

Recenti Scoperte Scientifiche in Ottica

Luca Salasnich

Dipartimento di Fisica e Astronomia "Galileo Galilei", Università di Padova, Italy

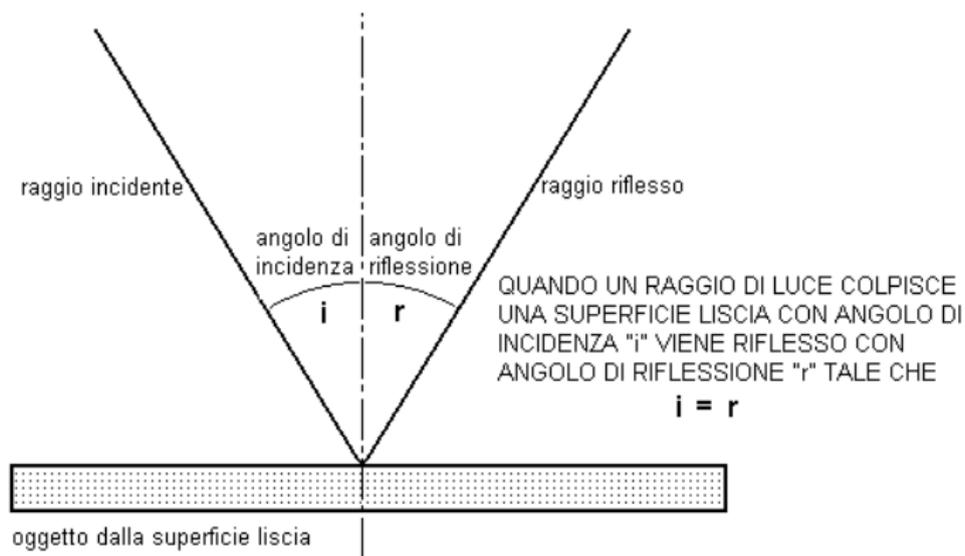
Padova, 26 Maggio 2014

Secondo Meeting di Ottica e Optometria a Padova

- Ottica geometrica ed effetto Goos-Hanchen
- Fibre ottiche
- Metamateriali
- Fasci di luce elicoidali
- Reticoli ottici
- Conclusioni

Ottica geometrica ed effetto Goos-Hanchen (I)

Alcune proprietà geometriche della luce sono state studiate fin dall'antichità. Ad esempio, la legge della **riflessione della luce** su una superficie liscia appare nel libro "Catottrica" di Euclide (circa 300 avanti Cristo).



Ottica geometrica ed effetto Goos-Hanchen (II)

Altro esempio è la legge di **rifrazione della luce** di Willebrordus Snellius (1621)

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r ,$$

spiega il comportamento di un raggio di luce quando attraversa una superficie trasparente.



Indice di rifrazione di un materiale: $n = \frac{c}{v}$, dove c è la velocità della luce nel vuoto mentre v è la velocità della luce nel materiale.

Ottica geometrica ed effetto Goos-Hanchen (III)

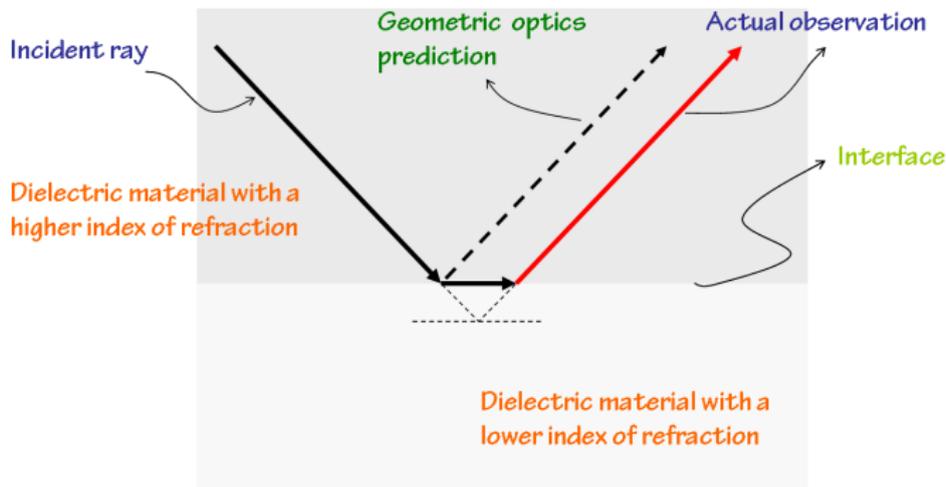
Il gruppo sperimentale di **Michele Merano** e **Gianpaolo Mistura** del Dipartimento di Fisica e Astronomia “Galileo Galilei” dell’Università di Padova ha recentemente scoperto **deviazioni** dalla legge di riflessione della luce.



