



ricerca

Vai Ricerca

- navigazione
- [Pagina principale](#)
 - [Ultime modifiche](#)
 - [Una voce a caso](#)
 - [Vetrina](#)
 - [Aiuto](#)

- comunità
- [Portale comunità](#)
 - [Bar](#)
 - [il Wikipediano](#)
 - [Fai una donazione](#)
 - [Contatti](#)

- stampa/esporta
- [Crea un libro](#)
 - [Scarica come PDF](#)
 - [Versione stampabile](#)

- strumenti
- [Puntano qui](#)
 - [Modifiche correlate](#)
 - [Pagine speciali](#)
 - [Link permanente](#)
 - [Cita questa voce](#)

- altre lingue
- [Български](#)
 - [Bosanski](#)
 - [Català](#)
 - [Česky](#)
 - [Dansk](#)
 - [Deutsch](#)
 - [Ελληνικά](#)
 - [English](#)
 - [Esperanto](#)
 - [Español](#)
 - [Suomi](#)
 - [Français](#)
 - [Hrvatski](#)
 - [Magyar](#)
 - [Bahasa Indonesia](#)
 - [🇮🇩](#)
 - [🇮🇩](#)
 - [Nederlands](#)
 - [Norsk \(bokmål\)](#)
 - [Polski](#)
 - [Português](#)
 - [Русский](#)
 - [Slovenčina](#)
 - [Slovenščina](#)
 - [Српски / Srpski](#)
 - [Basa Sunda](#)
 - [Svenska](#)
 - [Türkçe](#)
 - [Українська](#)
 - [O'zbek](#)
 - [🇸🇩](#)
 - [🇸🇩](#)

- voce** discussione modifica cronologia

Aerogel

Da *Wikipedia*, l'enciclopedia libera.

L'**aerogel** è una sostanza allo stato **solido** simile al **gel** nella quale il componente liquido è sostituito con gas. Il risultato è una **schiuma** solida dalle molte proprietà particolari, la più importate delle quali è l'efficacia nell'isolamento. Viene soprannominato **fumo ghiacciato**,^[1] **fumo solido** o **fumo blu** per la sua trasparenza; al tatto ricorda la gomma-piuma.

L'aerogel fu creato per la prima volta da **Steven Kistler** nel **1931**, come il risultato di una scommessa con **Charles Learned**: Chi avrebbe scambiato per primo (fra i due scienziati) il liquido di una "gelatina" con del gas senza causarne il collassamento.^{[2][3]} Il primo risultato furono i **gel di silice**. Per l'aerogel possono essere usati materiali molto diversi; il lavoro di Kistler portò ad aerogel basati su **silicio**, **alluminio**, **cromo**, e **stagno**. Aerogel di **carbonio** furono sviluppati per la prima volta nel 1990.^[4]

L'aerogel è la sostanza solida meno densa conosciuta, ovvero la più leggera per metro cubo;^[5] è composta dal 99,8% di **aria** e dal 0,2% di **diossido di silicio** (silice), il principale componente del **vetro**. L'aerogel è 1000 volte meno denso del vetro, sopporta altissime **temperature** ed è un ottimo **isolante termico**.^[6]



Un mattone di 2,5 kg sostenuto da un blocco di aerogel che pesa solo 2 grammi.

| Indice |
|--------------------------|
| 1 La storia dell'aerogel |
| 2 Produzione |
| 3 Proprietà |
| 4 Tipi di aerogel |
| 4.1 Aerogel di silice |
| 4.2 Aerogel di carbonio |
| 4.3 Aerogel di alluminio |
| 4.4 Altri aerogel |
| 5 Usi |
| 6 Note |
| 7 Bibliografia |
| 8 Voci correlate |
| 9 Altri progetti |
| 10 Collegamenti esterni |

La storia dell'aerogel [modifica]

Le prime molecole di questo materiale sembrano appartenere ai nostri tempi ma risalgono al **1931**, anno in cui **Steven Kistler** del **College of the Pacific** a **Stockton, California** cercò di provare che un "gel contiene una matrice solida delle stesse dimensioni e forma del gel stesso".

