

## PREMIO NOBEL PER LA CHIMICA 2023

assegnato a

**Louis E. Brus, Alexei I. Ekimov, Mounji G. Bawendi.**

di Mariacecilia Pasini\* e Umberto Giovanella\*\*

Il Premio Nobel per la Chimica 2023 è stato assegnato a tre pionieri della ricerca sui Quantum Dots: Alexei I. Ekimov, nato nel 1945 nell'Ex Unione Sovietica, scienziato al Nanocrystals Technology Inc. di New York (USA). Louis E. Brus, nato a Cleveland nel 1943, è professore alla Columbia University di New York (USA). Mounji G. Bawendi, nato a Parigi nel 1961, insegna al Massachusetts Institute of Technology (MIT) di Cambridge (USA). Questi scienziati, provenienti da diverse discipline, hanno rivoluzionato il campo della nanotecnologia, della chimica e della fisica quantistica, aprendo la strada a una serie di applicazioni pratiche.



\* Ricercatrice presso Istituto di Scienze e Tecnologie Chimiche "Giulio Natta" (SCITEC-CNR)

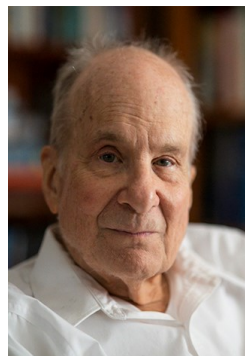
\*\* Ricercatore presso Istituto di Scienze e Tecnologie Chimiche "Giulio Natta" (SCITEC-CNR)

Nel 1959, il premio Nobel per la fisica Richard Feynman ipotizzò la possibilità di manipolare la materia a livello atomico realizzando dispositivi operanti su scala nanometrica (nm, cioè un milionesimo di metro). È stato l'inizio della nanotecnologia che a oggi ha fatto progressi straordinari, confermando quella che a quel tempo sembrava solo una previsione visionaria e fantascientifica. I protagonisti di questo settore della ricerca sono i nanomateriali. Si tratta, come recentemente definito dalla Comunità Europea, di materiali naturali, derivati o fabbricati contenenti particelle allo stato libero, aggregato o agglomerato, in cui almeno il 50% delle particelle ha una o più dimensioni esterne comprese fra 1 nm e 100 nm.

I nanomateriali mostrano proprietà chimico fisiche affascinanti e insolite che non compaiono a livello di dimensioni superiori pur considerando la stessa composizione chimica. Questo perché il mondo «nano» è una terra di mezzo in cui le leggi della fisica classica cominciano a non funzionare più e risultano inadeguate, ed emergono fenomeni che possono essere interpretati solo con la meccanica quantistica.



Un quantum dot è un cristallo che spesso consiste di poche migliaia di atomi. In termini di dimensioni, ha con un pallone da calcio lo stesso rapporto che il pallone ha con la Terra. (©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences).



Louis E. Brus



Alexei I. Ekimov



Mounji G. Bawendi

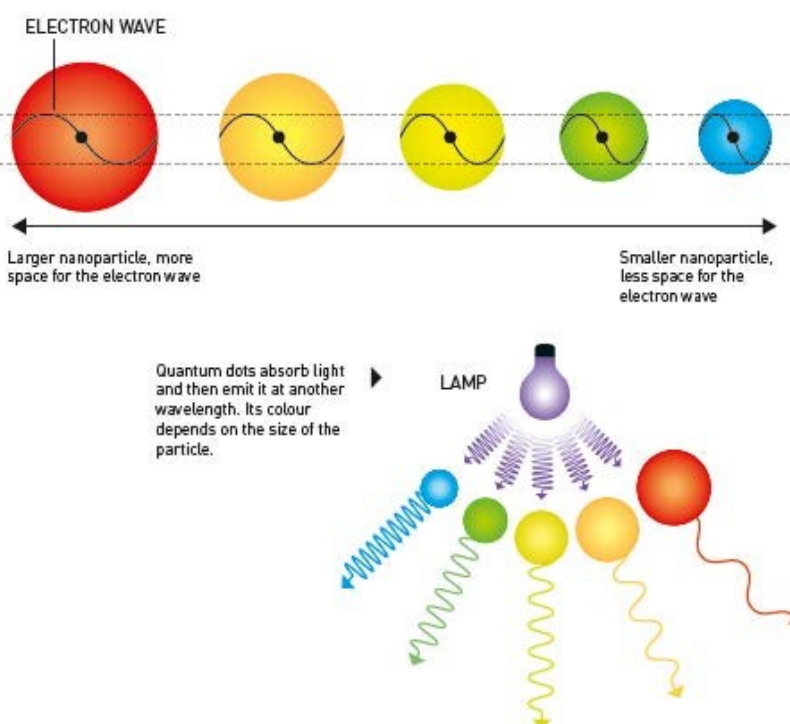
I *Quantum Dots* (la traduzione letterale in italiano «punti quantici» è poco utilizzata) fanno parte della famiglia dei nanomateriali e devono il loro nome al fisico Mark Red nel 1986. I *Quantum Dots* sono cristalli di dimensioni nanometriche che mostrano proprietà semiconduttive quando composti da combinazioni di metalli di transizione e elementi non metallici, per esempio seleniuro di cadmio e telluriuro di cadmio. Poiché sono così piccoli (solo 2-10 nm di diametro) gli elettroni di un *Quantum Dot* sperimentano il confinamento quantico in tutte e tre le dimensioni spaziali. Cambiare le dimensioni di un *Quantum Dot* ne modifica le proprietà, in particolare quelle ottiche, il che significa che possono essere ottenuti con colori diversi.

