

## Fumetto sulla Reologia #1

La Reologia è lo studio di come fluiscono le cose  
(*rheo* = flusso, *logos* = studio).

*Panta rhei* – tutto fluisce!

Ispirato dall'articolo di M.A. Fardin's Ig Nobel Prize "On the rheology of cats" (2014), questo fumetto descrive le basi della reologia tramite i nostri felini preferiti.



Finanziato dalla Società di Reologia  
Rheology Venture Fund.



Per saperne di più sulla Reologia scannerizza il QR code.

Il fumetto è disponibile anche in:

English • 日本語

Ελληνικά • فارسی

العربية • Français

E presto molte altre!

I gatti sono liquidi o solidi?



# La Reologia

dei

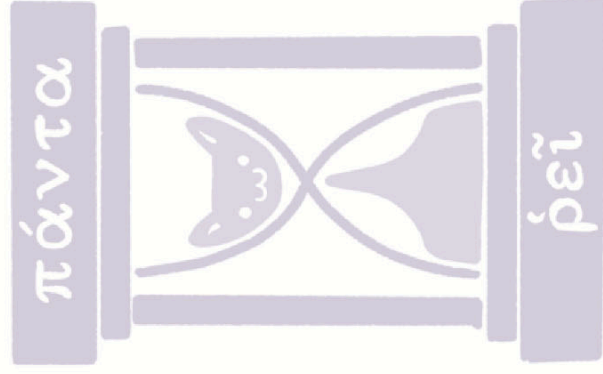
# gatti



Da un'idea di Rob Campbell e Caroline Martin

Tradotto da: Simona Carotenuto

Grazie alla Società di Reologia,  
M.A. Fardin, ed ai nostri consulenti  
Victoria Russell and Kelsey Briselli.



2023

v1.1

## GLOSSARIO:

**REOLOGIA** – è lo studio di come e perché i materiali cambiano forma in situazioni differenti (specialmente materiali che non sono puramente liquidi, solidi o gas)

**SFORZO** – la quantità di forza applicata al materiale

**DEFORMAZIONE** – quanto un materiale cambia la sua forma

**SOLIDO ELASTICO** – un materiale che mantiene la sua forma e ritornerà a quella iniziale una volta rilasciato lo sforzo

**SOLIDO PLASTICO** – un materiale che mantiene la sua forma ma non ritorna a quella iniziale una volta rilasciato lo sforzo

**SFORZO DI SOGLIA** – la quantità massima di sforzo che un materiale elastico può sopportare prima di diventare plastico

**ROTTURA SOLIDA** – un materiale che mantiene la sua forma ma si rompe, frattura o strappa

**LIQUIDO VISCOSO** – un materiale che fluisce e prende la forma del suo contenitore

**VISCOSITÀ** – è il rapporto tra lo sforzo e la velocità di deformazione. Ci dice quanto sforzo è necessario per cambiare la velocità con cui il liquido si muove.

**VELOCITÀ DI DEFORMAZIONE** – quanto velocemente cambia la deformazione; quanto velocemente un materiale si muove e cambia forma

Grazie della lettura!



**VISCOPLASTICO** – materiale che si comporta come un solido plastico a bassi sforzi e come un liquido viscoso ad alti sforzi (es. fango, dentifricio, maionese)

**VISCOELASTICO** – La velocità di deformazione varia nel tempo: hanno un comportamento elastico a tempi brevi, e sono fluidi viscosi a tempi lunghi (es. un piatto di spaghetti, il ketchup)

**ELASTOPLASTICO** – Solidi con sforzo di soglia: elastici a bassi sforzi, plastici ad alti sforzi (es. l'acciaio)

**ELASTOVISCOPLASTICO** – Il comportamento dipende sia dalla quantità di deformazione che dalla velocità di deformazione (es. la lava)

**DILATANTE** – la viscosità aumenta all'aumentare della velocità di deformazione, quindi grandi sforzi possono comportare piccole deformazioni

**PSEUDOPLASTICO** – la viscosità diminuisce all'aumentare della velocità di deformazione, quindi piccole deformazioni possono comportare grandi sforzi

**TISSOTROPIA** – lo stesso sforzo determina diversi comportamenti nel tempo; in genere la struttura interna del materiale causa un “tempo di ritardo” o “memoria”

**EFFETTO DI WEISSENBURG** – quando agitando un materiale questo risale l'agitatore invece di fuoriuscire

**DIE SWELL** – quando in uscita da un rubinetto o da un contenitore, il materiale si espande rapidamente

Quindi cosa sono i gatti?

