

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 Ιγκ Νόμπελ άρθρο του Μ.Α. Φαρντίν "Σχετικά με την ρεολογία των χατών" (2014), αυτό το κόμικ περιγράφει τις βασικές έννοιες της ρεολογίας με τη βοήθεια των αγαπημένων μας αιλουροειδών.



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



Μάθε 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
العربية • Español



Περισσότερα έρχονται σύντομα!

Είναι οι Γάτες Υγρό ή Στερεό;



Η Ρεολογία

της

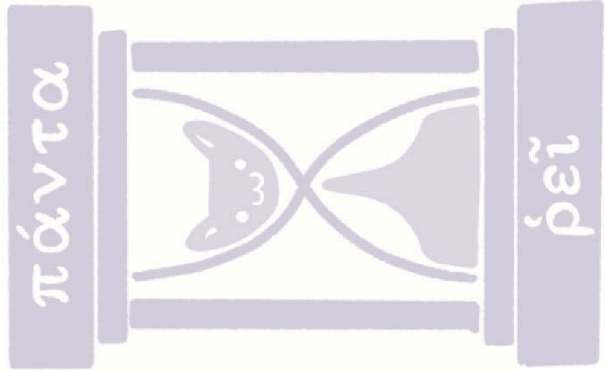
Γάτας



Των Ρόμπτ Κάμπελ και Κάρολαϊν Μάρτιν

Μετάφραση: Φωτεινή Δελησάββα

Ευχαριστούμε την Κοινωνία της Ρεολογίας των Η.Π.Α. (Society of Rheology), τον Μ.Α. Φαρντίν, και τους συμβούλους εκπαίδευσης Βικτόρια Ράσελ και Κέλι Μπρισέλι.



2023

v1.1

ΓΛΩΣΣΑΡΙ:

- ΡΕΟΛΟΓΙΑ** – η μελέτη του πώς τα πρόγματα 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 αλλιάζει 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 μέγιστη 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
- ΕΙΣΩΔΕΣ ΡΕΥΣΤΟ** – ένα υλικό που ρέει και παίρνει το σχήμα του δοχείου του
- ΕΙΣΩΔΕΣ** – πόσο "λεπτό" είναι ένα υλικό, μια μέτρηση της σχέσης μεταξύ τάσης και ρυθμού παραμόρφωσης. Μας λέει πόση τάση χρειάζεται για να αλλιάξει το πόσο χρήσρα κινείται το υλικό
- ΡΥΘΜΟΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ** – πόσο χρήσρα αλλιάζει η παραμόρφωση, πόσο χρήσρα κινείται και αλλιάζει σχήμα το υλικό
- ΕΙΣΩΔΟΠΛΑΣΤΙΚΟ** – συμπεριφέρεται όπως ένα πλαστικό υλικό σε χαμηλή τάση και όπως ένα υγρό σε υψηλή τάση (π.χ. λάσπη, οδοντόπαστα, μαγιονέζα)



- ΕΙΣΩΔΕΛΑΣΤΙΚΟ** – έχει ένα ρυθμό παραμόρφωσης που εξαρτάται από τον χρόνο: ελαστική συμπεριφορά σε μικρά χρονικά διαστήματα, παχύρρευστη ροή σε μεγαλύτερα 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)
- ΕΛΑΣΤΟΕΙΣΩΔΟΠΛΑΣΤΙΚΟ** – η συμπεριφορά του αλλιάζει και εξαρτάται τόσο από την ποσότητα τάσης όσο και από τον ρυθμό παραμόρφωσης (π.χ. λάβα)
- ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΠΑΧΥΝΣΗ** – όταν το ιξώδες αυξάνεται καθώς αυξάνεται ο ρυθμός διάτμησης, και μεγάλη τάση μπορεί να προκαλέσει μικρή παραμόρφωση
- ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΛΕΠΤΥΝΣΗ** – όταν το ιξώδες μειώνεται καθώς αυξάνεται ο ρυθμός διάτμησης, και μικρή τάση μπορεί να προκαλέσει μεγάλη παραμόρφωση
- ΘΙΣΤΡΟΠΙΑ** – όταν η ίδια τάση μπορεί να προκαλέσει διαφορετική συμπεριφορά με την πάροδο του χρόνου, ένα φαινόμενο "χρονικής καθυστέρησης" ή "μνήμης" που συνήθως προκαλείται από την εσωτερική δομή των υλικών
- ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΓΑΪΖΕΝΜΠΕΡΓΚ (WEISSENBERG)** – όταν ανοικτατεύοντας ένα υλικό, αυτό σκαφαλώνει στον αναδευτήρα αντί να πεταχτεί μακριά από αυτόν
- ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΜΗΤΡΑΣ (DIE SWELL)** – όταν καθώς ένα υλικό ρέει έξω από μια βρύση ή ένα δοχείο, το υλικό διογκώνεται σε μέγεθος