Il gruppo studia in dettaglio il cosiddetto **effetto Goos-Hanchen**, suggerito per la prima volta nel 1948 da Herman Goos e Hilda Hanchen.

Ottica geometrica ed effetto Goos-Hanchen (IV)

Nell'effetto Goos-Hanchen il fascio riflesso è rigidamente traslato rispetto alle predizioni dell'ottica geometrica.



Questo effetto di "scivolamento della luce lungo la superficie" dipende dalla estensione del fascio di luce e dall'indice di rifrazione dei materiali coinvolti.

Fibre ottiche (I)

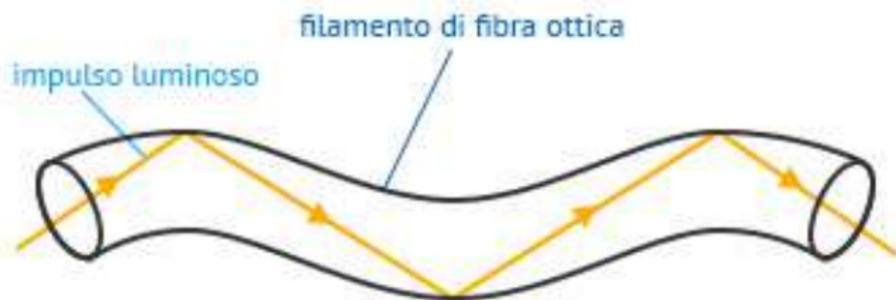
A partire dagli anni 80, la legge di Snellius è utilizzata per produrre le **fibre ottiche**.



Le **fibre ottiche** sono filamenti di materiali vetrosi o polimerici, realizzati in modo da poter condurre al loro interno la luce, e che trovano importanti applicazioni in telecomunicazioni, diagnostica medica e illuminotecnica.

Fibre ottiche (II)

Il principio fisico della fibra ottica è la **riflessione totale della luce**, che trova completa spiegazione nella legge di Snellius.

