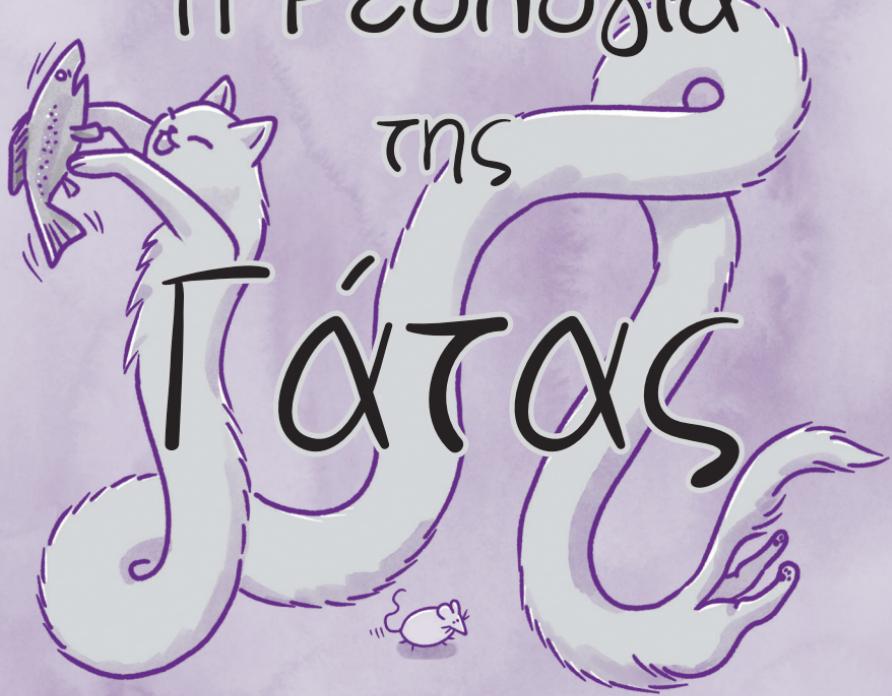


Είναι οι Γάτες Υγρό ή Στερεό;



## Η Ρεολογία



Των Ρόμπ Κάμπελ και Κάρολαϊν Μάρτιν

Μετάφραση: Φωτεινή Δελησάββα

Ευχαριστούμε την Κοινωνία της Ρεολογίας των Η.Π.Α.  
(Society of Rheology), τον M.A. Φαρντίν,  
και τους συμβούλους εκπαιδευσης  
Βικτόρια Ράσελ και Κέλσι Μιτρισέλι.

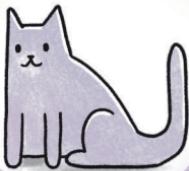


2023

v1.1

Είναι οι γάτες στερεό ή υγρό;  
Γνωρίζουμε τις τρεις κύριες μορφές της ύλης:

ΣΤΕΡΕΟ



ΥΓΡΟ



ΑΕΡΙΟ



Τα στερεά διατηρούν το σχήμα τους. Τα υγρά και τα αέρια παίρνουν το σχήμα του δοχείου τους.

Όμως τι συμβαίνει με υλικά που βρίσκονται κάπου στο ενδιάμεσο;

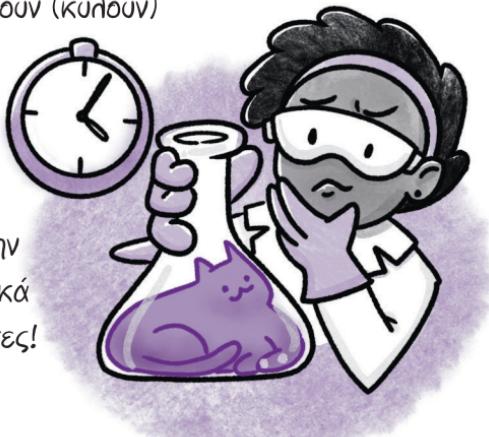
Πώς μετράμε πόσο "στερεό" ή "υγρό" είναι κάτι όταν συμπεριφέρεται τόσο ως στερεό όσο και ως υγρό;