Mammiferi!

Guardiani dell'oltretomba nella tradizione Celtica!

Gli antichi egizi pensavano avessero un'energia divina!

Il quarto animale dello zodiaco Vietnamese.

Estremamente teneri!



Non capiremo mai perché i gatti si comportano così, ma sappiamo che seguono le loro regole, proprio come fanno molti materiali.



Ci sono ancora molte cose che non sappiamo dei materiali che non sono né solidi né liquidi. La Reologia mostra che questi comportamenti complessi dipendono dalla relazione tra lo sforzo e la deformazione e come questi cambiano nel tempo.

Ma ogni materiale è un po' diverso, proprio come i gatti!

**Qual'è il tuo preferito?**

I gatti sono liquidi o solidi?  
Conosciamo i tre stati principali della materia:

**SOLIDO**



**LIQUIDO**



**GAS**



I solidi mantengono la loro forma.  
Liquidi e gas assumono la forma del loro contenitore.

Ma come possiamo definire i comportamenti intermedi?

Come possiamo misurare qualcosa che si comporta sia come "solido" che come "liquido"?

Possiamo usare

**la REOLOGIA!**



La Reologia è lo studio di come le cose fluiscono.

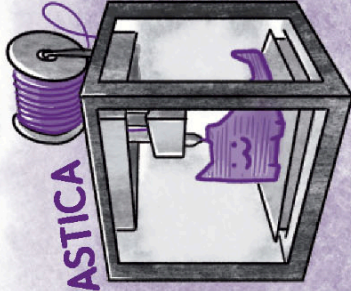
Un reologo studia come un materiale sia "solido" o "liquido" e usa questa informazione per personalizzarlo con speciali proprietà!

Cose come...

**SLIME**



**PLASTICA**



**CEMENTO**



**LOZIONE**



**BUDINO**



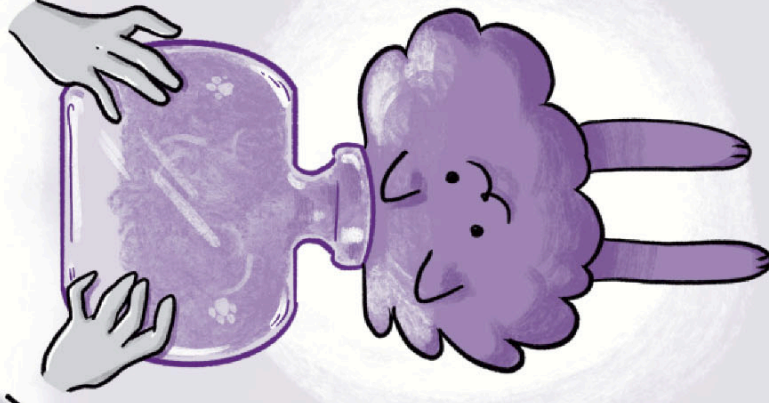
I reologi misurano come si comporta un materiale nel tempo osservando lo sforzo e la deformazione.

Cosa significa?

In genere se agiti velocemente un fluido questo fuoriesce in una direzione (come le uova in un mixer), ma alcuni materiali si attaccano all'agitatore come un gatto, perfino arrampicandosi!

