

# Come fa il DNA a proteggersi dai danni della luce solare ultravioletta

✍ R. Borrego-Varillas, G. Cerullo 📅 28-02-2022 🔗 <http://www.primapagina.sif.it/article/1459>

Un impulso ultrabreve nell'UV interagisce con una molecola di uridina: rivelando come evolve il pacchetto d'onda tramite la spettroscopia ultraveloce, è possibile ottenere le informazioni necessarie per capire i meccanismi di fotoprotezione della molecola. Crediti: Rocío Borrego Varillas.

*An ultrashort UV laser pulse interacts with a uridine molecule: unveiling how the wavepacket evolves by means of ultrafast spectroscopy can give the necessary information to understand the molecule's photo-protection mechanism. Credits: Rocío Borrego Varillas*

Il DNA, la molecola che codifica le informazioni necessarie per la replicazione della vita, assorbe efficientemente la componente ultravioletta (UV) della luce solare, una proprietà comune a moltissime biomolecole. A causa dell'elevata energia della radiazione UV, il suo assorbimento potrebbe avviare una catena di reazioni chimiche, con conseguente corruzione delle informazioni codificate nella sequenza di basi (fotodanneggiamento), causando gravi conseguenze (come il tumore alla pelle). Fortunatamente, nella maggior parte dei casi le molecole di DNA sono in grado di dissipare molto efficacemente l'energia accumulata in seguito all'assorbimento della luce UV grazie a un processo, noto come fotoprotezione, che ne impedisce il danneggiamento. Nei nucleosidi (gli elementi costitutivi del DNA e dell'RNA) i processi di fotoprotezione sono particolarmente efficienti grazie alla velocità con cui viene dissipata l'energia assorbita, ma è proprio tale velocità che ne rende particolarmente difficile lo studio. Per questo motivo, la spiegazione dei meccanismi di fotoprotezione del DNA è stata a lungo dibattuta.

In un lavoro recentemente pubblicato dalla rivista Nature Communications abbiamo sfruttato la spettroscopia laser ultraveloce per rivelare il meccanismo mediante il quale i nucleosidi dissipano l'energia depositata dalla luce ultravioletta. A questo fine abbiamo costruito un setup ottico che ci permette di generare impulsi laser ultrabrevi nell'ultravioletto con una durata inferiore a 20 fs (1 fs =  $10^{-15}$  s), i quali hanno la capacità di innescare i processi molecolari e poi seguire tutte le fasi della loro evoluzione. Grazie all'altissima risoluzione temporale del nostro setup e ad avanzate simulazioni teoriche, siamo riusciti a comprendere il processo di dissipazione dell'energia nell'uridina e nella metiluridina. In particolare, abbiamo visto che il pacchetto d'onda che si forma dopo l'interazione dell'uridina con la luce UV raggiunge il punto dove rilassa allo stato di energia più bassa (noto in fotochimica come "intersezione conica") in meno di 100 fs. Questo processo è 10 volte più lento nella metiluridina rispetto all'uridina, un fatto che potrebbe spiegare perché le catene di DNA contenenti timidina (un nucleoside simile alla metiluridina) sono più inclini al danneggiamento causato da illuminazione con luce UV.

I risultati del nostro studio sono di importanza fondamentale per comprendere i complessi processi fisici che portano al fotodanneggiamento del DNA e promettono di avere importanti applicazioni nelle nanotecnologie e in farmacologia.

## How DNA protects from UV sunlight damage

DNA, the molecule that encodes the information necessary for the replication of life, as most biomolecules, efficiently absorbs ultraviolet (UV) light from the Sun. Due to the high energy of the UV radiation, the absorption of UV light could initiate a chain of reactions, eventually corrupting the information encoded in the base sequence (photo-damage) and leading to serious biological consequences (such as skin cancer). Fortunately, in most cases the excess of energy stored in the molecule after UV absorption is quickly dissipated by a process known as photo-protection, which prevents the photo-damage. Photo-protection in nucleosides (the building blocks of DNA) is particularly efficient because it involves extremely fast molecular processes, which makes it very challenging to track them. For this reason, the explanation of photo-protection mechanism has been a matter of debate among scientists for a long time.

In a recent work published in Nature Communications we have employed ultrafast laser spectroscopy to unveil the mechanism which the nucleoside dissipates the energy deposited by UV light. To this end we have developed an optical setup which allows us to generate ultrashort laser pulses in the ultraviolet with a duration below 20 fs (1 fs =  $10^{-15}$  s).

Such short pulses allow us to trigger the molecular processes and follow the subsequent evolution. Thanks to the extreme temporal resolution of our setup and advanced theoretical simulations, we have been able to comprehend the relaxation mechanism after UV light absorption in uridine and methyluridine. In particular, we have observed that the wave-packet formed upon the interaction of uridine with UV light reaches the point where it decays to the ground state (known in photochemistry as "conical intersection") in less than 100 fs. This process is 10 times slower in methyluridine with respect to uridine. This fact could explain why DNA strands containing thymidine (a nucleoside similar to methyluridine) are more prone to UV photo-damage.

The results from our study are key to understand the complex physical processes leading to photo-damage of DNA and could potentially have promising applications in nanotechnologies and pharmacology.



**Rocío Borrego-Varillas** - Ricercatrice presso l'Istituto di Fotonica e Nanotecnologie del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), è attualmente responsabile dell'attività scientifica di parte dei laboratori di spettroscopia ad attosecondo. La sua attività di ricerca riguarda la generazione di impulsi laser ultrabrevi e la loro applicazione allo studio di dinamiche elettroniche in molecole di interesse biologico.

*Researcher at the Institute of Photonics and Nanotechnologies of The National Research Council (CNR), she is currently responsible of the scientific activity in part of the attosecond spectroscopy laboratories. Her research activity is focused on the generation*

*of ultrashort laser pulses and their application to the investigation of ultrafast electron dynamics in bio-relevant molecules.*



**Giulio Cerullo** - Professore ordinario di Fisica presso il Politecnico di Milano, vi dirige il laboratorio di spettroscopia ottica ultraveloce. La sua attività di ricerca, di natura sperimentale, riguarda la generazione di impulsi laser a femtosecondi accordabili e la loro applicazione allo studio di processi fotoindotti in biomolecole e materiali nanostrutturati.

*Full Professor of Physics at Politecnico di Milano, he is the head of the local ultrafast optical spectroscopy laboratory. His research activity is focused on the generation of tunable femtosecond laser pulses and their application to the investigation of photo-*

*induced processes in bio-molecules and nanostructured materials.*