Studiando la chimica si impara che le proprietà di un elemento sono governate dal suo numero di elettroni. Tuttavia, quando la materia si riduce fino a dimensioni nanometriche, emergono fenomeni quantistici che sono governati dalle dimensioni della materia stessa. Herbert Fröhlich, fisico tedesco, nel 1937 fu il primo a ipotizzare che la riduzione degli spazi in cui l'elettrone poteva muoversi avrebbe alterato in modo sostanziale le proprietà di queste nanostrutture. Per decenni tuttavia i fenomeni quantistici rimasero una semplice previsione.

Negli anni Ottanta del secolo scorso, Alexei Ekimov che ancora lavorava nell'ex Unione Sovietica, si accorse che, variando temperatura e tempo di riscaldamento durante la produzione di vetro colorato a base di cloruro di rame, si ottenevano vetri di diverso colore perché si formavano nanocristalli di cloruro di rame di diverse dimensioni. Le dimensioni di queste particelle infatti influenzavano il colore del vetro, ovvero il modo in cui il vetro assorbiva la luce: quelle più piccole assorbivano principalmente la luce più blu mentre le più grandi assorbivano a lunghezze d'onda maggiori comportandosi come il materiale non nanodimensionato. Ekimov comprese rapidamente di aver appena osservato un effetto quantistico dipendente dalle dimensioni delle nanoparticelle e avvalorò le previsioni di confinamento quantico fatte quasi 50 anni prima.

Luis Brus, che non apprese della scoperta di Ekimov fino al 1984, fu il primo a sintetizzare nanocristalli in soluzione. La sua scoperta fu accidentale. Interessato all'utilizzo dei semiconduttori per lo studio di reazioni fotochimiche, Brus osservò che gli spettri di assorbimento di nanoparticelle di solfuro di cadmio appena prodotte erano diversi da quelli delle particelle che erano state lasciate riposare per un giorno: le nanoparticelle crescevano in dimensioni. Brus fornì il quadro teorico per comprendere il comportamento dei *Quantum Dots* in termini di effetti quantici di dimensione. Identificò la connessione tra la dimensione delle particelle di semiconduttori e la lunghezza d'onda della luce emessa (ora nota come «equazione di Brus»).

Nel 1993, Moungi Bawendi, che era stato uno studente di Brus alla fine degli anni Ottanta, ha rivoluzionato la produzione chimica dei *Quantum Dots*, ottenendo particelle di dimensioni controllate, riproducibili con alta resa ed elevata qualità ottica. Questo ha reso finalmente possibile l'utilizzo delle nanoparticelle in una vasta gamma di applicazioni. L'apparato sperimentale utilizzato per la sintesi in soluzione,



*Quando le particelle hanno un diametro di pochi nanometri, lo spazio a disposizione degli elettroni si riduce; ciò influisce sulle proprietà ottiche della particella. (©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences)*

più semplice delle procedure tradizionali per i semiconduttori, ha aperto la strada a nuovi orizzonti nella chimica di sintesi.