Τελικά τί είναι
οι γάτες;

Οι Αρχαίοι Αιγύπτιοι
πίστευαν ότι έχουν
θείκή ενέργεια!

Θηλαστικά!!

Είναι προστάτες του
Κάτω Κόσμου
στην Κελτική
παραδόση!

Υπερβολικά
χαριτωμένα!

Τέταρτο Σώο
στο Βιενναμέζικο
Σωδιακό κύκλο!



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



Υπάρχουν ακόμη πολλά που δεν καταλαβαίνουμε σχετικά με τα υλικά 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 υλικό είναι λίγο διαφορετικό, ακριβώς όπως κάθε γάτα!

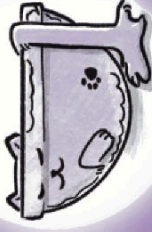
Ποιά είναι η αγαπημένη σου;

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.

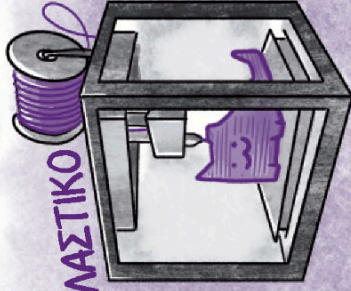
Ένας ρεολόγος μελετά το πόσο "στερεό" ή "υγρό" είναι κάτι, και χρησιμοποιεί αυτή την πληροφορία για να φτιάξει υλικά με ειδικές "δουληχτές" ιδιότητες!

Αντικείμενα όπως...

ΧΑΙΤΑΤΑΖΑ



ΠΛΑΣΤΙΚΟ



ΤΣΙΜΕΝΤΟ



ΠΟΥΤΙΓΚΑ



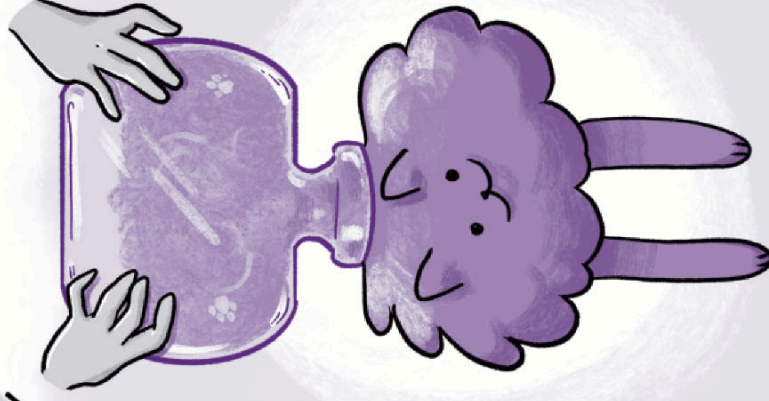
Οι ρεολόγοι μετράνε πώς συμπεριφέρεται ένα υλικό με την πάροδο του χρόνου καιώντας την τάση και την παραμόρφωση.