Questo è chiamato

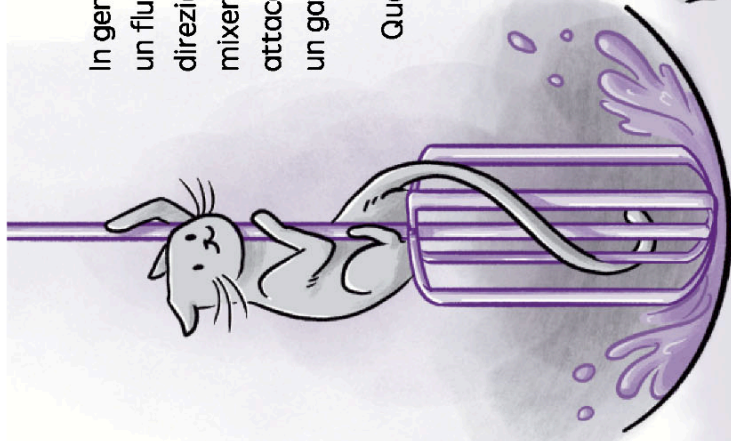
## EFFETTO DI WEISSENBERG



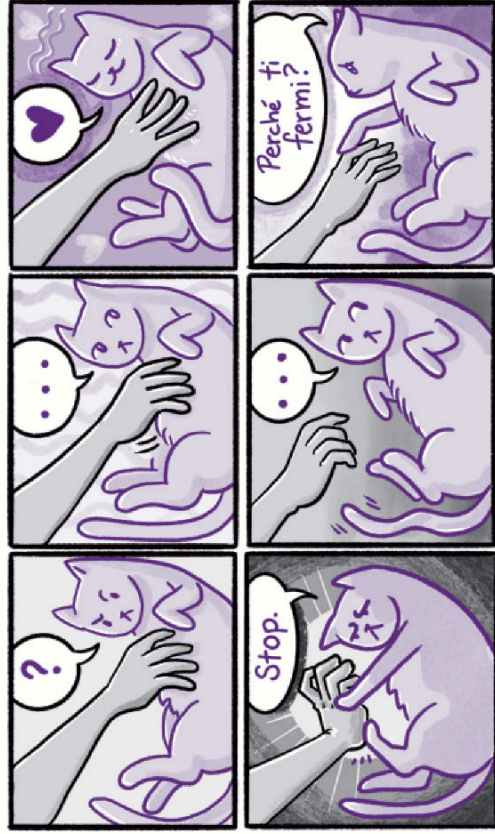
L'acqua esce dal rubinetto facilmente, ma alcuni fluidi viscoelastici cambieranno forma espandendosi un po' non appena fuoriescono dal contenitore.

Questo è chiamato

## DIE SWELL



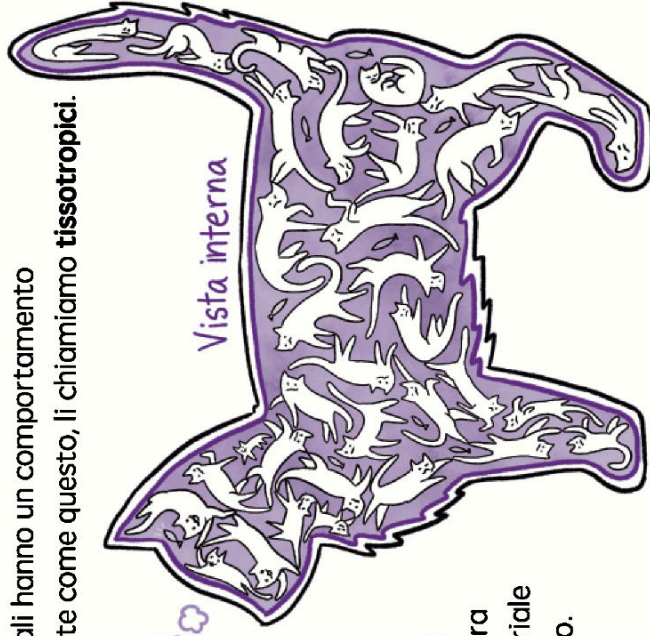
Se applichi lo stesso sforzo e la stessa deformazione per tempi lunghi, a volte il comportamento del gatto cambia! È come se, mentre il gatto decide di reagire allo sforzo, ci fosse un ritardo nella deformazione.



Quando i materiali hanno un comportamento tempo-dipendente come questo, li chiamiamo **tisotropici**.

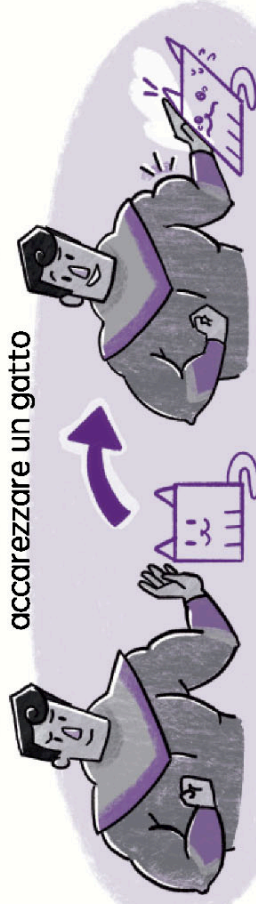


La **tisotropia** si verifica in genere perché la struttura interna del materiale cambia nel tempo.



