

Il grafene

Il materiale che non doveva esistere

di Andrea Liscio

Uno scienziato, una matita e del nastro adesivo. Che cosa accomuna questi elementi? Semplice, il grafene. Un nuovo materiale dalle proprietà eccezionali che fa sognare gli scienziati di tutto il mondo e che presto potrebbe cambiare profondamente la nostra quotidianità.

Isolato per la prima volta nel 2004 da Andrej Gejm e Konstantin Novoselov dell'Università di Manchester (come vedremo, grazie a semplice nastro adesivo), ha portato i due ricercatori già nel 2010 al premio Nobel per la fisica: un caso piuttosto raro, considerato che in genere tra una scoperta pur fondamentale e l'assegnazione del Nobel passano diversi decenni. Ma perché tanto interesse? Che cos'ha il grafene di straordinario e perché è così importante?

"Il grafene è 100 volte più resistente del diamante e ha proprietà elettroniche migliori di quelle del silicio."

ticamente un foglio dello spessore di un atomo. In genere, in natura questi fogli tendono a impilarsi formando come dei block-notes che, saldati tra loro, danno origine alla comune grafite, un materiale facilmente reperibile utilizzato per

ottenere le mine delle matite. In particolare con i dizioni, però, si possono ottenere fogli singoli. Il grafene mostra numerose proprietà eccezionali: è 100 volte più resistente del diamante, è un ottimo conduttore di elettricità e di calore, è stabile (perché non arrugginisce) e ha proprietà elettroniche migliori di quelle del silicio comunemente utilizzato nei transistor, nonostante sia il materiale più sottile esistente in natura. Dunque è leggero ma densissimo, trasparente, duttile e incredibilmente versatile.

ELETTRONI SUPERVELOCI

L'origine di tali proprietà è legata alla sua peculiare struttura elettronica. In genere, gli elettroni di conduzione in un metallo, cioè quelli responsabili delle proprietà di trasporto elettrico, vengono descritti come particelle di un gas che sbattono tipicamente contro gli ioni del metallo stesso. Nei comuni metalli tridimensionali (3D) la velocità di Fermi degli elettroni di conduzione, ossia la velocità delle particelle tra due urti successivi, è circa 1000 km/s. Nel grafene, invece, gli elettroni di conduzione si comportano come se non avessero massa e viaggiano alla velocità della luce (300 000 km/s). Essi obbediscono alle leggi della fisica quantistica relativistica conferendo al singolo foglio di grafene di dimensioni micrometriche proprietà elettriche e meccaniche completamente diverse da quelle dei metalli 3D, oppure osservabili in questi metalli solo in condizioni estreme, come temperature prossime allo zero assoluto (-273,15 °C) e strutture di pochissimi atomi.

L'UOVO DI COLOMBO

Anche la storia della scoperta del grafene è molto intrigante. Dagli anni quaranta agli inizi degli anni 2000, per gli scienziati si trattava di un materiale che non avrebbe dovuto esistere (considerazioni termodinamiche indicavano che fosse meccanicamente instabile e

che avrebbe dovuto collassare a temperatura ambiente), ma del quale allo stesso tempo si conoscevano teoricamente le proprietà elettriche. Per oltre 50 anni il grafene è stato quindi di soltanto un oggetto matematico, un oggetto virtuale sul quale un paio di generazioni di fisici ha affinato modelli fisico-matematici sempre più complessi per la descrizione della struttura della materia condensata e dello stato solido. Tali sforzi hanno permesso di accumulare un bagaglio teorico enorme che è stato immediatamente utilizzato quando, a partire dal 2004, il grafene è diventato un oggetto reale. In quell'anno i due futuri premi Nobel riuscirono a isolare un singolo foglio di grafene strappandolo tipicamente la grafite con del comune nastro adesivo. Il passo successivo è stato quello di vedere il grafene, cosa non banale data la sua estrema sottiliginezza. Per fortuna, però, si tratta di un materiale che mostra un ottimo contrasto ottico quando viene depositato su un substrato di silicio ricoperto da uno strato di ossido spesso poche centinaia di nanometri. Perciò, per osservare un foglio di grafene con dimensioni laterali di pochi micron basta un semplice microscopio ottico.

Ricapitolando, il grafene si può ottenere in modo molto semplice in un laboratorio partendo da materiali comuni e può essere facilmente studiato nei laboratori di tutto il mondo, tanto che è stato definito un uovo di Colombo.

Ma qual è lo stato attuale della ricerca sul grafene? Possiamo ormai considerare completata quella di base, a favore di aspetti più applicativi? Le sfide scientifiche e tecnologiche da affrontare sono ancora innumerevoli, ma il periodo iniziale di indagine delle proprietà fondamentali (meccaniche, elettriche, magnetiche ecc.) del materiale, portato avanti soprattutto da fisici, può essere considerato superato. Benché la ricerca di base attuale sia ancora attivissima e dedicata allo studio di nuovi fenomeni non osservabili nel comune materiali, si è entrati in una nuova fase di studio, ancora più complessa e interdisciplinare. Oggi il materiale viene studiato da una comunità di scienziati sempre più ampia, che va dagli ingegneri ai medici, e che si occupa di molteplici problemi allo sviluppo di sistemi composti, dagli studi di biocompatibilità alla realizzazione di dispositivi elettronici su ampia scala. Grande sforzo è centrato sulla possibilità di trasferire le eccezionali proprietà del singolo foglio a oggetti 3D, con dimensioni macroscopiche (sino ai metri quadrati), che possano essere adoperati tutti i giorni.