Τι σημαίνει αυτό;

Συνήθως όταν ανακατεύεις ένα ρευστό πολύ χρήσπρα, αυτό πιτσιλάει και πετάχεται έξω προς όλες τις κατευθύνσεις (όπως τα αυγά στο μίξερ), όμως κάποια υλικά θα κολλήσουν στο μίξερ όπως η χάτα, ή και ακόμη θα το σκαρφαλώσουν!

Αυτό ονομάζεται το

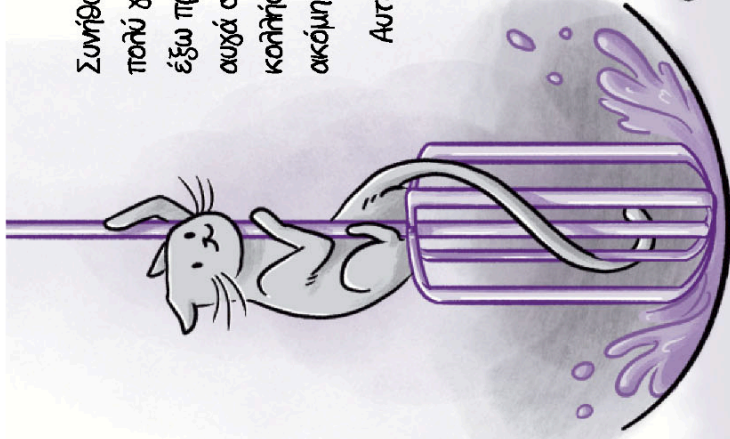
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΓΑΪΖΕΝΜΠΕΡΓΚ (WEISSENBERG)



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

Αυτό ονομάζεται

ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΜΗΤΡΑΣ (DIE SWELL)



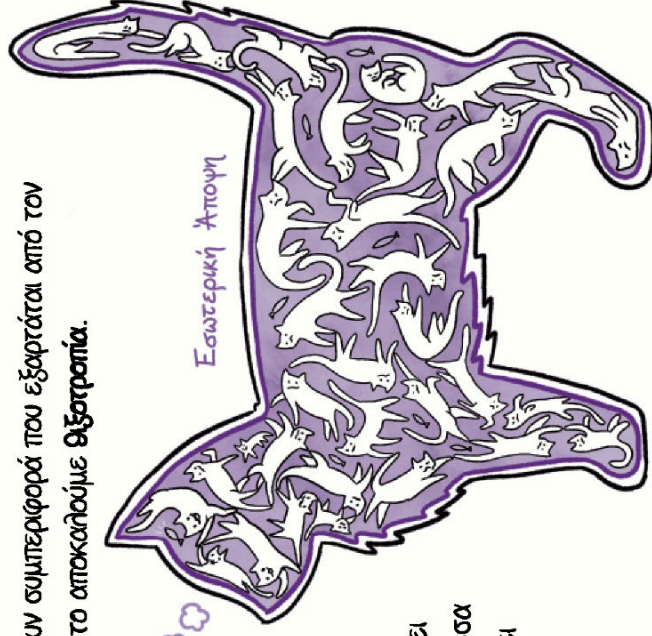
Εάν εφαρμόσεις την ίδια τάση με τον ίδιο ρυθμό για μεγάλο χρονικό διάστημα, μερικές φορές η συμπεριφορά της γάτας αλλάζει! Ξαν να υπάρχει μία χρονική καθυστέρηση καθώς η γάτα αποφορτίζει πώς θα αντιδράσει στην τάση.



