



### **“Da questo momento siate acidi!”**

Osservare il movimento dei protoni durante reazioni chimiche.

Scienziati del Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie (MBI, Istituto di Ottica Nonlineare e Spettroscopia Ultrarapida) - in collaborazione con un gruppo di ricercatori della Ben Gurion University of the Negev in Israele - sono riusciti a gettare nuova luce sul processo di trasferimento di protone nel corso di reazioni chimiche. Il protone é una particella elementare, di cui sono formati i nuclei atomici. In questo studio i ricercatori del MBI hanno sfruttato la reazione tra un derivato fotoacido del pirene e una molecola di acetato. Questo lavoro fornisce informazioni fondamentali sui dettagli dei processi che occorrono, ad esempio, a livello cellulare, e suggerisce un'importante revisione del modello classico di trasferimento di protone. I ricercatori riferiscono del loro lavoro nella prestigiosa rivista americana Science (Volume 301, pagine 349-352).

I fotoacidi hanno la speciale caratteristica di esistere in due stati: di norma sono acidi molto deboli e di conseguenza non molto reattivi. Quando esposti ad impulsi di luce ultravioletta (UV), la loro acidità cambia istantaneamente - stimolando una reazione chimica di trasferimento di protone. "Sparando luce laser nel liquido", spiega il direttore del gruppo di ricerca Erik T. J. Nibbering, "si dà il segnale di inizio: da questo momento siate acidi!". Questo effetto é molto importante dal punto di vista sperimentale perché permette di definire con precisione l'istante di inizio della reazione chimica.

Dopo aver eccitato con luce UV la trasmissione del liquido viene testata con un secondo impulso laser, la cui lunghezza d'onda cade nella regione spettrale infrarossa. "Utilizziamo la sensibilità delle vibrazioni molecolari all'esposizione a luce infrarossa", spiega Nibbering. Da ciò si possono trarre interessanti conclusioni. In particolare, in questo esperimento i ricercatori hanno potuto determinare l'istante in cui il protone lascia l'acido, e quello in cui arriva alla base.

"Non necessariamente è lo stesso protone", continua Nibbering. Ci si può immaginare una situazione in cui i protoni sono trasmessi attraverso le molecole di acqua in una maniera simile a quel gioco che spesso si vede sulle scrivanie d'ufficio: alcune palline sono appese, in fila una accanto all'altra. Se si spinge una pallina ad un'estremità, il momento é trasmesso attraverso la fila di palline, e quella che salta é la pallina all'estremità opposta. I ricercatori del MBI hanno studiato il trasferimento di protone con una risoluzione temporale di 100 femtosecondi. "E' un intervallo di tempo estremamente breve", spiega Matteo Rini, coautore del lavoro. "Per rendere l'idea: in un secondo la luce copre la distanza tra la terra e la luna. In 100 femtosecondi, quella corrispondente allo spessore di un capello".

Le misure sono state dunque effettuate su una scala temporale estremamente rapida e in spazi molto ridotti. I ricercatori hanno iniettato una soluzione contenente acidi e basi attraverso una fenditura molto stretta. In questo modo si produce una sorta di cascata in miniatura, larga all'incirca 5 millimetri. "Lo spessore della cascata corrisponde all'incirca a due volte lo spessore di un capello: 100 micrometri". Attraverso questa sottilissima cascata viene iniettata luce ultravioletta: gli acidi in tal modo vengono resi "reattivi", stimolando la reazione chimica. Simultaneamente attraverso l'invio impulsi di luce infrarossa é possibile determinare come i protoni migrano dall'acido alla base. La teoria di questo processo é stata descritta da tempo dal premio Nobel tedesco Manfred Eigen. Il suo lavoro ha fornito il modello per il trasferimento di protone chiamato "Eigen-Weller". Questi recenti risultati sperimentali permettono di perfezionare questo modello: quando acidi e basi, prima di reagire, si trovano in diretto contatto, il trasferimento di protone é estremamente rapido. Nel caso invece in cui le due molecole si devono "cercare", muovendosi reciprocamente l'una verso l'altra, qualcosa rallenta il flusso dei protoni e il contatto tra acidi e basi avviene piú lentamente di quanto predetto dal modello "Eigen Weller". Qual é il motivo? "Non lo sappiamo ancora", dice Nibbering. Si potrebbe immaginare che, tra acido e base, alcune molecole di acqua debbano prima fare spazio. "O che i protoni saltino di molecola in molecola verso la base". In ogni caso, il modello di Eigen e Weller deve essere completato con un ulteriore stadio.

Il modello "Eigen-Weller" prevede tempi di reazione dell'ordine di picosecondi e, quando fu introdotto, non poté essere verificato sperimentalmente. Manfred Eigen a suo tempo parló di "immeasurably fast reactions", reazioni talmente rapide da non poter essere misurate. Ai tempi di Eigen già esistevano i laser, alcuni dei quali nel regime dei nanosecondi (un nanosecondo è un milionesimo di secondo). Non ci si poteva però certo immaginare di poter raggiungere risoluzioni temporale dell'ordine di picosecondi (millesimi di nanosecondi) o addirittura femtosecondi (millesimi di picosecondi). Oggi si parla già di attosecondi – anche al Max-Born-Institut. Un attosecondo é un milionesimo di un milionesimo di secondo ( $10^{-18}$  s).

Che cosa ce ne viene, dall'aver osservato il trasferimento di protoni? "Questa è ricerca di base", conclude Nibbering. "Ma ci permette una miglior comprensione di processi come quelli che avvengono in membrane biologiche". Forse un giorno si potrà realizzare un "interruttore molecolare", costituito da un fotoacido, speculano i ricercatori. In ogni caso questi risultati ci insegnano che, nella scienza, quello che un giorno si ritiene impossibile, non è detto che rimanga tale.

Contact: Matteo Rini, ++49-30-6392-1414 (rini@mbi-berlin.de)