

Padova, 20 luglio 2020

L'IRRADIAZIONE DELLA LUCE AUMENTA L'ATTIVITÀ CATALITICA DI UN MATERIALE FUORI DALL'EQUILIBRIO

Abstract. Ricercatori del Dipartimento di Scienze Chimiche dell'Università di Padova hanno sviluppato un materiale che necessita di un continuo rifornimento di energia per rimanere cataliticamente attivo. La scoperta pubblicata oggi in "Nature Nanotechnology" è un esempio di come la natura possa ispirare lo sviluppo di materiali di nuova generazione, aventi proprietà simili a quelle dei sistemi biologici.

Materiali stimolati dalla luce. Rui Chen, dottoranda nel gruppo di ricerca del Prof. Leonard Prins, ha sviluppato una tipologia speciale di materiali soft, chiamati idrogel, contenenti nanoparticelle d'oro, molecole sensibili alla luce e substrati. Le nanoparticelle d'oro possono catalizzare la conversione di un substrato in maniera simile a quella che utilizzano gli enzimi in sistemi biologici. La catalisi viene impedita dalle molecole sensibili alla luce che ricoprono la superficie delle nanoparticelle. L'irradiazione del materiale con la luce provoca un cambio di conformazione nelle molecole fotosensibili, le quali vengono successivamente rilasciate dalle nanoparticelle. Questo permette al substrato di legarsi alla superficie delle nanoparticelle, attivandone l'attività catalitica.

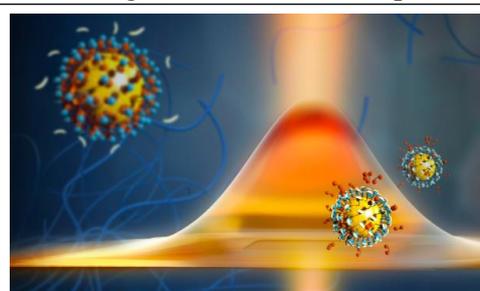


Figura 1. Illustrazione grafica rappresentante l'attivazione locale del materiale e della nanoparticelle catalitiche tramite l'irradiazione con la luce.

La scoperta. Sebbene sistemi simili capaci di rispondere alla luce siano stati riportati in precedenza, Rui Chen ha fatto un'importante scoperta quando ha irradiato localmente il materiale con luce, utilizzando uno stampo. Solo nel punto in cui la luce del raggio colpisce il materiale, le molecole fotosensibili si modificano e la catalisi comincia. Questo provoca un gradiente di concentrazioni nel gel con il substrato che si muove in direzione del centro cataliticamente attivo, mentre i prodotti diffondono in direzione opposta. Questi gradienti di concentrazione tra zone irradiate e zone d'ombra si mantengono durante l'irraggiamento. Supportata da modelli teorici, Rui Chen ha potuto dimostrare che la presenza di gradienti di concentrazione migliora l'attività catalitica complessiva del materiale.

Materiali fuori dall'equilibrio

‘La persistenza di gradienti di concentrazione mantenuti dall'irradiazione continua con la luce, mostra che abbiamo creato un materiale lontano dall'equilibrio’ commenta Leonard Prins ‘I processi fuori dall'equilibrio sono alla base della vita e solo recentemente i chimici stanno imparando a sviluppare dei sistemi sintetici capaci di comportarsi in maniera simile. Due anni fa abbiamo pubblicato un articolo di concetto in Nature Nanotechnology dove abbiamo illustrato i principi per la costruzione di materiali fuori dall'equilibrio. Adesso siamo capaci di presentare uno dei primi esempi dove dimostriamo sperimentalmente che un sistema fuori dall'equilibrio può avere proprietà superiori rispetto a quelle dei materiali convenzionali.’

Verso nuovi materiali bio-ispirati

La ricerca si posiziona nel contesto di “System Chemistry” una nuova e crescente branca della chimica. Tradizionalmente la chimica si è dedicata alla sintesi di molecole e allo studio delle loro proprietà. Questo approccio ha condotto a molti successi, permettendo ai chimici di portare benefici alla società con la sintesi di nuovi materiali, medicine, e kit diagnostici. Molte delle proprietà che sono caratteristiche della vita come la capacità di crescita, il movimento, l’adattabilità e l’evoluzione sono regolate dalle reazioni chimiche che avvengono all’interno della cellula e che coinvolgono molte molecole. Ispirandosi alla natura, lo scopo della Systems Chemistry è quello di costruire dal basso sistemi sintetici complessi, partendo dall’utilizzo di piccole molecole e dallo studio delle condizioni che permettono alle proprietà di emergere e di assomigliare a quelli che sono i processi della vita. Questo permetterà la nascita di materiali innovativi con comportamenti simili a quelli dei sistemi biologici e lo sviluppo di sistemi intelligenti per il trasporto e il rilascio di farmaci.