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

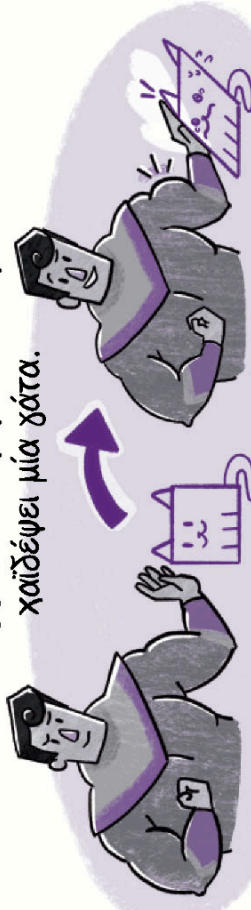


Η θιξοτροπία συνήθως συμβαίνει επειδή η δομή μέσα στο υλικό αλλάζει με την πάροδο του χρόνου.



Εσωτερική Άποψη

Φαντάσου έναν διάντιο υπερήρωα που προσπαθεί να χαϊδέψει μία γάτα.



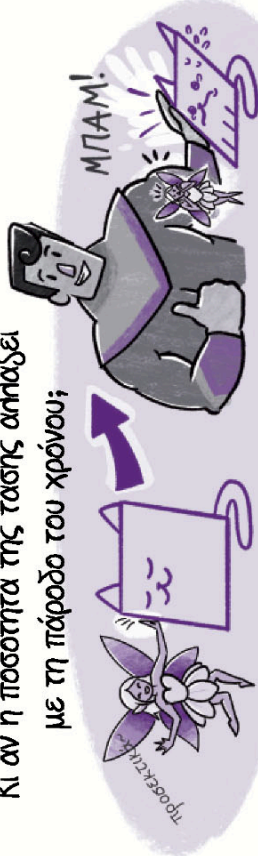
Η ένταση αυτού του χαϊδέψιμου ονομάζεται **τάση**. Η γάτα που δουλεύεται (αλλάζουν το σχήμα της) ονομάζεται **παραιμόρφωση**. Μεγάλη τάση προκαλεί μεγάλη παραιμόρφωση.

Φαντάσου μία μικροσκοπική νεράιδα που προσπαθεί να χαϊδέψει μία γάτα.



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

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



Το πώς αλλάζουν με τον χρόνο η τάση και η παραιμόρφωση, και εάν συμβαίνει χρήσρα ή αργά, είναι σημαντικό στην ρεολογία.

Συνήθως η τάση και η παραιμόρφωση αλλάζουν μαζί - όσο πιο μεγάλη η τάση, τόσο πιο μεγάλη η παραιμόρφωση - 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 γάτες συμπεριφέρονται όπως ένα στερεό.

Μπορούν να είναι:

ΕΛΑΣΤΙΚΟ

ΟΡΘΟΣΤΙΚΟ

ΚΛΙΣΜΕΝΟ

Όταν οι γάτες τρομάζουν, είναι όπως ένα ελαστικό στερεό.



Όπως μία πλαστική μπάλα, οι γάτες "επιστρέφουν" στο αρχικό τους σχήμα αμέσως μόλις υποστεί τάση και παραμόρφωση.

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



Μερικές φορές περισσότερη τάση δεν ισοδυναμεί με περισσότερη παραμόρφωση.

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



ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΠΑΧΥΝΣΗ

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

Όμως εφαρμόζοντας τάση μπορεί επίσης να βοηθήσεις τις γάτες να πάνε από άκαιπτη σε σούπερ χαλαρή κατάσταση...



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

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

ΙΞΩΔΟΠΛΑΣΤΙΚΟ



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

ΙΞΩΔΟΕΛΑΣΤΙΚΟ



Ο ρυθμός παραμόρφωσης εξαρτάται από τον χρόνο: ελαστική συμπεριφορά σε μικρά χρονικά διαστήματα, παχύρρευστη ροή σε μεγάλα χρονικά διαστήματα (π.χ. μια σταβλή βροστά μακαρόνια, κέτσαπι)

ΕΛΑΣΤΟΠΛΑΣΤΙΚΟ



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

ΕΛΑΣΤΟΙΞΩΔΟΠΛΑΣΤΙΚΟ



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

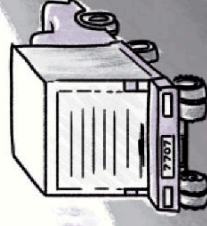
Η συμπεριφορά τους εξαρτάται από πολύπλοκες σχέσεις μεταξύ τάσης και παραμόρφωσης, και δι' αυτό μπορούν να κάνουν πράγματα που φαίνονται απροσδόκιστα και απρόβλεπτα!