Il modo più immediato di provare questa ipotesi era quello di rimuovere la parte liquida dal **gel** lasciando integra la parte solida. In realtà se il gel veniva semplicemente fatto asciugare, la struttura collassava, giungendo solo ad una frazione del volume iniziale, con la rottura della struttura solida. Kistler suppose, correttamente, che la componente solida del gel fosse **microporosa** e che l'**interfaccia** liquido-vapore del liquido evaporante esercitasse delle intense forze di tensione superficiale, che portavano alla distruzione della struttura dei pori. Kistler intuì quindi l'aspetto chiave della produzione degli aerogel: sostituire il liquido con aria, facendolo passare attraverso condizioni supercritiche in cui, pertanto, non fossero presenti contemporaneamente le due fasi e fossero così assenti le tensioni superficiali.

Kistler scoprì il segreto per asciugare il gel evitandone il collasso. Sottrasse il liquido ad elevate temperature e **pressioni**, portando il liquido allo **stato supercritico**, in cui non è più possibile distinguere tra liquido e gas. Dopo aver creato le condizioni supercritiche, la pressione viene fatta lentamente diminuire: il **fluido supercritico** viene quindi espulso dal gel senza i distruttivi effetti dovuti alla **tensione superficiale**. Ciò che rimane è un aerogel con il 98% di aria.

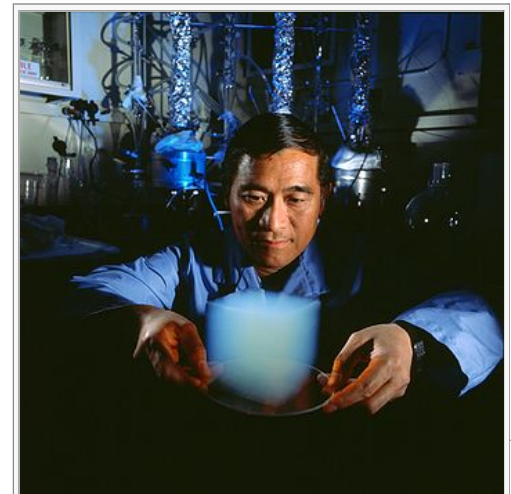
Produzione [modifica]

L'aerogel di silice, come già visto, viene prodotto per disidratazione di un gel composto da **silice colloidale** in condizioni estreme di pressione e temperatura. Entrando più nello specifico, il processo inizia mescolando con un **alcol** liquido quale l'**etanolo** un precursore Si(OR)₄ (**alcolossido** di silicio) che porta alla formazione di gel di silice (**sol-gel**). Quindi, sfruttando un processo definito **essiccamento supercritico**, l'alcol viene rimosso dal gel. Ciò viene tipicamente realizzato utilizzando **acetone**, che solubilizza l'etanolo per poi venire entrambe rimosse dalla **CO₂** supercritica. Una variante di questo processo implica l'iniezione diretta del diossido di carbonio supercritico nel recipiente pressurizzato in cui è posto l'aerogel. Il risultato finale consiste nella rimozione di tutta la **fase** liquida dal gel che viene rimpiazzata da gas, senza permettere all'intera struttura del gel un collasso o una diminuzione del proprio volume.

Sono stati prodotti aerogel **compositi** utilizzando una varietà di materiali. La **fibra di vetro** è stata utilizzata per rinforzare aerogel compositi conferendogli migliori proprietà meccaniche.

Gli aerogel **resorcinolo-formaldeide** (aerogel RF) vengono prodotti in modo simile all'aerogel di silice.

L'aerogel di carbonio viene ottenuto da un aerogel RF tramite **pirolisi** in atmosfera di gas inerte, ottenendo una matrice di carbonio. È



Peter Tsou, ricercatore della NASA, mostra l'aerogel.



L'Aerogel è un ottimo isolante termico

commercialmente disponibile in forma solida, in polvere o in foglio composito.

Proprietà

[[modifica](#)]

Al **tatto**, un aerogel si presenta in modo simile a una **schiuma** leggera ma rigida. Nonostante quanto il loro nome possa suggerire, gli aerogel sono materiali secchi e piuttosto che somigliare a un classico gel le loro proprietà fisiche li rendono più simili a una **nanoschiuma**. Una leggera pressione sulla superficie di un aerogel tipicamente non lascia alcun segno; una pressione di maggiore entità lascerà invece un segno permanente. Una forte pressione può essere in grado di causare la distruzione dell'intera struttura, con una frantumazione simile a quella di un **vetro**; questa proprietà è definita *friabilità*. Nonostante il fatto che l'aerogel sia soggetto a rompersi, strutturalmente è un materiale molto resistente. Le sue impressionanti capacità di carico sono dovute alla sua microstruttura **dendritica**, nella quale particelle sferiche di dimensioni medie di 2-5 **nm** sono fuse insieme a formare un *cluster*. Questi cluster formano una struttura tridimensionale altamente porosa con catene a forma pressoché di **frattale**, con pori di dimensioni minori di 100 nm. La dimensione media e la densità dei pori può essere controllata durante il processo di produzione.