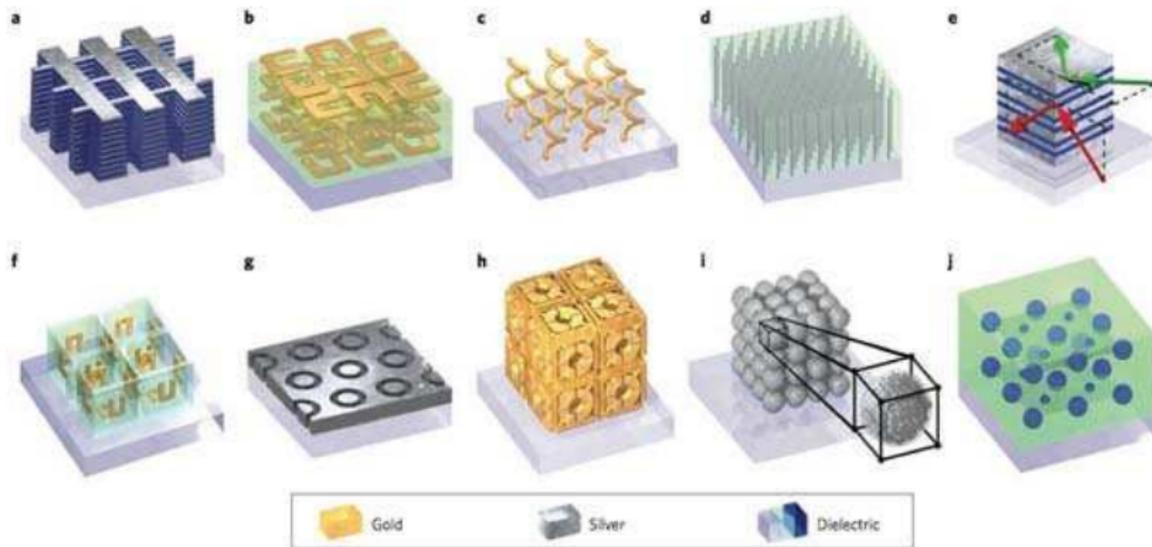


Se l'angolo di rifrazione r è maggiore di 90° allora non c'è rifrazione ma solo riflessione. Affinchè ciò avvenga deve essere $n_1 > n_2$ e l'angolo di incidenza i maggiore di un angolo critico i_c , dato da

$$i_c = \arcsin \left(\frac{n_2}{n_1} \right) .$$

Metamateriali (I)

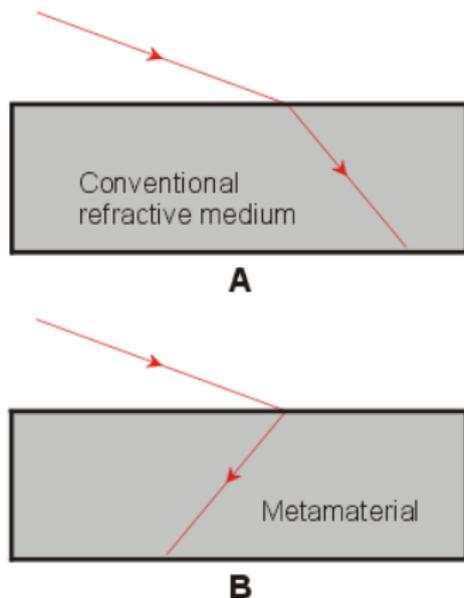
I **metamateriali** sono dispositivi artificiali con proprietà ottiche inusuali. Essi rientrano a pieno titolo nel vasto settore che viene indicato con il nome **nanotecnologie**.



Si utilizzano strutture artificiali di dimensioni nanometriche (1 **nanometro** corrisponde ad 1 **miliardesimo di metro**) e segnali ottici (elettromagnetici) con lunghezza d'onda molto più grande.

Metamateriali (II)

Nel 2001 presso l'**Università della California** sono stati costruiti i primi **metamateriali** (costituiti da una serie alternata di anelli metallici e fili metallici nanometrici) caratterizzati da un **indice di rifrazione negativo**.



La conseguenza più eclatante di questa proprietà è il fatto che la luce che attraversa un metamateriale sembra apparire dalla parte opposta da dove è arrivata.

Metamateriali (III)

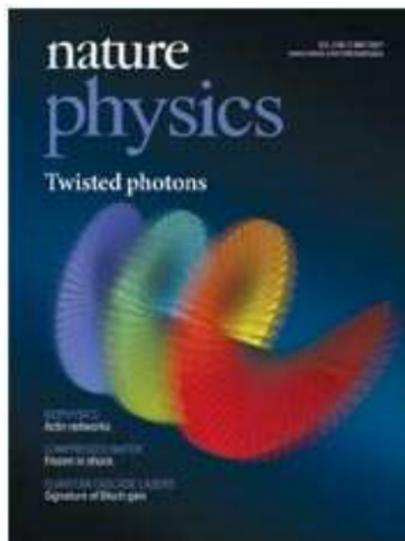
Nel 2004 il fisico britannico **John Pendry** ha previsto, ma per ora si tratta di una predizione teorica, che i **metamateriali** possano essere utilizzati per realizzare il **mantello dell'invisibilità**.