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.

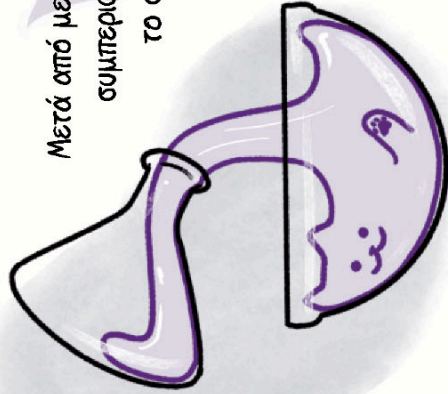


Όμως εάν εφαρμοστεί πολύ μεγάλη τάση σε ένα στερεό...



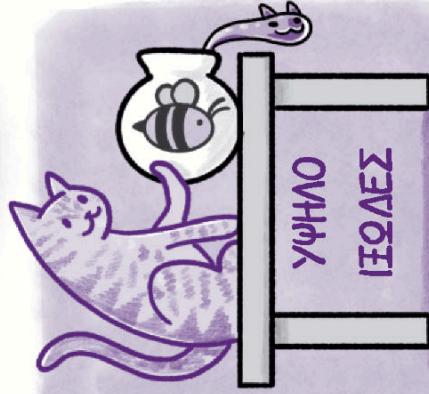
... στο τέλος θα σπάσει.

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



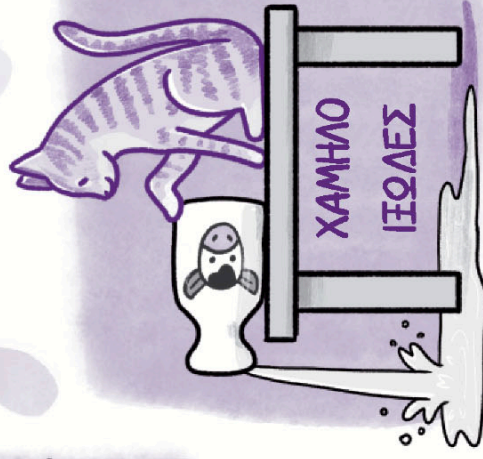
Σε σύγκριση με το νερό, οι χάτες είναι πιο παχύρρευστες - είναι πιο πηχτές.

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



Ένα υγρά χαμηλού ιξώδους είναι πιο λεπτό, και ρέει χρήρα όπως το νερό ή το χάλκι.

Τίως βρίσκουμε την σχέση μεταξύ τάση και παραμόρφωσης σε ένα υγρά; Είναι δύσκολο!

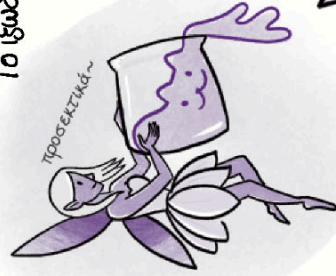


Τα υγρά βρίσκονται μονίμως σε κίνηση, οπότε η ποσότητα της παραμόρφωσης συνεχώς αλλάζει.

Αν' αυτού μπορούμε να καιτάσουμε το πόσο χρήρα αλλάζει η παραμόρφωση. Πόσο χρήρα αλλάζει σχήμα το υγρά; Αυτό ονομάζεται ρυθμός παραμόρφωσης.



Το ιξώδες δίνει την σχέση μεταξύ τάσης και ρυθμού παραμόρφωσης. Μας λέει το πόση τάση θα χρειάζονται για να αλλάξεις το πόσο χρήρα κινείται το υγρά.



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

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