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την  
**ΡΕΟΛΟΓΙΑ!**

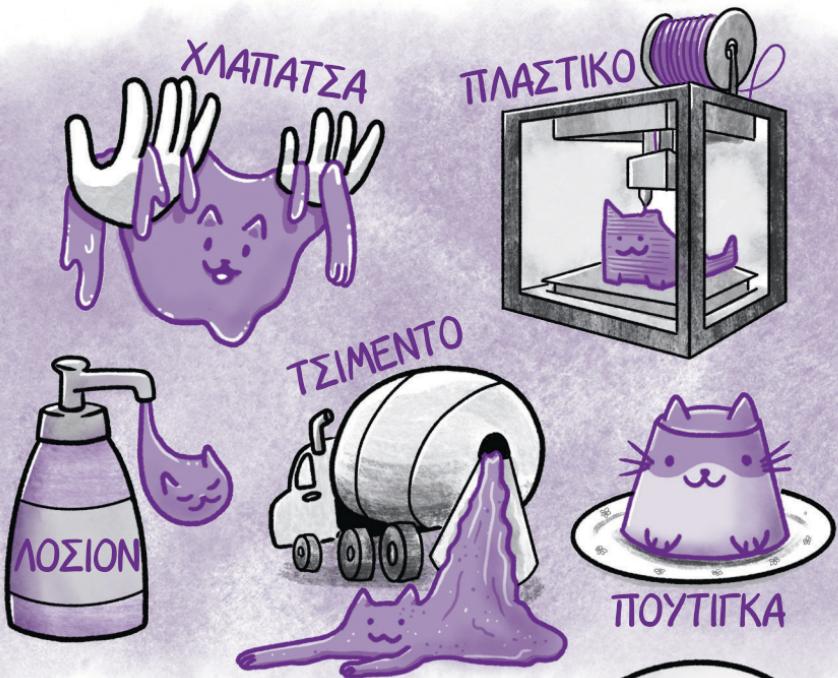


Η ρεολογία μελετά το πώς ρέουν (κυλούν) τα υλικά αντικείμενα.

Ένας ρεολόγος μελετά το πόσο "στερεό" ή "υγρό" είναι κάτι, και χρησιμοποιεί αυτή την πληροφορία για να φτιάξει υλικά με ειδικές "ζουλιχτές" ιδιότητες!



Αντικείμενα όπως...



Οι ρεολόγοι μετράνε πώς συμπεριφέρεται ένα υλικό με την πάροδο του χρόνου κοιτώντας την τάση και την παραμόρφωση.

Τι σημαίνει αυτό;

Φαντάσου έναν γιγάντιο υπερήρωα που προσπαθεί να χαιδέψει μία γάτα.



Η ένταση αυτού του χαδιού ονομάζεται **τάση**. Η γάτα που ζουλίζεται (αλλάζοντας το σχήμα της) ονομάζεται **παραμόρφωση**. Μεχάλη τάση προκαλεί μεχάλη παραμόρφωση.

Φαντάσου μία μικροσκοπική νεράϊδα που προσπαθεί να χαιδέψει μία γάτα.



Επειδή υπάρχει πολύ μικρή τάση, υπάρχει πολύ μικρή παραμόρφωση στη γάτα. Μικρή τάση προκαλεί μικρή παραμόρφωση.

Κι αν η ποσότητα της τάσης αλλάζει με τη πάροδο του χρόνου;



Το πώς αλλάζουν με τον χρόνο η τάση και η παραμόρφωση, και εάν συμβαίνει υρίζορα ή αρχά, είναι σημαντικό στην ρεολογία.

Συνήθως η τάση και η παραμόρφωση αλλάζουν μαζί - όσο πο μεχάλη η τάση, τόσο πο μεχάλη η παραμόρφωση - όμως όχι πάντοτε! Περισσότερα πάνω σε αυτό αργότερα.

Τι έχει να κάνει αυτό με τα στερεά και τα υγρά;

Ας ξεκινήσουμε με τα στερεά. Σε σύντομο χρονικό διάστημα, οι χάτες συμπεριφέρονται όπως ένα στερεό.