Gli aerogel sono eccezionali **isolanti termici**. Sono dei buoni inibitori **convettivi** perché l'aria non può circolare all'interno del reticolo. L'aerogel di silice è specialmente un buon isolante per la **conduzione di calore** grazie al fatto che la silice è uno scarso conduttore, d'altra parte un aerogel metallico avrà minori proprietà isolanti. L'aerogel di carbonio è un buon isolante dell'**irraggiamento termico**, in quanto il carbonio assorbe la **luce infrarossa** responsabile del **trasferimento di calore**. L'aerogel dalle maggiori proprietà isolanti è quello di silice addizionato di carbonio.

A causa della loro natura **igroscopica**, gli aerogel sono dei forti essiccanti. Coloro i quali si trovano a maneggiare un aerogel per lungo periodo di tempo dovrebbero indossare dei guanti onde evitare la formazione di fragili chiazze sulle proprie mani.

Dato che l'aerogel è costituito prevalentemente da aria, esso appare semitrasparente. Il **colore** è dovuto allo **scattering Rayleigh** delle **lunghezze d'onda** minori dello **spettro visibile** da parte della struttura dendritica nanometrica. Questo fenomeno è all'origine della colorazione azzurrognola assunta su uno sfondo scuro e di quella biancastra su uno sfondo luminoso.

Gli aerogel per loro natura sono **idrofilii**, ma i trattamenti chimici possono renderli **idrofobi**. Se assorbono **umidità** possono andare incontro a modificazioni strutturali, come la contrazione e il deterioramento, ma rendendoli idrofobi è possibile prevenire questa degradazione. Gli aerogel con la parte interna resa idrofoba sono meno suscettibili alla degradazione rispetto a quelli in cui è stato reso idrofobo solamente lo strato più esterno, persino nel caso in cui una crepa ne penetri la superficie. Inoltre i trattamenti idrofobizzanti favoriscono le lavorazioni successive consentendo l'uso del **taglio ad acqua**.

Tipi di aerogel

[[modifica](#)]

Aerogel di silice

[[modifica](#)]

L'aerogel di **silice** è il tipo più comune di aerogel e quello più studiato e utilizzato. È una sostanza a base di silice e ottenuta dal gel di silice. Il solido a minore densità attualmente scoperto è una nanoschiuma di silice avente **densità** 1 mg/cm³^[5], che è una versione più leggera dell'aerogel dalla densità record di 1,9 mg/cm³^[7]. A titolo di confronto la densità dell'aria è di 1,2 mg/cm³^[8].

L'aerogel di silice assorbe fortemente la **radiazione infrarossa**. Sfruttando questa caratteristica è possibile costruire materiali che lascino entrare la **luce solare** all'interno delle costruzioni assicurando però l'isolamento termico.

Possiede una **conducibilità termica** estremamente bassa (da 0,03 **W/mK** a 0,004 **W/mK**),^[6]^[5] che gli conferisce eccellenti proprietà isolanti. Il suo **punto di fusione** è di 1200 °C.

Aerogel di carbonio

[[modifica](#)]

