



**HAL**  
open science

## **Produzione nello Spazio: una nuova frontiera**

Giovanni Garofalo

► **To cite this version:**

| Giovanni Garofalo. Produzione nello Spazio: una nuova frontiera. 2024. <hal-05521826>

**HAL Id: hal-05521826**

**<https://hal.science/hal-05521826v1>**

Submitted on 21 Feb 2026

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC 4.0 - Attribution - Non-commercial use - International License

Produzione nello Spazio: Una Nuova Frontiera

Giovanni Garofalo

Institut Clément Ader, CNRS, INSA, ISAE-SUPAERO, IMT Mines Albi, Université de

Toulouse

[giovanni.garofalo@isae-supaero.fr](mailto:giovanni.garofalo@isae-supaero.fr)

## Introduzione

Man mano che ci avventuriamo nelle possibilità dell'esplorazione spaziale, emerge il concetto di produzione nello spazio come un potenziale elemento rivoluzionario. In questo prologo al futuro della produzione basata sullo spazio, esploriamo le radici storiche della produzione spaziale e i suoi promettenti sviluppi.

## Sforzi pionieristici

Le radici della produzione spaziale risalgono alla fine degli anni '60, quando la NASA e altre istituzioni avviarono molteplici esperimenti per sfruttare le proprietà uniche dello spazio per processi di produzione innovativi. Skylab, la prima stazione spaziale americana, ha giocato un ruolo fondamentale, aprendo la strada a esperimenti successivi sulla Space Shuttle, sulla Stazione Spaziale Internazionale e persino sulle stazioni sovietiche/russe come Salyut e Mir.



Figura 1 Rappresentazione artistica della stazione spaziale Skylab.  
Credits: NASA

## Scoprire nuove frontiere

Gli esperimenti condotti nello spazio hanno prodotto risultati notevoli. Dai cuscinetti sferici ai cristalli ad alta purezza per la ricerca farmaceutica e metallurgica, dalla fusione di oggetti complessi alla produzione di vaccini e filamenti ad alta resistenza per materiali compositi: la produzione di manufatti nello spazio ha dimostrato il suo potenziale. Le comunità scientifiche si sono impegnate per comprendere i fenomeni assenti nella gravità terrestre, mirando a migliorare i processi di fabbricazione e l'efficienza dei prodotti.

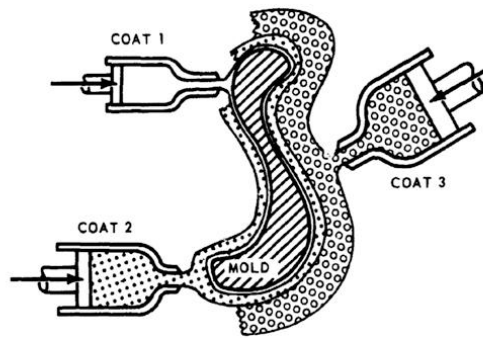


Figura 2 Rappresentazione del processo di “Adhesion Casting”. [Sivolella, 2019]

La produzione nello spazio offre un ambiente unico, privo dei vincoli atmosferici e degli effetti gravitazionali terrestri. Alcuni processi industriali tradizionali che richiedono macchinari costosi e complessi sulla Terra diventano più fattibili nello spazio (in forma pilota). Ad esempio, l'assenza di una biosfera elimina le preoccupazioni ambientali, rendendo lo spazio un terreno ideale per processi di produzione altrimenti impraticabili. Comprendere le condizioni uniche dello spazio è cruciale per lo sviluppo delle capacità manifatturiere basate sullo spazio. Viene esplorato il concetto di "assenza di peso" o "zero-g", sottolineando che, anche se la gravità è presente, gli oggetti in orbita sperimentano uno stato continuo di caduta libera.

## Impatto

Un vantaggio significativo della produzione nello spazio è la sua capacità di alleviare il carico ambientale terrestre. Trasferendo una parte dei processi industriali nello spazio, possiamo ridurre l'inquinamento associato all'estrazione, generazione e trasporto di materiali ed energia. L'assenza di una biosfera nello spazio elimina le preoccupazioni legate all'inquinamento, presentando un'alternativa sostenibile per futuri sforzi manifatturieri. La condizione di caduta libera influenza, inoltre, il comportamento della materia, specialmente nel suo stato solido.

