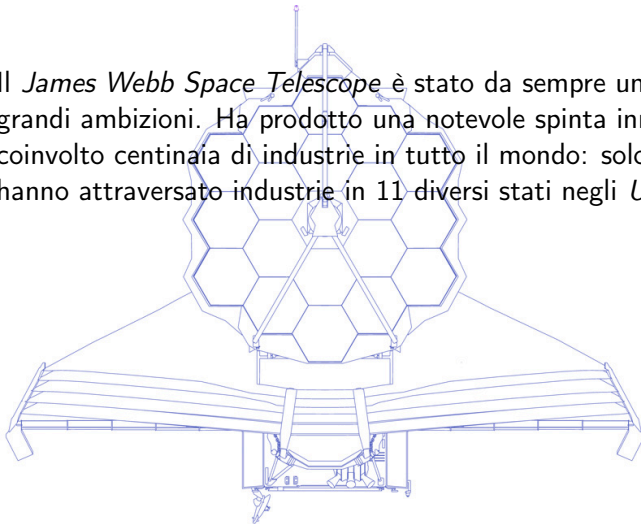
Stato dell'arte

- Specchi:
 - Segmenti dello specchio primario \Rightarrow 100%
 - Specchio secondario \Rightarrow 95%
 - Specchio terziario \Rightarrow 100%
 - Blocco *aft optic system* \Rightarrow 95%
 - Specchio di *fine steering* \Rightarrow 100%
- Struttura di supporto dello specchio primario (*backplane*) \Rightarrow 75%
- Struttura di supporto dello specchio secondario (*tripod*) \Rightarrow 80%
- Strumentazione scientifica \Rightarrow 90%
- Sistema di *sunshield* \Rightarrow 10%
- *Spacecraft bus* \Rightarrow 25%
- Assemblaggio e test \Rightarrow 3%



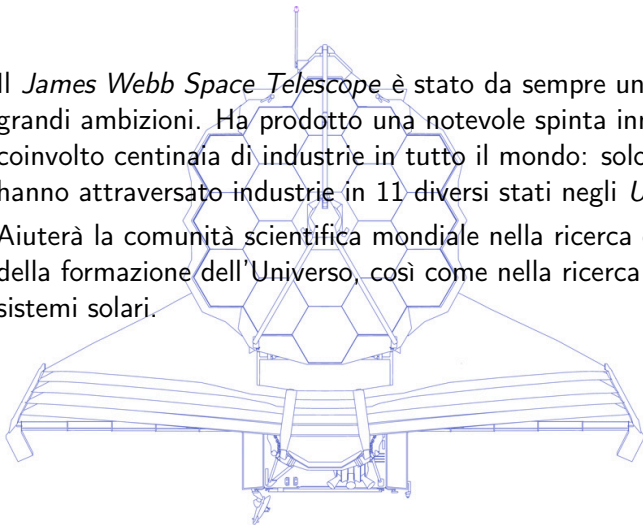
Conclusioni

- Il *James Webb Space Telescope* è stato da sempre un progetto di grandi ambizioni. Ha prodotto una notevole spinta innovativa che ha coinvolto centinaia di industrie in tutto il mondo: solo gli specchi hanno attraversato industrie in 11 diversi stati negli *USA*.



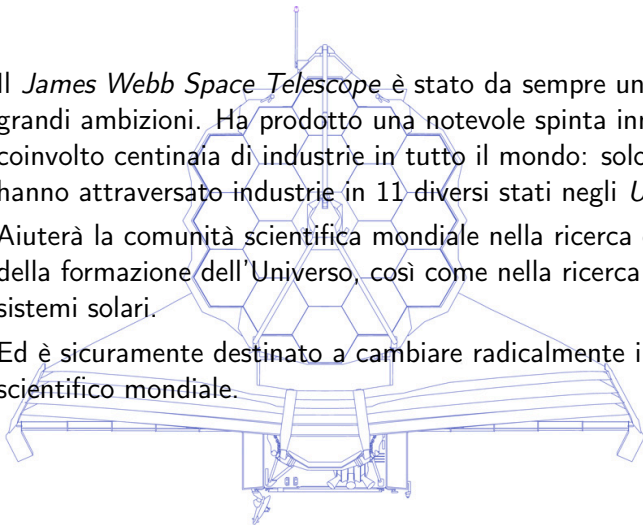
Conclusioni

- Il *James Webb Space Telescope* è stato da sempre un progetto di grandi ambizioni. Ha prodotto una notevole spinta innovativa che ha coinvolto centinaia di industrie in tutto il mondo: solo gli specchi hanno attraversato industrie in 11 diversi stati negli *USA*.
- Aiuterà la comunità scientifica mondiale nella ricerca delle origini e della formazione dell'Universo, così come nella ricerca della vita in altri sistemi solari.

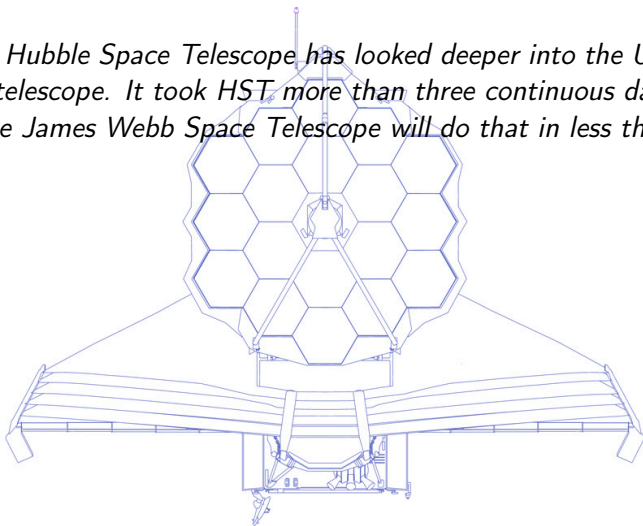


Conclusioni

- Il *James Webb Space Telescope* è stato da sempre un progetto di grandi ambizioni. Ha prodotto una notevole spinta innovativa che ha coinvolto centinaia di industrie in tutto il mondo: solo gli specchi hanno attraversato industrie in 11 diversi stati negli *USA*.
- Aiuterà la comunità scientifica mondiale nella ricerca delle origini e della formazione dell'Universo, così come nella ricerca della vita in altri sistemi solari.
- Ed è sicuramente destinato a cambiare radicalmente il panorama scientifico mondiale.



“The Hubble Space Telescope has looked deeper into the Universe than any telescope. It took HST more than three continuous days to do so. The James Webb Space Telescope will do that in less than an hour”.



“The Hubble Space Telescope has looked deeper into the Universe than any telescope. It took HST more than three continuous days to do so. The James Webb Space Telescope will do that in less than an hour”.

Grazie per l'attenzione.

