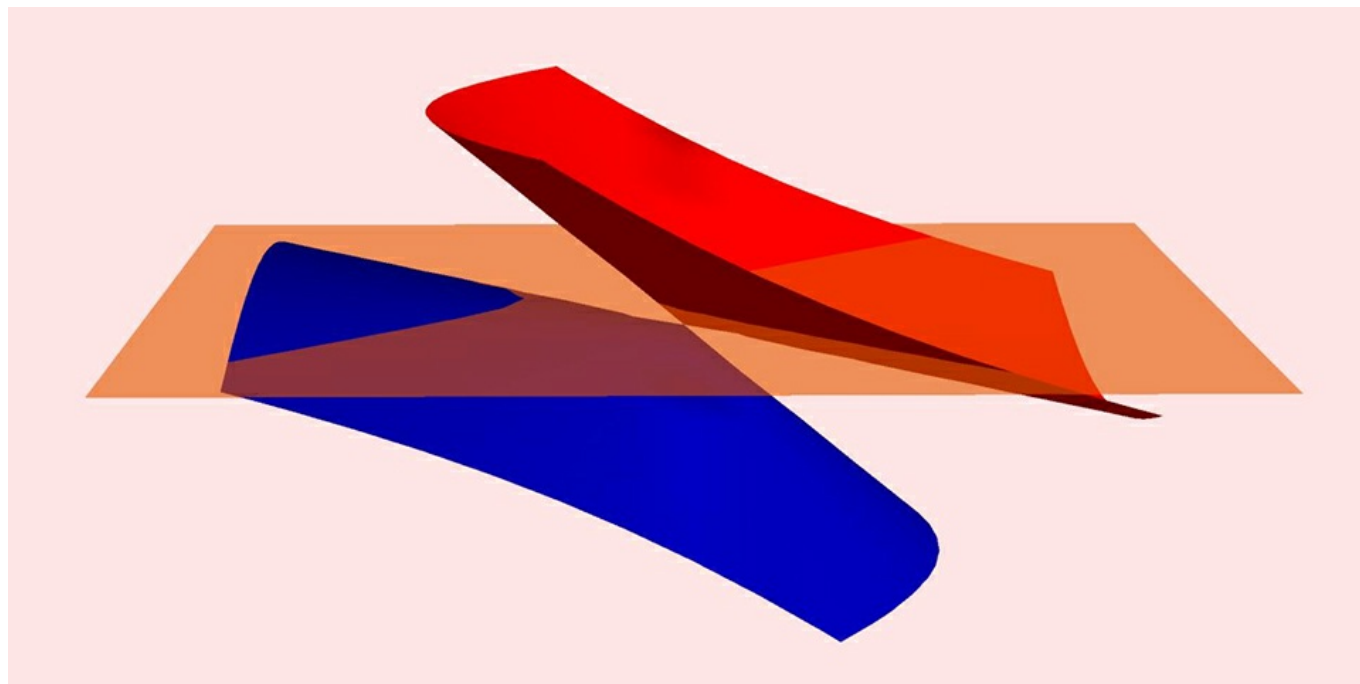


La fabbrica dei materiali di Dirac

✍ G. D'Olimpio 📅 28-01-2020 🔗 <http://www.primapagina.sif.it/article/1064>



Rappresentazione del Cono di Dirac ruotato nella struttura a bande elettronica dei semimetalli di Dirac di tipo II (NiTe_2 , PtTe_2 , PdTe_2)

Il grafene, primo materiale bidimensionale a essere stato isolato, ha avuto un grande impatto sulla scienza e la tecnologia dei materiali grazie alla peculiarità di possedere particelle a massa nulla che si propagano con velocità relativistica. Nel grafene esistono particolari bande elettroniche con dispersione lineare, che formano un cono detto di Dirac. Gli stati del cono di Dirac descrivono elettroni che rispondono alla meccanica quantistica relativistica, comportandosi come particelle a massa nulla.

In un solido, la presenza di elettroni a velocità relativistica ne consente l'utilizzo per dispositivi elettronici a elevata mobilità dei portatori di carica, rispetto ai dispositivi elettronici convenzionali. Tuttavia, l'utilizzo tecnologico del grafene è legato strettamente all'isolamento del singolo strato, grande limite per applicazioni commerciali su larga scala. Infatti, tutti i metodi di produzione di grafene presentano forti problematiche.

Il primo materiale di Dirac in fisica dello stato solido è stato il grafene, le cui rivoluzionarie proprietà hanno valso l'attribuzione del Premio Nobel per la Fisica a Geim e Novoselov nel 2010. Successivamente, fermioni di Dirac sono stati osservati anche in un'altra classe di materiali, chiamata "isolanti topologici", in cui la topologia delle bande elettroniche impedisce la modifica degli stati elettronici che descrivono fermioni di Dirac, confinati nella sola superficie del cristallo. Anche le fasi topologiche della materia hanno avuto nel 2016 un Premio Nobel per la Fisica, attribuito a Thouless, Haldane e Kosterlitz per i loro studi sulle transizioni di fase topologiche.

Tuttavia, gli stati topologici esistono solo in monocristalli con elevata qualità cristallina. La preparazione, difficile e dispendiosa, rende questi materiali inadatti per applicazioni su larga scala. La comunità scientifica sta dunque cercando nuovi materiali in possesso di proprietà elettroniche simili a quelle del grafene e degli isolanti topologici, che siano all'interno del cristallo tridimensionale: ciò consentirebbe il trasferimento tecnologico senza dover ricorrere a complicate tecniche di preparazione.

Recentemente, la presenza di fermioni di Dirac è stata riscontrata anche nella classe dei dicalcogenuri di metalli di transizione che comprende NiTe_2 , PdTe_2 e PtTe_2 . Questi materiali presentano stati elettronici che formano un cono di Dirac ruotato, costituendo una versione tridimensionale del grafene. In particolare, il NiTe_2 presenta il cono di Dirac in prossimità del livello di Fermi. Inoltre, il costo del materiale è notevolmente ridotto a causa dell'abbondanza di Ni sulla Terra rispetto ai metalli preziosi come Pt e Pd.

Questa classe di materiali è stabile termicamente e possiede un'ottima stabilità ambientale grazie all'inerzia chimica dello strato atomico di Te che costituisce la superficie del cristallo. L'esposizione in aria induce soltanto la formazione di uno strato ultrasottile di ossido di tellurio, di spessore inferiore al nanometro. Questo strato può essere rimosso anche grazie a una semplice esfoliazione con un nastro adesivo, in virtù dei deboli legami Te-Te tra gli strati in direzione perpendicolare al piano basale. Le prime applicazioni di questa classe di materiali, tra cui la produzione elettrocatalitica di idrogeno in ambito energetico e la fabbricazione di rivelatori di radiazioni a bassa energia (microonde/infrarosso), hanno mostrato prestazioni particolarmente promettenti con l'insorgere di nuovi fenomeni fisici che, a loro volta, aprono nuovi orizzonti di ricerca.