Si noti che l'immagine sopra riportata è stata ottenuta con un gioco di telecamere. Il **mantello dell'invisibilità** non è ancora in commercio.

Fasci di luce elicoidali (I)

Nel 2007 il gruppo sperimentale di **Lluís Torner** a Barcellona ha prodotto fasci di luce dotati di **momento angolare orbitale** finito e quantizzato.

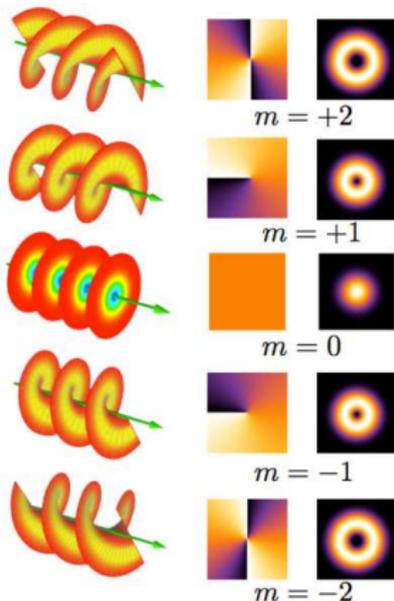


Questo **momento angolare orbitale** della luce, non deve essere confuso con lo **spin** e con **polarizzazione** della luce.

Si noti che le prime evidenze empiriche sono degli anni 90.

Fasci di luce elicoidali (II)

Nel caso di **momento angolare orbitale** m diverso da zero, il campo elettromagnetico del fascio luminoso è caratterizzato da un fronte d'onda che ha la forma di un'elica.



Nella figura le tre colonne mostrano le strutture elicoidali del fascio, i fronti di fase, e le distribuzioni di intensità. Se $m \neq 0$ allora l'intensità evidenzia un buco che si allarga al crescere di m .

Fasci di luce elicoidali (III)

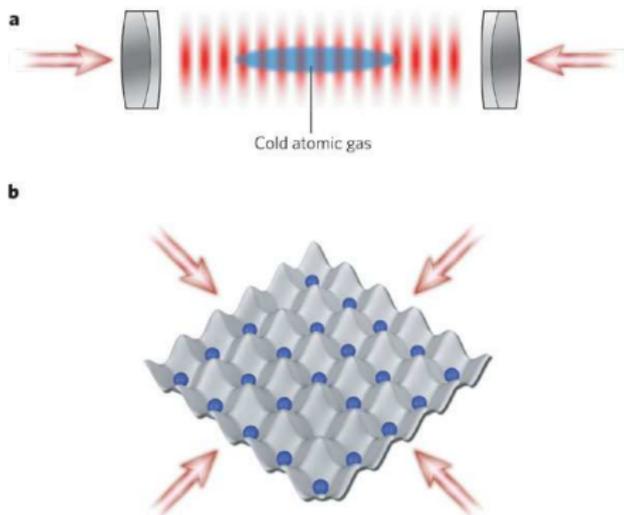
Filippo Romanato e **Cesare Barbieri** del Dipartimento di Fisica e Astronomia “Galileo Galilei” dell’Università di Padova studiano da diversi anni il **momento angolare orbitale** della luce.



In particolare, il gruppo di **Filippo Romanato** intende utilizzare il **momento angolare orbitale** delle **onde radio** per codificare in modo alternativo le trasmissioni elettromagnetiche.