Questo premio si presta a diverse chiavi di lettura.

#### *Multidisciplinarietà: un approccio Integrato alla Scienza*

Il team vincitore del Nobel rappresenta una sinergia di competenze, unendo la fisica di Ekimov, l'esperienza sui semiconduttori di Brus e la maestria nella sintesi chimica di Bawendi. Questa multidisciplinarietà si è rivelata cruciale per comprendere e spiegare il comportamento dei *Quantum Dots*, dimostrando come la collaborazione tra campi scientifici differenti possa portare a risultati straordinari.

Questa multidisciplinarietà si è rivelata cruciale per comprendere e spiegare il comportamento dei *Quantum Dots*, dimostrando come la collaborazione tra campi scientifici differenti possa portare a risultati straordinari.

#### *Importanza della Ricerca Fondamentale: dalla teoria alla pratica*

Inizialmente, l'interesse non era applicativo, ma nel dimostrare sperimentalmente un effetto teorico. Questo enfatizza l'importanza della ricerca fondamentale, che può aprire porte inaspettate verso applicazioni pratiche, come dimostrato dalla rivoluzionaria scoperta dei *Quantum Dots*.

#### *Importanza della Sintesi Chimica: chiave per applicazioni pratiche*

Sebbene le scoperte di Brus ed Ekimov risalgano all'inizio degli anni Ottanta, è stato solo nel 1993 che Bawendi ha perfezionato la sintesi dei *Quantum Dots*, rendendoli particelle riproducibili, in alta resa e utilizzabili in svariate applicazioni. L'importanza della chimica di sintesi è evidenziata come elemento chiave dietro le quinte, rendendo possibile l'applicazione pratica di queste nanoparticelle in settori come la tecnologia dei sensori, la biomedicina e i concentratori solari.

#### *Tecnologie Verdi: verso la Green Organic Electronics*

La sintesi di nuovi materiali da materie prime abbondanti e con tecnologie sostenibili è un passo fondamentale per la *Green Organic Electronics*. Il passaggio da costosi sistemi quali l'evaporazione per la sintesi e la purificazione di materiali semiconduttori a sistemi in soluzione rappresenta un progresso significativo verso la produzione di materiali stabili, a basso costo e facilmente utilizzabili. Questa innovazione lascia presagire un futuro in cui le applicazioni dei *Quantum Dots* contribuiranno a un mondo tecnologicamente avanzato, ma anche sostenibile.

#### **In conclusione**

Il Nobel per la Chimica 2023 ha riconosciuto l'eccezionale contributo di Bawendi, Brus ed Ekimov nella scoperta e nello sviluppo dei *Quantum Dots*, dimostrando che la multidisciplinarietà, la ricerca fondamentale, la sintesi avanzata e l'attenzione alle Tecnologie Verdi sono chiavi fondamentali per espandere i confini della scienza e aprire le porte a un futuro più sostenibile e tecnologicamente avanzato.

Oggi i *Quantum Dots* hanno conquistato popolarità tra i nanomateriali perché rappresentano un esempio tangibile di come la meccanica quantistica stia entrando nelle nostre case e abbiamo appena iniziato a esplorare il loro potenziale.

Anche se abbiamo appena cominciato a esplorare il loro potenziale, i *Quantum Dots* si trovano in molte tecnologie che usiamo già oggi: per esempio sono usati nelle TV di ultima generazione (QLED); in alcune lampade LED per regolare la luce fredda dei diodi; o in medicina per legarsi alle biomolecole e mappare le cellule di interesse (monitorando per esempio la crescita dei tessuti tumorali nell'organismo).

Le intriganti proprietà dei *Quantum Dots*, e più in generale dei nanomateriali, vengono sfruttate in campo tecnologico, ma hanno anche sollevato questioni legate a potenziali rischi per la salute, tanto da dover valutare la loro sicurezza nei prodotti del mercato europeo (sostanze chimiche, cosmetici, cibo, pesticidi, dispositivi medicali).

*Mariacecilia Pasini*

*Ricercatrice presso Istituto di Scienze e Tecnologie Chimiche "Giulio Natta" (SCITEC-CNR)*

*Umberto Giovanella*

*Ricercatore presso Istituto di Scienze e Tecnologie Chimiche "Giulio Natta" (SCITEC-CNR)*