



POLITECNICO
MILANO 1863

Gli angeli e i demoni di Escher prevedono il modo in cui la materia si deforma

Lo studio pubblicato sulla prestigiosa Physical Review Letters

Milano, 19 novembre 2019 - Uno dei più famosi disegni dell'artista olandese M.C. Escher, il "Cerchio Limite IV (Paradiso e Inferno)" ([https://mcescher.com/gallery/most-popular/#iLightbox\[gallery_image_1\]/27](https://mcescher.com/gallery/most-popular/#iLightbox[gallery_image_1]/27)), mostra angeli e demoni in una tassellazione che riempie un cerchio senza spazi vuoti. Da questa magistrale incisione hanno tratto ispirazione i ricercatori di una collaborazione internazionale comprendente il **Dipartimento di Fisica del Politecnico di Milano** per l'articolo pubblicato su **Physical Review Letters** (*) e che ne ha meritato la copertina. Lo sguardo libero e non convenzionale dell'arte ha lanciato stavolta un prezioso assist alla scienza.

La scoperta

I ricercatori del gruppo del Professor Paolo Biscari, insieme ai loro collaboratori, hanno scoperto che la disposizione di angeli e demoni nella celebre figura consente di prevedere come un corpo cristallino modificherà la sua forma se sottoposto ad azioni esterne.

L'incisione di Escher è legata infatti al lavoro di matematici che nella metà del secolo scorso stavano esplorando le proprietà degli spazi iperbolici: questi ultimi sono proprio l'oggetto dello studio che mostra un collegamento tra questi particolari spazi e fenomeni quotidiani come la deformazione plastica permanente della materia.

L'opera d'arte ha fatto scattare la scintilla per elaborare un nuovo approccio al problema della descrizione matematica dei fenomeni di deformazione di materiali complessi.

Il nuovo sguardo proposto dai ricercatori mostra come si possano associare le forme del reticolo cristallino ai punti dello spazio iperbolico. Nelle sue deformazioni, il materiale cambia di volta in volta forma, passando da quella associata (per esempio) a un angelo della figura di Escher a quella associata a uno degli angeli vicini.

La plasticità nei cristalli, per esempio nei metalli, è dovuta infatti alle interazioni di difetti reticolari che vengono spostati dalle forze applicate al corpo durante la sua deformazione.

Il modello promette di diventare un nuovo utile strumento per lo studio e la simulazione numerica di fenomeni plastici alle scale microscopiche, nelle quali le teorie convenzionali non riescono a descrivere correttamente numerose proprietà come la resistenza meccanica e le sue imprevedibili fluttuazioni, che possono anche generare vere e proprie *valanghe plastiche*.

Il controllo di questi fenomeni apre di fatto nuove strade per la progettazione e lo sviluppo (guidati da teoria e simulazione) di nuovi materiali e per l'ottimizzazione dei processi di micro-manifattura.

(*)

Landau-type theory of planar crystal plasticity

R. Baggio, E. Arbib, P. Biscari, S. Conti, L. Truskinovsky, G. Zanzotto and O. U. Salman

Phys. Rev. Lett., 123, 205501 (2019)

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.123.205501>

Escher's angels and demons woodcut predicts how matter deforms

A study published in the prestigious Physical Review Letters

Milan, 19th November 2019 - Dutch artist M.C. Escher's most famous drawing, "Circle Limit IV (Heaven and Hell)"

([https://mcescher.com/gallery/most-](https://mcescher.com/gallery/most-popular/#iLightbox[gallery_image_1]/27)

[popular/#iLightbox\[gallery_image_1\]/27](https://mcescher.com/gallery/most-popular/#iLightbox[gallery_image_1]/27)), shows angels and demons in a tessellation that fills a circle without empty spaces. This masterful woodcut inspired an international partnership of researchers including

Politecnico di Milano Physics Department to author the cover-story article published in **Physical Review Letters** (*).

This free and unconventional work-of-art has provided a valuable assistance to science.

The discovery

The researchers of Professor Paolo Biscari's group, together with their colleagues discovered that the arrangement of angels and demons in the famous woodcut makes it possible to predict how a crystalline body will change its shape when subject to external action.

Escher's woodcut is linked to the work of mathematicians who in the middle of the last century were exploring the properties of hyperbolic spaces:

The study's subject showed a connection between these spaces and everyday phenomena such as the permanent plastic deformation of matter.

The work-of-art sparked a new approach to the mathematical description of complex material deformation phenomena problem.

The new approach mooted by the researchers indicates how crystalline lattice shapes can be associated with points in the hyperbolic space. During its deformations, the material changes shape, passing e.g. from one Escher's angelic image to the next angel's shape.

Crystal plasticity is due to the interactions of lattice defects that glide under the effect of the applied forces.

The model promises to become a new useful tool for the study and numerical simulation of microscopic plastic phenomena. Conventional theories cannot correctly describe many properties such as mechanical strength and its unpredictable fluctuations, which can generate true *plastic avalanches*.

Controlling these phenomena opens new paths for the design and development (guided by theory and simulation) of new materials to optimise micro-manufacturing processes.

(*)

Landau-type theory of planar crystal plasticity

R. Baggio, E. Arbib, P. Biscari, S. Conti, L. Truskinovsky, G. Zanzotto and O. U. Salman

Phys. Rev. Lett., 123, 205501 (2019)

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.123.205501>