Gli aerogel di **carbonio** sono composti da particelle dell'ordine del **nanometro**, legate insieme **covalentemente**. Possiedono porosità molto elevata (superiore al 50%, con diametro dei pori inferiore ai 100 nm) e area superficiale compresa tra 400–1000 **m²/g**; hanno densità compresa all'incirca tra 0,25 mg/cm³ (aerogel a bassa densità) e 0,8 mg/cm³ (aerogel ad alta densità). Spesso vengono prodotti in forma di foglio composito, costituito da **fibre di carbonio**, impregnato con aerogel di **resorcinolo-formaldeide** e **pirolizzato**. In relazione alla densità, gli aerogel di carbonio possono essere **conduttori elettrici**, caratteristica che rende il foglio composito di aerogel utile per la produzione di **elettrodi** utilizzati ad esempio nei **condensatori**. Grazie alla loro area superficiale estremamente elevata, gli aerogel di carbonio sono utilizzati nella creazione dei **supercondensatori**, dispositivi in grado di raggiungere valori di **capacità elettrica** di migliaia di **farad**. Gli aerogel di carbonio assorbono fortemente la radiazione infrarossa, riflettendo solamente lo 0,3% della radiazione compresa tra i 250 nm e 14,3 **µm**, e questa loro proprietà li rende efficienti nell'immagazzinare l'**energia solare**.

Il termine "aerogel" viene utilizzato impropriamente per indicare anche masse di **nanotubi di carbonio** ricche di aria e prodotte tramite tecniche di **chemical vapor deposition**. Da tali materiali si possono ottenere fibre di resistenza superiore del **kevlar** e con proprietà elettriche caratteristiche. Questi materiali non sono aerogel, in quanto non possiedono una struttura interna monolitica e una struttura porosa regolare caratteristica degli aerogel.

Aerogel di allumina

[[modifica](#)]

Gli aerogel composti da **ossido di alluminio** costituiscono quelli che vengono definiti aerogel di allumina. Questi aerogel trovano utilizzo come **catalizzatori**, specialmente nel **drogaggio di metalli** con altri metalli. L'aerogel di **nichel**-allumina rappresenta la più comune combinazione. Gli aerogel di allumina sono anche studiati dalla **NASA** per la cattura di particelle **iperveloci**^[9]; una formulazione ottenuta dal drogaggio con **gadolinio** e **terbio** è in grado di generare **fluorescenza** nel sito di impatto della particella, con emissione di energia radiante dipendente dalla velocità di impatto.

Altri aerogel

[[modifica](#)]

Il **SEAgel** è un materiale simile all'aerogel organico, ottenuto dall'**agar**.

I **calcogel** sono una tipologia di aerogel ottenuti dai **calcogeni**, **platino** e altri **elementi**^[10]. Hanno la caratteristica di assorbire preferenzialmente i **metalli pesanti**^[11] e se ne sta studiando l'impiego per rimuovere **inquinanti** quali **mercurio**, **piombo** e **cadmio** dalle acque.

Usi

[[modifica](#)]



Gli aerogel sono dei materiali che trovano diverse applicazioni. Commercialmente, gli aerogel sono stati utilizzati in forma granulare per conferire isolamento termico alle **finestre** degli edifici. Dopo diversi esperimenti in assenza di **forza di gravità**, un gruppo di ricercatori^[12] ha dimostrato che la produzione di aerogel in un **ambiente microgravitazionale** può dare origine a particelle di dimensioni più uniformi e ridurre l'effetto dovuto allo scattering Rayleigh negli aerogel di silice, rendendo quindi l'aerogel più trasparente. L'aerogel trasparente di silice sarebbe molto adatto come materiale per l'isolamento termico delle finestre, limitando significamente la dispersione di calore degli edifici.

L'elevata area superficiale dell'aerogel lo rende utile nella purificazione chimica tramite **adsorbimento**. Questa caratteristica gli conferisce anche un grande potenziale di utilizzo quale **catalizzatore** o come supporto per un altro catalizzatore. Le particelle di aerogel sono utilizzate anche come addensante in alcune **vernici** e **prodotti cosmetici**.

Gli aerogel sono stati testati anche per l'utilizzo quale bersaglio per il **National Ignition Facility**.

In relazione a una specifica applicazione, la prestazione dell'aerogel può essere aumentata aggiungendo degli agenti dopanti, rinforzandone la struttura o aggiungendo diverse sostanze. In tal modo il campo di applicazione di questi materiali può essere ampiamente esteso.