Reticoli ottici (I)

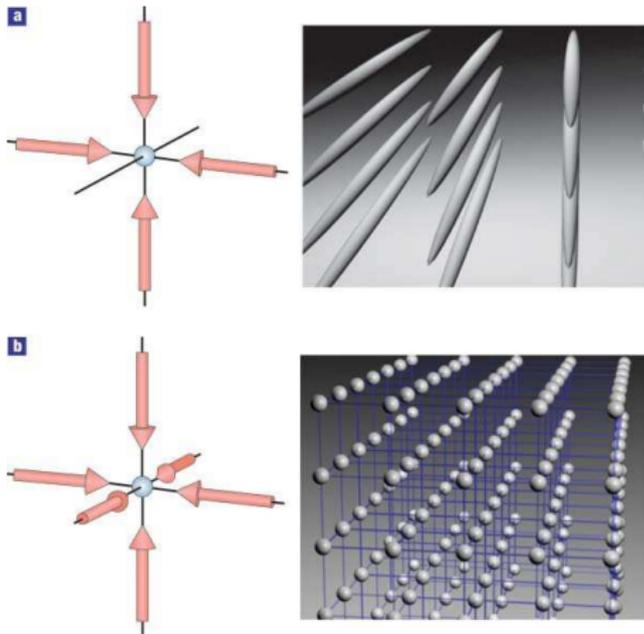
Nel 2002 il gruppo di Immanuel Block a Monaco ha ottenuto, tramite l'interferenza di fasci laser contropropaganti all'interno di una cavità delimitata da specchi, un **reticolo ottico** stazionario in grado di intrappolare gli atomi.



Il potenziale periodico risultante può intrappolare atomi neutri nei minimi del **reticolo ottico**, utilizzando il momento di dipolo atomico.

Reticoli ottici (II)

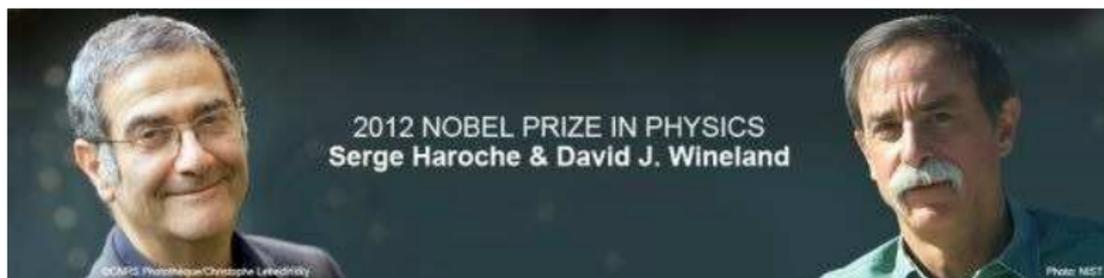
Negli ultimi anni gli studi sugli **atomi intrappolati con la luce** (atomi in reticoli ottici) si sono raffinati.



Modificando l'intensità e la forma del reticolo ottico ora è possibile intrappolare gli atomi in configurazioni molto diverse: da molti atomi per sito fino ad un singolo atomo per sito.

Reticoli ottici (III)

Uno degli obiettivi degli studi con i reticoli ottici è il **computer quantistico**. Nel **computer quantistico** i bit di informazione sono, ad esempio, gli atomi stessi: 0 (nessun atomo), 1 (un atomo), ed il registro è il reticolo ottico.



Nel 2012 il **Premio Nobel** per la Fisica è stato assegnato al francese **Serge Haroche** e allo statunitense **David J. Wineland** per i loro studi pionieristici sulla **manipolazione degli atomi con la luce e della luce con gli atomi**.

Reticoli ottici (IV)

Il **gruppo di ricerca** (Giovanni Mazzarella, Maurizio Rossi, Luca Barbiero, Giacomo Bighin) **da me coordinato** presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia “Galileo Galilei” dell’Università di Padova stà lavorando attivamente sulle **proprietà quantistiche degli atomi intrappolati in reticoli ottici**.



Si tratta di **studi teorici e computazionali** che permettono di formulare nuove teorie e di simulare al computer nuovi esperimenti e nuovi dispositivi.

Il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell' **Università di Padova** ha diversi docenti e ricercatori che studiano le proprietà della **luce** e l'**interazione della luce con la materia**.

Maggiori dettagli sui gruppi di ricerca coinvolti si possono trovare nella pagina web del Dipartimento: www.dfa.unipd.it

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!