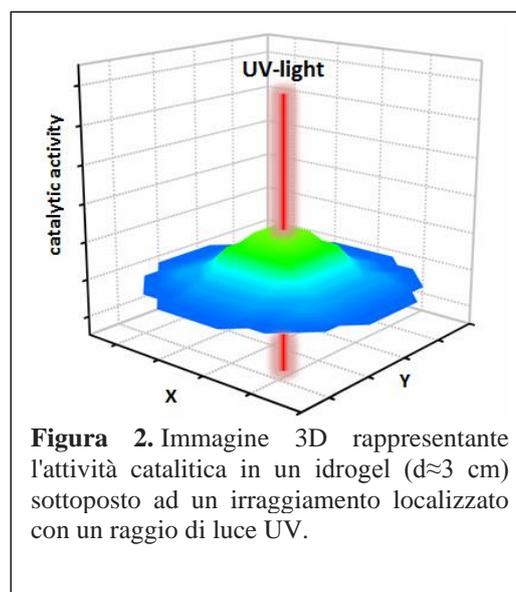


Figura 2. Immagine 3D rappresentante l’attività catalitica in un idrogel ($d \approx 3$ cm) sottoposto ad un irraggiamento localizzato con un raggio di luce UV.

Il gruppo di ricerca

La ricerca è stata condotta da un team internazionale di chimici dell’Università di Padova. Il progetto di ricerca cominciò con Simona Neri, che lavora attualmente presso la IRIS Technology Solutions di Barcellona (Spagna), alla fine del suo progetto di dottorato. Rui Chen entrò nel gruppo come dottoranda grazie ad una prestigiosa borsa di studio del Chinese Science Council. Il progetto è stato coordinato dal prof. Leonard Prins, di origini olandesi, che ha costruito la sua carriera accademica all’Università di Padova dal 2004.



Figura 3. Rui Chen (left) and Leonard Prins (right).

Referimenti

<https://www.nature.com/articles/s41565-020-0734-1>

DOI: 10.1038/s41565-020-0734-1

Informazioni

Prof. Leonard J. Prins (coordinatore scientifico) tel.: +39 0498275251, e-mail: leonard.prins@unipd.it
Sito web: wwwdisc.chimica.unipd.it/leonard.prins

Padova, 20 July 2020

LIGHT IRRADIATION INCREASES THE CATALYTIC ACTIVITY OF A NON-EQUILIBRIUM MATERIAL

Abstract

Researchers at the Department of Chemical Sciences at the University of Padua have developed a material that needs a continuous supply of energy to remain catalytically active. The discovery, published today in 'Nature Nanotechnology', illustrates how nature serves as inspiration for the design of next-generation materials with life-like properties.

Light-responsive materials

Rui Chen, final year PhD-student working in the group of prof. Leonard Prins, has developed a special class of soft material, called hydrogel, that contains gold nanoparticles, light-sensitive molecules and substrate. The gold nanoparticles can catalyse the conversion of substrate in a very similar way as enzymes convert molecules in nature. Yet, catalysis is prevented because the light-sensitive molecules are bound to the nanoparticles. Upon irradiation of the material with light, the photosensitive molecules change shape and are liberated from the nanoparticles. This allows the substrate to bind to the nanoparticles and catalysis starts.

The discovery

Although similar light-responsive systems had been reported before, Rui Chen made an important discovery when she locally irradiated the material with light through a mask. Only where the light beam hit the material, the light-sensitive molecules changed shape and catalysis started. This created concentration gradients in the gel with substrate molecules moving to the catalytically activated center and product molecules moving away from it. These concentration gradients were maintained as long as light irradiation continued. Supported by theoretical models, Rui Chen could draw the important conclusion that the presence of concentration gradients improved the overall catalytic activity of the material.

Non-equilibrium materials

'The persistence of concentration gradients maintained by continuous light irradiation show that we have created a non-equilibrium material.' comments prof. Leonard Prins, 'Non-equilibrium processes are at the basis of life, but chemists are just recently learning to understand how to develop synthetic systems that behave similarly. Two years ago we published a concept paper in Nature Nanotechnology in which we illustrated the design principles for the construction of non-equilibrium materials. Now we are able to present one of the first examples in which we demonstrate experimentally that a non-equilibrium system can have superior properties.'