La produzione commerciale di aerogel compositi iniziò attorno al **1998**. L'aerogel di silice è unito a un rinforzo fibroso che ne assicura flessibilità e durata. Le proprietà meccaniche e termiche del prodotto possono essere variate in funzione delle fibre rinforzanti utilizzate, della matrice di aerogel adoperata, e dall'aggiunta di additivi opacizzanti inclusi nel composito. Attorno al 2000 si possono trovare i primi esempi di applicazione di aerogel compositi in equipaggiamenti sportivi, il primo esempio in assoluto è un giubbotto progettato e realizzato in Italia denominato Absolute Zero e una versione successiva denominata Absolute Frontiers ^[1] ^[2] ^[3]

La **NASA** ha utilizzato l'aerogel per intrappolare le particelle di **polvere interstellare** durante la missione della **sonda Stardust**. Queste particelle vaporizzano per impatto con solidi e passano attraverso i gas, ma possono essere intrappolate negli aerogel. La NASA ha utilizzato l'aerogel anche per l'isolamento termico del **Mars rover** e delle **tute spaziali**.^{[13][14]} Il basso valore di densità ne rende vantaggioso l'utilizzo in missioni spaziali.

Gli aerogel sono utilizzati anche in **fisica delle particelle** come scambiatori di calore in **rivelatori** che sfruttano l'**effetto Čerenkov**. Il rivelatore Belle, usato nell'**esperimento di Belle** con l'**acceleratore KEKB**, è un esempio recente di tale uso. Gli aerogel sono adatti a questa applicazione grazie ai loro basso **indice di rifrazione**, alla loro trasparenza e al loro stato solido, caratteristiche che li rendono di più semplice utilizzo rispetto ai liquidi **criogenici** o ai gas compressi.

Gli aerogel **resorcinolo-formaldeide** (**polimeri** chimicamente simili alle **resine fenolo-formaldeide**) sono principalmente utilizzati come precursori per la produzione degli aerogel di carbonio, o nei casi in cui occorre impiegare un isolante organico con grande estensione superficiale. Sono materiali ad alta densità, con area superficiale di circa 600 m²/g.

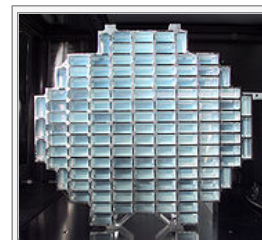
Nanocompositi metallo-aerogel possono essere preparati impregnando l'**idrogel** di partenza con una soluzione contenente **ioni** di opportuni **metalli nobili** o di **transizione**. Questo idrogel impregnato viene quindi sottoposto a irradiazione con **raggi gamma**, ottenendo così la **precipitazione** delle **nanoparticelle** metalliche. Tali compositi possono essere utilizzati ad esempio come catalizzatori, sensori, **scudi elettromagnetici** e nello smaltimento dei rifiuti. Un catalizzatore platino su carbonio in prospettiva può essere utilizzato nelle **celle a combustibile**.

Grazie alla sua **biocompatibilità**, l'aerogel può essere utilizzato come sistema di dispensazione dei **farmaci**. L'elevata area superficiale e la struttura porosa permettono l'adsorbimento dei farmaci da CO₂ supercritica. La velocità di rilascio del farmaco può essere definita in base alle proprietà dell'aerogel.^[15]

Gli aerogel di carbonio sono utilizzati nella costruzione di piccoli **supercondensatori**. In relazione all'elevata area superficiale dell'aerogel, questi condensatori possono raggiungere dimensioni inferiori da 2000 a 5000 volte rispetto a quelle dei condensatori elettrolitici similmente classificabili.^[16] I supercondensatori che utilizzano aerogel possono avere valori molto bassi di **impedenza** rispetto ai normali supercondensatori e possono assorbire o produrre picchi molto alti di **corrente**.

I calcogel potrebbero essere impiegati per rimuovere metalli pesanti quali mercurio, piombo e cadmio da acque inquinate.

L'aerogel è utilizzato per introdurre disordine in **elio-3 superfluido**.^[17]



Il collettore con blocchi di aerogel utilizzato dalla **sonda Stardust** per campionare la **polvere interstellare**

Note

[[modifica](#)]

