

# Materiali copiati dalla natura

Ragni, fiori e gechi sono solo alcune delle fonti di ispirazione per sviluppare materiali artificiali innovativi, come spiega Nicola Pugno del Politecnico di Torino

**T**enaci come la tela del ragno, adesivi come le zampe del gecko, autopulenti come le foglie del fiore di loto, resistenti come il grafene. Sono i fantastici quattro. Non i supereroi dei fumetti, ma i super materiali, alla cui realizzazione lavorano fisici, ingegneri, biologi di tutto il mondo. Tutto grazie alla biomimetica, la scienza che imita le straordinarie proprietà di piante e animali per sviluppare materiali e nuove tecnologie, più efficienti e più ecosostenibili. Nel 2009 al Politecnico di Torino Nicola Pugno ha fondato il laboratorio di nanomeccanica bio-ispirata, dove esplora le potenzialità dei nanomateriali con proprietà biologiche eccezionali: testa la loro resistenza, elasticità, tenacità e adesione con l'obiettivo di ottimizzare le prestazioni dei materiali usati in molteplici settori, dall'edilizia all'aeronautica, e progettare il più tenace materiale composito del mondo.

## Professor Pugno, perché imitare la natura?

Perché è una preziosa fonte di ispirazione per realizzare una nuova classe di materiali intelligenti, quindi è determinante capire meccanismi e soluzioni che la natura ha messo in atto nel corso dell'evoluzione. Si pensi alla capacità di alcune foglie di non bagnarsi e autopulirsi. È una proprietà nota da 2000 anni, ma solo nel XX secolo gli scienziati hanno studiato questi fenomeni, concentrandosi per esempio sulla morfologia delle foglie del fiore di loto. Le microasperità sulla superficie le rendono particolarmente ruvide e idrorepellenti. Le gocce non riescono ad aderire e scivolano via. È un dato di fatto che oggi nano e microsopercie superidrofobe sono diventate uno dei temi di ricerca più popolari in ingegneria e nella scienza dei materiali.

Si studiano le foglie delle piante super idrofobe, se ne analizzano morfologia, geometria e strutture sulla superficie con l'obiettivo di replicare le proprietà naturali di repulsione all'acqua e antiadesione dello sporco su superfici artificiali. Anche nel mio laboratorio, fondato in occasione del centocinquantesimo anniversario della nascita del Politecnico di Torino, studiamo e progettiamo superfici a effetto loto: grazie alla copia fisica di una foglia del loto abbiamo realizzato un polistirene super idrofobo e reso questo materiale, ampiamente usato per diversi scopi industriali, dalle copertine dei CD alle pareti interne dei frigoriferi, autopulente e in grado di impedire la formazione del ghiaccio.

**Il loto, però, non è l'unico esempio del mondo naturale da cui cercate di imparare per progettare una nuova generazione di materiali. Un altro maestro è il gecko...**

In effetti, dopo le pionieristiche osservazioni da parte di Aristotele, biologi e ingegneri hanno cercato di capire il segreto dell'abilità adesiva del gecko. L'adesione di questo rettile acrobata non è dovuta al principio della ventosa, ma a forze di attrazione mole-



**Esempi da imitare.** Ragnatele e fiori di loto sono importanti fonti di ispirazione per nuovi materiali artificiali. Le ragnatele per la loro resistenza, i fiori di loto per la loro idrofobia e capacità autopulente.

colare di Van der Waals, grazie a cui le zampe esercitano una forza adesiva straordinaria. Il gecko, in pratica, riesce a camminare sulle superfici lisce e ad ancorarsi al soffitto, a testa in giù, perché le estremità delle sue zampe sono ricoperte da numerose setole che moltiplicano le deboli forze elettromagnetiche di interazione con la superficie. Questa proprietà conferisce una straordinaria capacità di adesione, in teoria anche nel vuoto dello spazio. Del resto abbiamo scoperto che per staccare un gecko dalla superficie a cui aderisce è necessaria una forza circa dieci volte superiore al suo peso.