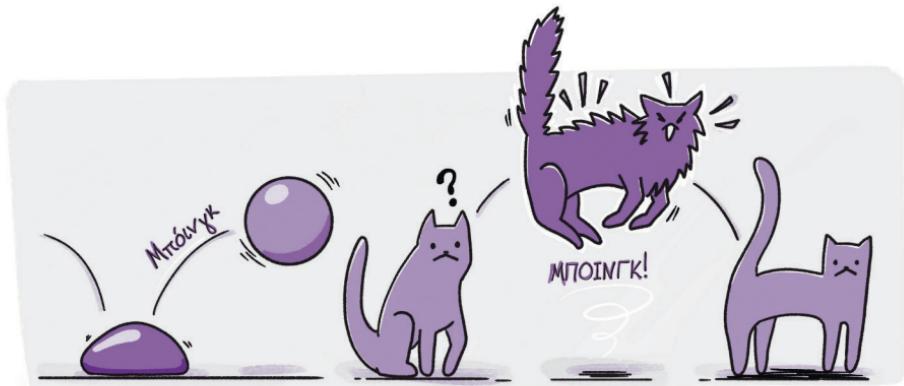
Μπορούν να είναι:

ΕΛΑΣΤΙΚΟ

ΠΛΑΣΤΙΚΟ

ΣΠΙΤ ΞΙΜΕΝΟ

Όταν οι χάτες τρομάζουν, είναι όπως ένα ελαστικό στερεό.



Όπως μία πλαστικένια μπάλα, οι χάτες "επιστρέφουν" στο αρχικό τους σχήμα αφότου έχουν υποστεί τάση και παραμόρφωση.



Αυτή η ικανότητα της επιστροφής στο αρχικό τους σχήμα ονομάζεται "ελαστικότητα".



Μερικά στερεά, όπως ο πηλός, δεν επιστρέφουν στο αρχικό τους σχήμα.

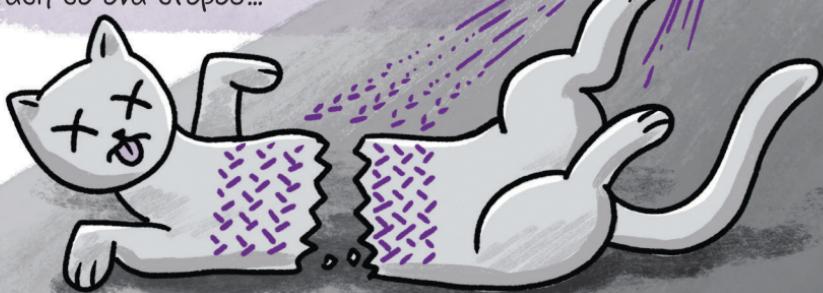
Αντιθέτως, η τάση πάνω σε ένα πλαστικό στερεό το τεντώνει ή το συνθλίβει. Το στερεό παραμένει σε αυτή τη μορφή μέχρι μια νέα τάση να εφαρμοστεί πάνω του.

Αυτή η ικανότητα της αλλαγής σχήματος ονομάζεται "πλαστικότητα".

Οι γάτες ξεκινούν ως ελαστικό μέχρι να φτάσουν σε ένα τάση διαρροής, μία ποσότητα ή ένα ρυθμό τάσης που τους προκαλεί να σταματήσουν να αναπηδούν και τότε γίνονται πλαστικό.



Όμως εάν εφαρμόσεις πολύ μεγάλη τάση σε ένα στερεό...



... στο τέλος θα σπάσει.



Μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα οι γάτες συμπεριφέρονται όπως ένα υχρό, παίρνοντας το σχήμα του δοχείου τους.

Σε σύγκριση με το νερό,  
οι γάτες είναι πιο  
παχύρευστες - είναι  
πιο πηχτές.



Ένα υχρό χαμηλού ιξώδους είναι  
πιο λεπτό, και ρέει χρήσορα  
όπως το νερό ή το γάλα.

Έχουν υψηλότερο ιξώδες  
και ρέουν πιο αρχά όπως  
το μέλι ή η μελάσα.



Πώς βρίσκουμε την σχέση μεταξύ τάση και παραμόρφωσης σε  
ένα υχρό; Είναι δύσκολο!

Τα υχρά βρίσκονται μονίμως σε κίνηση, οπότε η ποσότητα της παραμόρφωσης συνεχώς αλλάζει.