- [↑] Taher, Abul [Scientists hail 'frozen smoke' as material that will change world](#). News Article. Times Online (August 19, 2007)
- [↑] Kistler S. S. (1931). "Coherent expanded aerogels and jellies". *Nature* **127** (3211): 741
- [↑] Kistler S. S. (1932). "Coherent Expanded-Aerogels". *Journal of Physical Chemistry* **36** (1): 52 - 64
- [↑] Pekala R. W. (1989). "Organic aerogels from the polycondensation of resorcinol with formaldehyde". *Journal of Material Science* **24** (9): 3221-3227
- ^a ^b ^c [Aerogels Terms](#)
- ^a ^b [CRC Handbook of Chemistry and Physics](#), 85th Ed. section 12, p. 227
- [↑] [Lab's aerogel sets world record](#)
- [↑] D.E. Groom, [Abridged from Atomic Nuclear Properties](#)
- [↑] [A fluorescent aerogel for capture and identification of interplanetary and interstellar dust](#)
- [↑] D. Biello, [Heavy Metal Filter Made Largely from Air](#), Scientific American
- [↑] S. Bag et al., [Porous Semiconducting Gels and Aerogels from Chalcogenide Clusters](#), *Science* 27-07-2007: Vol. 317. no. 5837, pp. 490-493, DOI: 10.1126/science.1142535
- [↑] [Zero-Gravity Aerogel Formation](#)
- [↑] [Preventing heat escape through insulation called "aerogel"](#)
- [↑] [Down-to-Earth Uses for Space Materials](#)
- [↑] I. Smirnova, S. Suttirueangwong, W. Arlt, *Feasibility study of hydrophilic and hydrophobic silica aerogels as drug delivery systems*, *Journal of Non-Crystalline Solids* **350**: 54-60 (2004). doi:10.1016/j.jnoncrysol.2004.06.031.
- [↑] [Aerogel Capacitors Support Pulse, Hold-Up, and Main Power Applications](#)
- [↑] W.P. Halperin, J.A. Sauls, [Helium-Three in Aerogel](#), Department of Physics and Astronomy, Northwestern University, Evanston, Illinois.

Bibliografia

[[modifica](#)]

- NASA's Stardust comet return mission on [AEROGEL](#)
- J. Fricke, A. Emmerling (1992). "Aerogels-Preparation, properties, applications". *Structure & Bonding* **77**: 37-87
- N. Hüsing, U. Schubert (1998). "Aerogels - Airy Materials: Chemistry, Structure, and Properties". *Angewandte Chemie International Edition* **37** (1/2): 22-196

- Pierre A. C., Pajonk G. M. (2002). "Chemistry of aerogels and their applications". *Chemical Reviews* **102** (11): 4243 - 4266
- Ellen Lupton, Jennifer Tobias (Princeton Architectural Press, 2002). "Skin: surface, substance + design": 180


Voci correlate

[modifica]

- Aerosol
- Colloide
- Xerogel
- Vetro
- Silice

Altri progetti

[modifica]

-  **Wikimedia Commons** contiene file multimediali su **Aerogel**

Collegamenti esterni

[modifica]

- Alex Gash Scienziato del Lawrence Livermore National Laboratory U.S.A. illustra la gelatina d'aria  (video)

| v · d · m | | Stati della materia | | |
|-----------------------------|---|---------------------|--|---|
| Principali | Solido · Liquido · Gas · Plasma | | |  |
| Cambiamenti di stato | Fusione · Solidificazione · Cristallizzazione · Punto di fusione · Ebollizione · Evaporazione · Condensazione · Sublimazione | | | |
| Miscela | Sospensione · Dispersione · Soluzione · Lega · Colloide · Aerosol · Nebbia · Spray liquido · Fumo · Particolato · Polvere · Schiuma · Emulsione · Sol · Aerogel · Gel · Schiuma solida · Miscela gassosa | | | |
| Altri | Vapore · Aeriforme · Fluido · Gas perfetto · Gas reale · Fluido supercritico · Superfluido · Supersolido · Condensato di Bose - Einstein · Condensato fermionico · Materia degenerare · Materia strana · Plasma di quark e gluoni · Cristalli liquidi · Fluido ideale | | | |
| Concetti | Punto triplo · Punto critico · Equazione di stato · Curva di raffreddamento · Fase · Solidus | | | |

 **Portale Fisica**

 **Portale Chimica**

Categoria: Chimica dei colloid



Ultima modifica per la pagina: 13:40, 1 dic 2009. Il testo è disponibile secondo la [licenza Creative Commons](#) [Attribuzione-Condividi allo stesso modo](#); possono applicarsi condizioni ulteriori. Vedi le [condizioni d'uso](#) per i dettagli. Wikipedia® è un marchio registrato della [Wikimedia Foundation, Inc.](#)

[Politica sulla privacy](#) [Informazioni su Wikipedia](#) [Avvertenze](#)