Vista interna

Immagina che un gigantesco supereroe provi ad accarezzare un gatto



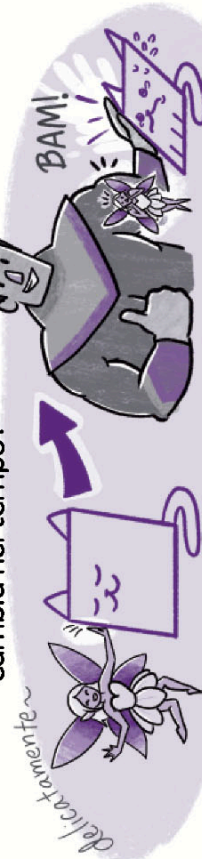
La forza con cui lo accarezza è chiamata **sforzo**. La **deformazione** è come il gatto modifica la sua forma. Uno sforzo maggiore comporta una maggiore deformazione.

Immagina ora una fatina che prova ad accarezzare un gatto.



Visto che lo sforzo è davvero molto piccolo, la deformazione del gatto sarà piccola. Uno sforzo piccolo comporta una piccola deformazione.

Che succede se lo sforzo cambia nel tempo?



Come lo sforzo e la deformazione cambiano nel tempo, e quanto velocemente o lentamente questo avvenga, è importante per la reologia.

In genere sforzo e deformazione cambiano insieme – maggiore è lo sforzo maggiore è la deformazione – ma non sempre! Lo vedremo più tardi.

Cosa c'entra questo con solidi e liquidi?

Iniziamo con i solidi. A tempi brevi, i gatti si comportano come un solido.

Possono essere:

**ELASTICI** **QUASTI** **QOTTI!**

Quando i gatti si spaventano, sono un solido **elastico**.



Come una palla di gomma, i gatti "rimbalzano" per tornare alla loro forma originale dopo esser stati sottoposti ad uno sforzo ed una deformazione.

Questa capacità è chiamata "elasticità".



Talvolta più sforzo non vuol dire maggiore deformazione

Se aumenti lo sforzo su un gatto, non sempre si deformerà di più. Infatti i gatti possono cambiare la loro forma da rilassata..



..ad improvvisamente rigida e pronta all'attacco! La loro viscosità aumenta all'aumentare della velocità di deformazione ed un maggiore stress può causare piccole deformazioni. Questo comportamento si chiama **dilatante**.

Ma applicare uno sforzo può anche aiutare i gatti a diventare da rigidi a rilassati...



La loro viscosità diminuisce all'aumentare della velocità di deformazione e piccoli sforzi possono determinare grandi deformazioni. Questo comportamento si chiama **pseudoplastico**.

Molte cose hanno una combinazione di comportamenti elastico, plastico e viscoso, proprio come i gatti.

### VISCOPLASTICO



Un solido plastico a bassi sforzi, ed un liquido viscoso ad altri sforzi  
(es. il fango, il dentifricio e la maionese)

### VISCOELASTICO



La velocità di deformazione varia nel tempo: hanno un comportamento elastico a tempi brevi, e sono fluidi viscosi a tempi lunghi  
(es. un piatto di spaghetti, il ketchup)

### ELASTOPLASTICO



Solidi con sforzo di soglia: elastici a bassi sforzi, plastici ad alti sforzi  
(es. l'acciaio)

### ELASTOVISCOPLASTICO



Il comportamento dipende sia dalla quantità di deformazione che dalla velocità di deformazione  
(es. la lava)

Il loro comportamento dipende dalle relazioni complicate tra sforzo e deformazione, e quindi fanno cose che sembrano inaspettate e imprevedibili!