Αντ' αυτού μπορούμε να κοιτάξουμε το πόσο χρήζορα αλλάζει η παραμόρφωση. Πόσο χρήζορα αλλάζει σχήμα το υχρό;  
Αυτό ονομάζεται ρυθμός παραμόρφωσης.



Το ιξώδες δίνει την σχέση μεταξύ τάσης και ρυθμού παραμόρφωσης. Μας

δίει το πόση τάση θα χρειαζόταν για να αλλάξεις το πόσο χρήζορα κινείται το υχρό.



Ένα υλικό με χαμηλό ιξώδες, όπως το νερό, δεν χρειάζεται πολλή προσπάθεια για να αλλάξει τον ρυθμό παραμόρφωσής του. Όμως ένα υλικό με υψηλό ιξώδες, όπως η γάτα, απαιτεί πο πολλή τάση για να αλλάξει ο ρυθμός παραμόρφωσής του.



(Το ιξώδες μπορεί να γίνει ακόμη πο πολύπλοκο όταν αλλάζεις το περιβάλλον, όπως για παράδειγμα όταν αλλάζεις την θερμοκρασία. Για παράδειγμα, το ζεστό μέλι ρέει πο χρήζορα από το κρύο μέλι.)

Πολλά πράγματα έχουν ένα συνδυασμό από ελαστική, πλαστική και παχύρευστη συμπεριφορά, ακριβώς όπως οι γάτες.

### ΙΞΩΔΟΠΛΑΣΤΙΚΟ



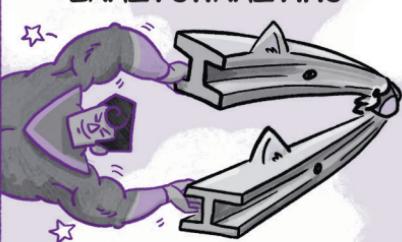
Ένα πλαστικό στερεό υπό χαμηλή τάση, και ένα ιξώδες υχρό υπό υψηλή τάση  
(π.χ. λάσπη, οδοντόπαστα, μαζίνες)

### ΙΞΩΔΟΕΛΑΣΤΙΚΟ



Ο ρυθμός παραμόρφωσης εξαρτάται από τον χρόνο: ελαστική συμπεριφορά σε μικρά χρονικά διαστήματα, παχύρευστη ροή σε μεγάλα χρονικά διαστήματα  
(π.χ. μια στρίβα βραστά μακαρόνια, κέτσαπ)

### ΕΛΑΣΤΟΠΛΑΣΤΙΚΟ



Στερεά με όριο τάσης: ελαστικό υπό χαμηλή τάση, πλαστικό (που ύστει) υπό υψηλή τάση  
(π.χ. ασοάλι)

### ΕΛΑΣΤΟΙΞΩΔΟΠΛΑΣΤΙΚΟ



Η συμπεριφορά εξαρτάται τόσο από την ποσότητα της τάσης όσο και από τον ρυθμό παραμόρφωσης  
(π.χ. λάβα)

Η συμπεριφορά τους εξαρτάται από πολύπλοκες σχέσεις μεταξύ τάσης και παραμόρφωσης, και χι' αυτό μπορούν να κάνουν πράγματα που φαίνονται απροσδόκητα και απρόβλεπτα!



Μερικές φορές περισσότερη τάση δεν ισοδυναμεί με περισσότερη παραμόρφωση.



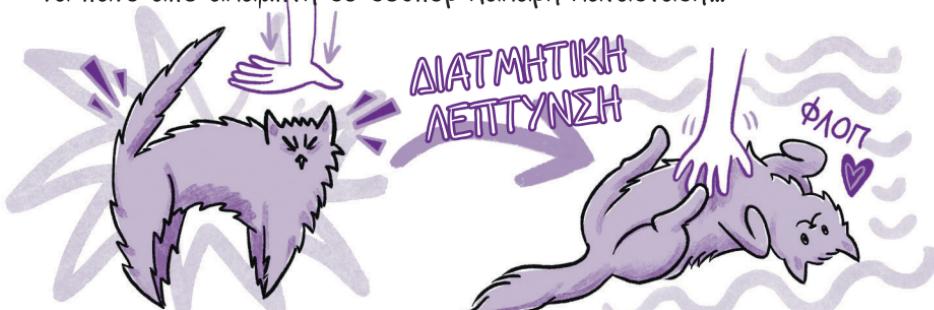
### ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΠΑΧΥΝΣΗ

... σε ξαφνική αικαμψία και ετοιμότητα για επίθεση! Το ιξώδες τους αυξάνεται καθώς αυξάνεται ο ρυθμός διάτμησης και μεχάλη τάση μπορεί να προκαλέσει μικρή παραμόρφωση, που ονομάζεται διατμητική πάχυνση.