**Nel 2011 si è aggiudicato un sostanzioso finanziamento dal Consiglio europeo della ricerca. Per quale progetto?**

Ho ricevuto questo finanziamento di oltre un milione di euro per il progetto BIHSNaM (Bio-Inspired Hierarchical Super Nanomaterials), grazie al programma IDEAS del settimo Programma



**Nicola Pugno**, nato nel 1972, dal 2005 è professore di scienza delle costruzioni al Politecnico di Torino, dove dirige il Laboratory of Bio-inspired Nanomechanics, che ha fondato nel 2009. Appassionato di montagna, è ingegnere meccanico, fisico teorico e astrofisico, con

un dottorato di ricerca in ingegneria delle strutture. Attualmente è iscritto al dottorato in biologia.

**Invitato come *visiting professor*** dall'Università di Cambridge e dal MIT e come *plenary lecturer* a congressi internazionali, ha pubblicato circa 200 lavori su

riviste internazionali di materiali, tra cui «Nature» e «Nature Materials».

**È membro dell'*editorial board*** di una trentina di riviste internazionali e vincitore nel 2011 di un finanziamento di oltre un milione di euro dallo European Research Council.



James Hardy/ZenShui/Corbis (fiore di loto)

quadro finalizzato a sostenere la ricerca di base. È una grande soddisfazione, perché si tratta di una competizione molto selettiva e l'unico criterio è l'eccellenza scientifica.

Il contributo finanziario consentirà di sviluppare un progetto quinquennale con cui mi propongo di progettare, grazie alla nanomeccanica bioispirata, materiali, strutture e in generale sistemi dalle caratteristiche meccaniche ora impossibili da ottenere. Uno dei traguardi fondamentali del progetto, per esempio, è un vero e proprio record del mondo di tenacità, che contiamo di raggiungere ispirandoci alla tela di ragno.

#### Qualche dettaglio in più?

Sappiamo che la ragnatela è uno dei materiali più tenaci in natura. In collaborazione con un gruppo di ricercatori del Massachusetts Institute of Technology (MIT) di Boston abbiamo studiato le caratteristiche meccaniche che rendono la tela del ragno così robusta, in grado di resistere alle molteplici sollecitazioni a cui è sottoposta: dall'impatto degli insetti che vengono catturati alla forza del vento. Del resto i materiali naturali sono rinomati per l'eccezionale struttura che ne ottimizza le funzioni, come dimostrano per esempio l'elasticità dei vasi sanguigni e la resistenza delle ossa.

Nel caso della seta del ragno, il suo comportamento può essere definito iperelastico. All'inizio, si comporta linearmente: in altre parole, sottoposta a una prova di trazione la deformazione cresce proporzionalmente alla tensione. A un certo livello di allungamento, però, inizia a irrigidirsi. E proprio questa proprietà iperelastica del filo di seta è fondamentale per rendere l'intera struttura della ragnatela estremamente robusta e capace di evitare danni estesi. Per esempio, sotto l'impatto di un insetto che finisce tra le sue maglie si rompe solo in un punto, rimanendo integra per il resto.

Questa proprietà è davvero interessante, e potrebbe rivelarsi la formula vincente per realizzare materiali ultrasistenti che potrebbero rivoluzionare il mondo dell'edilizia, consentendo la progettazione e la costruzione di edifici a prova di forti sollecitazioni, come attacchi terroristici o terremoti. Questo studio è il primo risultato del progetto BIHSNaM, e si è conquistato la copertina di «Nature».

#### Ha trascorso diversi periodi di ricerca all'estero. È importante per la formazione di un ricercatore?

Certamente. Sono stato a Cambridge, nel Regno Unito, al MIT, nel 2007 in Florida ho lavorato con Harold Kroto, premio Nobel per la scoperta del fullerene. Tutte esperienze importanti. Ma sono importanti anche le collaborazioni di oggi, perché per fare una buona ricerca bisogna collaborare con gruppi di alto livello, ancora di più in un campo a cavallo tra fisica, biologia e ingegneria, in cui sono necessarie competenze diverse.