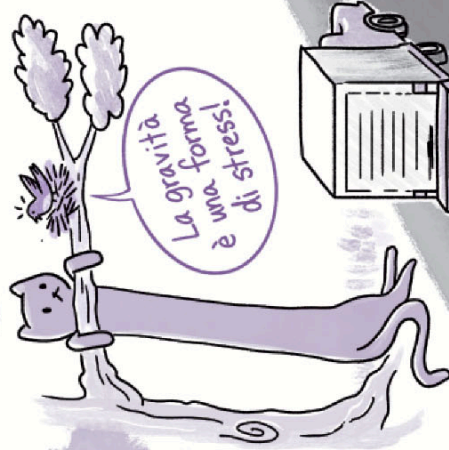
Alcuni solidi, come l'argilla, non rimbalzano.

Invece lo sforzo applicato ad un solido **plastico** lo allunga o lo schiaccia facendolo rimanere in questo stato finché non viene applicato un nuovo sforzo.

Questa capacità di cambiare forma si chiama "plasticità".



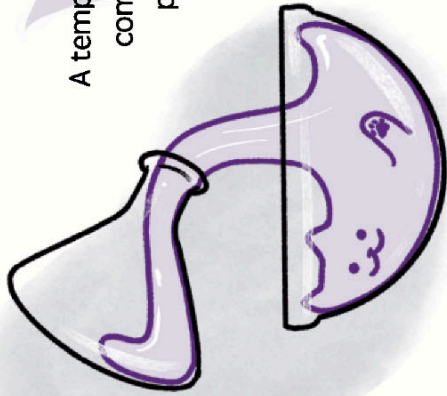
I gatti si comportano come elastici finché non raggiungono lo **sforzo di soglia** cioè la quantità e velocità di sollecitazione alla quale il gatto smette di rimbalzare e diventa plastico.



Ma se applichi troppo sforzo ad un solido...

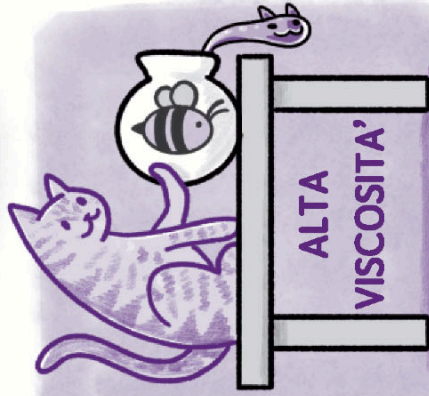


... alla fine si romperà.



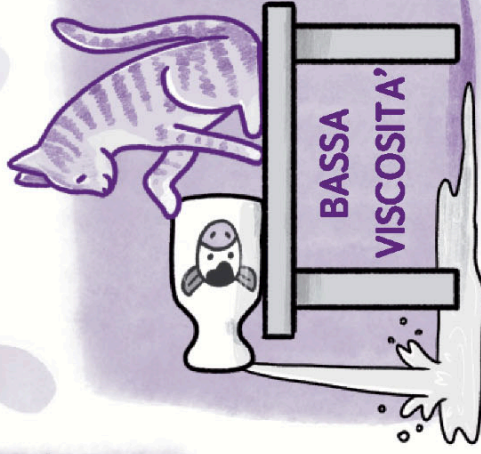
A tempi molto lunghi i gatti si comportano come liquidi, prendendo la forma del loro contenitore.

Paragonandoli all'acqua, i gatti sono più **viscosi**.



Un liquido poco viscoso fluisce velocemente come l'acqua o il latte.

Hanno cioè una maggiore **viscosità** ovvero fluiscono molto lentamente come il miele o la melassa.



Qual è la relazione tra sforzo e deformazione in un liquido? Questa è una domanda difficile!

I liquidi sono sempre in movimento, quindi la quantità di deformazione cambia continuamente.



Invece possiamo concentrarci su quanto velocemente cambia la deformazione. Quanto velocemente il liquido cambia la sua forma? Questa è la **velocità di deformazione**.

La viscosità ci dà la relazione tra lo sforzo e la velocità di deformazione. Ci dice cioè quanto sforzo è necessario per cambiare la velocità con cui il liquido si muove.



Talvolta un fluido poco viscoso, come l'acqua, non richiede molto sforzo per cambiare la sua velocità di deformazione. Ma i fluidi ad alta viscosità, come i gatti, richiedono molto sforzo per cambiare la velocità di deformazione.

(La viscosità può diventare molto complicata quando cambiano le condizioni a contorno, come la temperatura. Per esempio, il miele se riscaldato fluisce più velocemente.)