Εάν αυξήσεις την ποσότητα τάσης πάνω σε μία χάτα, η ποσότητα παραμόρφωσης δεν αυξάνεται πάντα. Αντιθέτως η χάτα μπορεί να αλλάξει από μία χαλαρή κατάσταση...

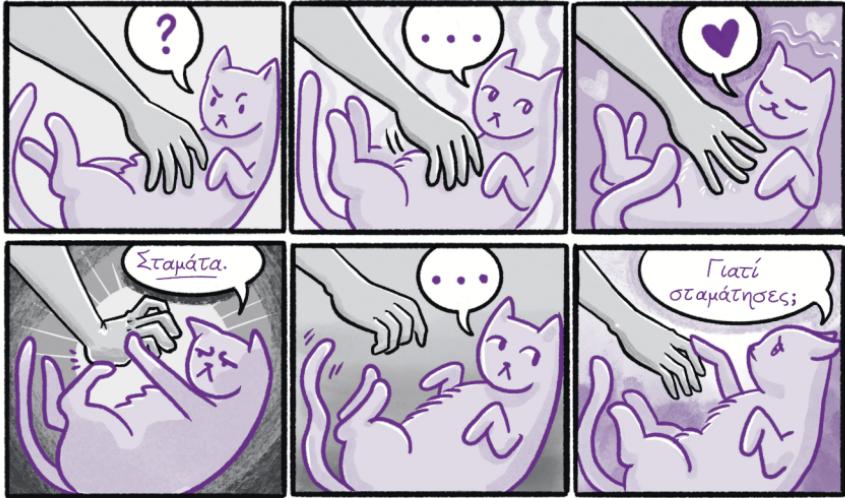


Όμως εφαρμόζοντας τάση μπορεί επίσης να βοηθήσει τις χάτες να πάνε από άκαμπτη σε σούπερ χαλαρή κατάσταση...



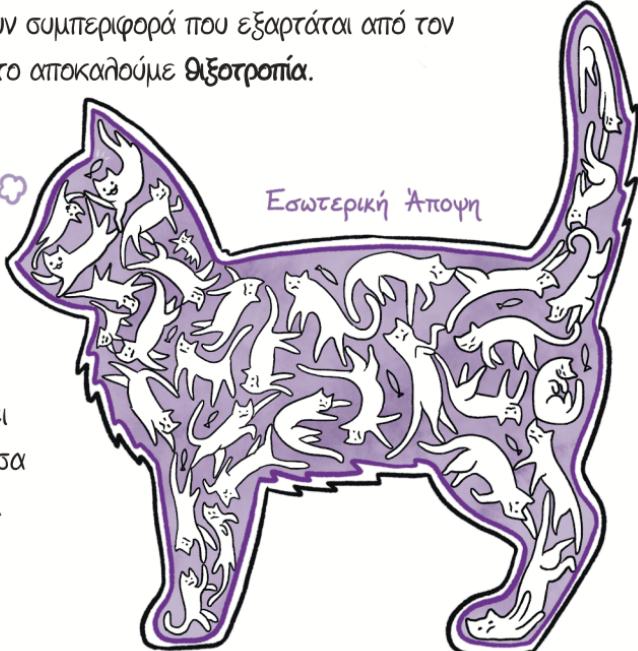
Το ιξώδες τους μειώνεται καθώς ο ρυθμός διάτμησης αυξάνεται και μικρές ποσότητες τάσης μπορούν να προκαλέσουν μεχάλη παραμόρφωση, που ονομάζεται διατμητική λέπτυνση.

Εάν εφαρμόσεις την ίδια τάση με τον ίδιο ρυθμό για μεχάνιο χρονικό διάστημα, μερικές φορές η συμπεριφορά της γάτας αλλάζει! Σαν να υπάρχει μία χρονική καθυστέρηση καθώς η γάτα αποφασίζει πώς θα αντιδράσει στην τάση.