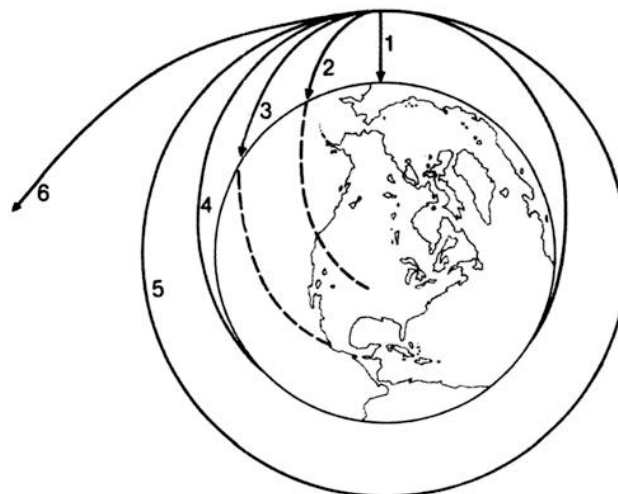


Figura 3 Percorsi orbitali di corpi in caduta intorno alla Terra. Se non c'è velocità tangenziale, il corpo cade direttamente verso il basso (traiettoria 1). Man mano che la velocità tangenziale aumenta, il punto di intersezione con il suolo si sposta sempre più lontano dal punto di lancio fino a quando non entra in un'orbita chiusa che non intercetta mai il suolo (traiettorie 2-5). Aumentare ulteriormente la velocità tangenziale conferisce sufficiente momento per sfuggire. [Sivolella, 2019]

## Sfide dell'ambiente spaziale

L'ambiente spaziale introduce sfide come variazioni estreme di temperatura, esposizione alle radiazioni e al vento solare, ma offre anche energia solare (teoricamente illimitata) che può essere sfruttata per processi industriali, mostrando il potenziale per soluzioni energetiche sostenibili nella produzione spaziale.

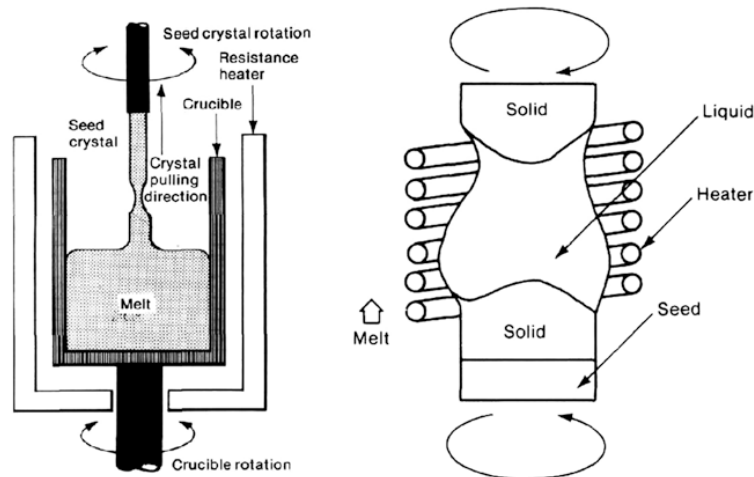


Figura 4 Il metodo Czochralski per la produzione di silicio. [Sivolella, 2019]

Mentre ci addentriamo in questa esplorazione della produzione nello spazio, le agenzie preparano il terreno per una comprensione più approfondita delle opportunità, delle sfide e del potenziale trasformativo che questa nuova frontiera offre per il futuro dell'industria e del progresso umano.

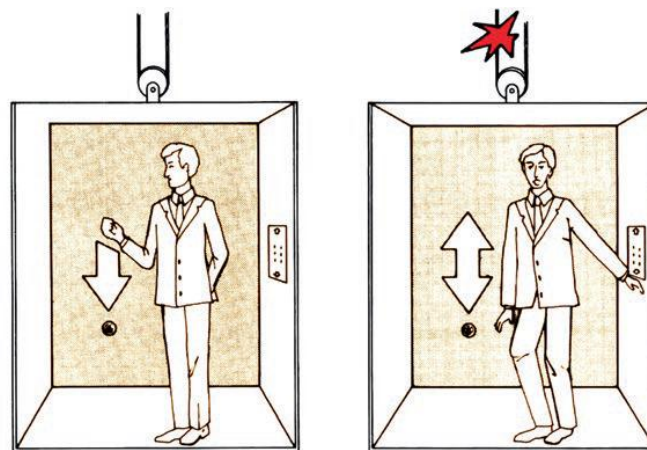


Figure 5 Un uomo sulla superficie della Terra lascia cadere una moneta. Essa cade con un'accelerazione di  $9,81 \text{ m/s}^2$ . A destra, la corda che tiene l'ascensore viene tagliata ed esso cade. Se l'uomo nell'ascensore, in caduta, lascia cadere una moneta, essa si comporterà allo stesso modo di prima, tranne che, poiché non ha nessun movimento relativo all'ascensore, quindi fluttuerà come se fosse in uno stato di assenza di peso. [Sivolella, 2019]

## **Riferimenti**

Sivolella, D. (2019). *Space Mining and Manufacturing*. Springer International Publishing.

<https://doi.org/10.1007/978-3-030-30881-0>