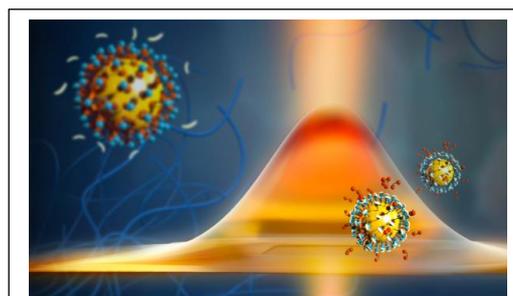


Figure 1. Graphical illustration representing the local activation of the material upon irradiation and the catalytic nanoparticles.

Towards living synthetic matter

The research is framed in the context of Systems Chemistry, a new, rapidly expanding branch of chemistry. Traditionally, chemistry has been dedicated to the synthesis of molecules and a study of their properties. This approach has been very successful and has allowed chemists to contribute materials, pharmaceuticals, and diagnostic tools to the benefit of the society. Yet, many of the properties that are characteristic of life, such as the capacity to grow, move, adapt, and evolve are regulated by chemical reaction networks inside the cell, which involve many different molecules. Systems chemistry aims at developing a novel nature-inspired approach to chemistry through the bottom-up construction of synthetic complex systems from simple molecules and study under which conditions life-like properties can emerge. This will lead to innovative materials with life-like properties and intelligent drug delivery systems.

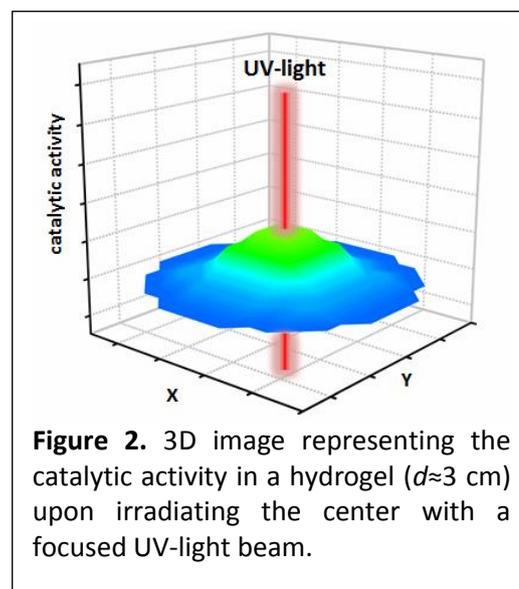


Figure 2. 3D image representing the catalytic activity in a hydrogel ($d \approx 3$ cm) upon irradiating the center with a focused UV-light beam.

Research team

The research was carried out by an international team of chemists at the University of Padua. The research project was started by Simona Neri, currently working at IRIS Technology Solutions in Barcelona, Spain, at the end of her PhD-project. Rui Chen came from China to conduct her PhD-studies at Padua with a prestigious scholarship awarded by the Chinese Science Council. The project was coordinated by prof. Leonard Prins, of Dutch origin, who has constructed his academic career at the University of Padua starting back in 2004 as researcher and climbing up the ranks to full professor in 2015.

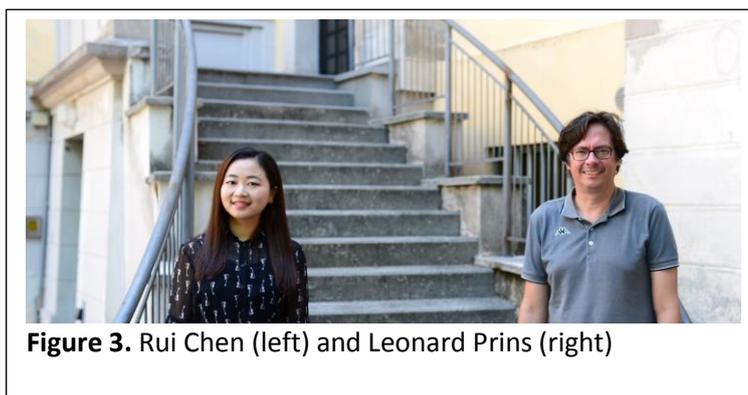


Figure 3. Rui Chen (left) and Leonard Prins (right)

Reference to the original article

<https://www.nature.com/articles/s41565-020-0734-1>

DOI: 10.1038/s41565-020-0734-1

Contact information

Prof. Leonard J. Prins (scientific coordinator) tel.: +39 0498275251, e-mail: leonard.prins@unipd.it

Website: wwwdisc.chimica.unipd.it/leonard.prins