Όταν τα υλικά έχουν συμπεριφορά που εξαρτάται από τον χρόνο, όπως εδώ, το αποκαλούμε θέξιτροπία.

Η θέξιτροπία συνήθως συμβαίνει επειδή η δομή μέσα στο υλικό αλλάζει με την πάροδο του χρόνου.





Συνήθως όταν ανακατεύεις ένα ρευστό πολύ υγρόχορο, αυτό πιτσιλάει και πετόχεται έξω προς όλες τις κατευθύνσεις (όπως τα αυχά στο μίξερ), όμως κάποια υπικά θα κολλήσουν στο μίξερ όπως η γάτα, ή και ακόμη θα το σκαρφαλώσουν!

Αυτό ονομάζεται το

## ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΓΑΪΖΕΝΜΠΕΡΓΚ (WEISSENBERG)



Το νερό κυλάει (ρέει) έξω από τη βρύση ομαλά, όμως κάποια ιξωδοελαστικά ρευστά θα αλλάξουν σχήμα και θα διογκωθούν καθώς αφήνουν το δοχείο.

Αυτό ονομάζεται

## ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΜΗΤΡΑΣ (DIE SWELL)

Τελικά τί είναι  
οι γάτες;

Οι Αρχαίοι Αιγύπτιοι  
πίστευαν ότι έχουν  
θεϊκή ενέργεια!

Θηλαστικά!!

Είναι προστάτες του  
Κάτω Κόσμου  
στην Κελτική  
παράδοση!

Υπερβολικά  
χαριτωμένα!

Τέταρτο ήδω  
στο Βιετναμέζικο  
γωδιακό κύκλο!



Μπορεί να μην καταλαβούμε ποτέ πλήρως γιατί οι γάτες συμπεριφέρονται έτσι, όμως ξέρουμε ότι ακολουθούν τους δικούς τους κανόνες, ακριβώς όπως κάνουν πολλά υπικά.

Υπάρχουν οικόμη πολλά που δεν καταλαβαίνουμε σχετικά με τα υπικά που βρίσκονται μεταξύ στερεού και υγρού. Η ρεολογία μας δείχνει ότι αυτές οι πολύπλοκες συμπεριφορές εξαρτώνται από την σχέση μεταξύ τάσης και παραμόρφωσης, και το πώς αυτές αλλάζουν με τον χρόνο. Όμως κάθε υπικό είναι πίσω διαφορετικό, ακριβώς όπως κάθε γάτα!

Ποιά είναι η αγαπημένη σου;



## ΓΛΩΣΣΑΡΙ:

**ΡΕΟΛΟΓΙΑ** - η μελέτη του πώς τα πράγματα ρέουν (κυλούν) σε διαφορετικές συνθήκες (ειδικά για υλικά που δεν είναι απολύτως στερεά, υγρά ή αέρια)

**ΤΑΣΗ** - η ποσότητα της δύναμης (ή πίεσης) που εφαρμόζεται σε ένα υλικό

**ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ** - το πόσο αλλάζει το σχήμα του ένα υλικό

**ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΣΤΕΡΕΟ** - ένα υλικό που διατηρεί το σχήμα του και επιστρέφει στο αρχικό του σχήμα μετά από την εφαρμογή τάσης πάνω του

**ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΣΤΕΡΕΟ** - ένα υλικό που διατηρεί το σχήμα του αλλά δεν επιστρέφει στο αρχικό του σχήμα μετά από την εφαρμογή τάσης πάνω του

**ΤΑΣΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ** - η μέχιστη ποσότητα τάσης που ένα ελαστικό υλικό μπορεί να δεχτεί προτού μετατραπεί σε πλαστικό υλικό

**ΥΛΙΚΟ ΣΕ ΘΡΑΥΣΗ** - ένα υλικό που διατηρεί το σχήμα του αλλά έχει ραχίσει, σπάσει ή σκιστεί στα δύο

**ΙΞΩΔΕΣ ΡΕΥΣΤΟ** - ένα υλικό που ρέει και παίρνει το σχήμα του δοχείου του

**ΙΞΩΔΕΣ** - πόσο "λεπτό" είναι ένα υλικό, μια μέτρηση της σχέσης μεταξύ τάσης και ρυθμού παραμόρφωσης. Μας θέλει πόση τάση χρειάζεται για να αλλάξει το πόσο δρήγορα κινείται το υλικό

**ΡΥΘΜΟΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ** - πόσο δρήγορα αλλάζει η παραμόρφωση, πόσο δρήγορα κινείται και αλλάζει σχήμα το υλικό

**ΙΞΩΔΟΠΛΑΣΤΙΚΟ** - συμπεριφέρεται όπως ένα πλαστικό υλικό σε χαμηλή τάση και όπως ένα υγρό σε υψηλή τάση (π.χ. λάσπη, οδοντόπαστα, μαχιονεζά)



**ΙΞΩΔΟΕΛΑΣΤΙΚΟ** - έχει ένα ρυθμό παραμόρφωσης που εξαρτάται από τον χρόνο: ελαστική συμπεριφορά σε μικρά χρονικά διαστήματα, παχύρευση ροή σε μεγάλα χρονικά διαστήματα (π.χ. μία στοίβα από βραστά μακαρόνια, κέτσαπ)

**ΕΛΑΣΤΟΠΛΑΣΤΙΚΟ** - έχει όριο τάσης: είναι ελαστικό σε χαμηλή τάση και πλαστικό σε υψηλή τάση (π.χ. ατσάλι)

**ΕΛΑΣΤΟΙΞΩΔΟΠΛΑΣΤΙΚΟ** - η συμπεριφορά του αλλάζει και εξαρτάται τόσο από την ποσότητα τάσης όσο και από τον ρυθμό παραμόρφωσης (π.χ. λάβα)

**ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΠΑΧΥΝΣΗ** - όταν το ίξωδες αυξάνεται καθώς αυξάνεται ο ρυθμός διάτμησης, και μεγάλη τάση μπορεί να προκαλέσει μικρή παραμόρφωση

**ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΛΕΠΤΥΝΣΗ** - όταν το ίξωδες μειώνεται καθώς αυξάνεται ο ρυθμός διάτμησης, και μικρή τάση μπορεί να προκαλέσει μεγάλη παραμόρφωση

**ΘΙΣΤΟΡΤΙΑ** - όταν η ίδια τάση μπορεί να προκαλέσει διαφορετική συμπεριφορά με την πάροδο του χρόνου, ένα φαινόμενο "χρονικής καθιστέρησης" ή "μνήμης" που συνήθως προκαλείται από την εσωτερική δομή των υλικών

**ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΓΑΪΖΕΝΜΙΤΕΡΓΚ (WEISSENBERG)** - όταν ανακατεύοντας ένα υλικό, αυτό σκαρφαλώνει στον αναδευτήρα αντί να πεταχτεί μακριά από αυτόν

**ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΜΗΤΡΑΣ (DIE SWELL)** - όταν καθώς ένα υλικό ρέει έχω από μία βρύση ή ένα δοχείο, το υλικό διογκώνεται σε μέχεθος

## Ρεολογία Κόμικ No.1

Η ρεολογία είναι η μελέτη του πώς κυλούν τα πράγματα (ρέω = κυλώ, λόγος = μελέτη).

Τα πάντα ρει - όλα κυλάνε!

Εμπνευσμένο από το βραβευμένο με Βραβείο IgK Νόμπελ άρθρο του M.A. Φαρντίν "Σχετικά με την ρεολογία των γατών" (2014), αυτό το κόμικ περιγράφει τις βασικές έννοιες της ρεολογίας με τη βοήθεια των αχαππημένων μας αιλουροειδών.



Χρηματοδοτήθηκε από τη Επιχειρηματικό Ταμείο Ρεολογίας της Κοινωνίας της Ρεολογίας (Society of Rheology) των Ηνωμένων Πολιτειών την Αμερικής.



Μόλις περισσότερα πάνω στην Ρεολογία ακολουθώντας τον παρακάτω QR κωδικό (κωδικό ταχείας απόκρισης).

Αυτό το κόμικ είναι επίσης  
διαθέσιμο στα:

English • 日本語

Français • فارسی

Περισσότερα έρχονται σύντομα!