UNA RICERCA MOLTO VIVACE

Il grafene, così leggero da poter essere sostenuto da un fiore.



batteria, in cui cariche elettriche di segno opposto vengono accumulate su due elettrodi metallici separati: maggiore è la superficie disponibile, maggiore è la quantità di cariche accumulate, migliore è la qualità di stoccaggio. Per questo

“Il grafene intrappola e stabilizza con efficienza l'idrogeno.”

motivo, sistemi a elevatissima area superficiale come il grafene sono i candidati ideali per la realizzazione di una nuova generazione di batterie più potenti, con durata superiore e tempi di ricarica minori. E ancora: il grafene intrappola e stabilizza con efficienza l'idrogeno, un combustibile pulito (ma facilmente infiammabile) dal quale si può ottenere energia. L'idea è quella di utilizzare il reticolo di carbonio come una sorta di rete nanoscopica per intrappolare l'idrogeno e controllarne il successivo rilascio mediante stimoli elettrici.

UN PROBLEMA TECNICO...

La fase odierna della ricerca sul grafene è quindi un magma di idee e sfide ai più diversi livelli: scientifico, tecnologico, economico e addirittura geopolitico. Per esempio, se da una parte, come abbiamo visto, può essere semplice produrre un singolo foglio di grafene in laboratorio, realizzare una produzione industriale non è al momento facile né economico. Esistono almeno **nove metodologie di fabbricazione** dei materiali grafenici: approcci di tipo meccanico, elettrochimico, in liquido o in vuoto, di crescita o di deposizione. Le diverse tecniche permettono di ottenere materiali con un diverso grado di purezza. Per

PER APPROFONDIRE

- Filmato sulla preparazione del grafene (link.pearson.it/6E7186E9).
- Gallio, Indio e Tantalio, scontro sotterraneo tra potenze globali (link.pearson.it/1976B67F) di M. Farina, in *La lettura*.
- FET Flagship Pilots (link.pearson.it/BA34F2AF).
- Graphene Flagship (link.pearson.it/CD33C239). I dettagli del progetto europeo sul grafene.
- Atomi, quark & Co. (link.pearson.it/543A9383). Attività della Nobel Prize Foundation sulla struttura della materia.
- ChemMatters (link.pearson.it/233DA315). Il video n. 10 della serie è dedicato al grafene (sezione Education dell'American Chemical Society).

questo non si tratta solo di ingegnerizzare il metodo migliore, dal momento che ciascuno può produrre grafeni utili per applicazioni diverse. Il problema principale è capire qual è la strada più adatta per i diversi sforzi produttivi.

... E UNO GEOPOLITICO

Non da meno è la **questione geopolitica**. Il punto è che tutti gli attuali apparecchi elettronici portatili contengono materiali rari come il neodimio o leghe speciali come il coltran (una miscela complessa di columbite e tantalite) che sono molto costosi e spesso presenti solo in pochissimi paesi. La Cina produce da sola oltre il 90% dei 17 metalli strategici riuniti sotto la definizione di “terre rare”, limitando ormai da anni le forniture, con effetti drammatici sui prezzi, in alcuni casi addirittura decuplicati nel giro di 2-3 anni. La possibilità di sostituire questi materiali con il grafene è un obiettivo non troppo nascosto dei paesi occidentali, che puntano così a ridurre la loro dipendenza strategica verso altri paesi.

LA SFIDA DELL'EUROPA

Tutto ciò fa capire quanto sia necessario un coordinamento il più vasto possibile dei vari approcci al grafene. Scienza, ricerca, industria sono tasselli che si intersecano e che dovrebbero essere coordinati in modo da sfruttare al meglio tutte le risorse. Questo è uno dei compiti della politica della ricerca, intesa come gestione dei vari apparati produttivi manifatturieri e di conoscenza.

I rappresentanti politici italiani hanno capito l'importanza del grafene e accettato la sfida internazionale, sostenendo con successo un consorzio europeo dedicato allo studio e allo sviluppo del materiale. Nel 2010, infatti, l'Unione europea ha lanciato un bando per selezionare due progetti strategici decennali con i principali obiettivi di elevate ricadute scientifico-tecnologiche, economiche, industriali, lavorative e sulla qualità di vita dei cittadini. Sei progetti sono arrivati alla selezione finale, venendo giudicati da una serie di commissioni composte da esperti internazionali scientifici, economici e finanziari. Tra questi, uno sul quale l'Unione europea ha deciso di puntare è appunto dedicato al grafene: il progetto decennale Flagship Graphene è stato annunciato il 28 gennaio 2013, con un finanziamento record complessivo di un miliardo di euro.