



Hydraulics - Υδραυλική CIV 224

5 ECTS - Ώρες διδασκαλίας 4: Θεωρία 3 ώρες, Εργαστήριο/Φροντιστήριο 1 ώρα

Διδάσκοντας: Δρ. Ευάγγελος Ακύλας
(www.evangelosakylas.weebly.com)



Περιγραφή Μαθήματος

Στοιχεία μηχανικής των ρευστών. Βασικές ιδιότητες ρευστών. Υδροστατική. Παραμόρφωση ρευστού στοιχείου. Γενικές διαφορικές εξισώσεις συνέχειας και κίνησης (Navier-Stokes). Ιδανικά ρευστά. Εξίσωση Bernoulli. Αριθμός Reynolds. Στρωτή και τυρβώδης ροή. **Ροή σε κλειστούς αγωγούς υπό πίεση.** Κατανομές ταχύτητας ροής κοντά σε στερεό όριο. Εξισώσεις τυρβώδους ροής. Τυρβώδεις τάσεις. Κατανομές ταχυτήτων ροής. Θεωρητική ανάλυση της ροής σε σωλήνες υπό πίεση. Είσοδος σε σωλήνα. – Μήκος εισόδου - Ομοιόμορφη ροή. Εξίσωση Darcy-Weisbach Απώλειες ενέργειας εξαιτίας τριβών. Κατανομή διατμητικών τάσεων. Κατανομή ταχυτήτων ροής και συντελεστής τριβών σε στρωτή και τυρβώδη ροή. Διάγραμμα Moody. Εμπειρικές εξισώσεις υπολογισμού. Ροή υπό πίεση σε αγωγούς μη κυκλικής διατομής. Υδραυλική ακτίνα και διάμετρος. Εξίσωση υπολογισμού γραμμικών απωλειών ενέργειας. **Ροή σε Αγωγούς με Ελεύθερη Επιφάνεια.** Εισαγωγή και θεωρητική ανάλυση της ροής με ελεύθερη επιφάνεια. Χαρακτηριστικά και εξισώσεις μόνιμης ροής. Εξισώσεις ομοιόμορφης ροής και εξίσωση Manning. Υπολογισμός ομοιόμορφου βάθους. Κρίσιμη ροή. Εξισώσεις ειδικής ενέργειας και δύναμης. Υπολογισμός κρίσιμου βάθους. Εφαρμογές.

Ενδεικτική Βιβλιογραφία

Α. Παπαϊωάννου, “Μηχανική των Ρευστών”, τόμοι Ι και ΙΙ, Εκδόσεις Κοράλι, 2002.

Γ. Τερζίδης, “Υδραυλική”, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Α. Στάμου, Εφαρμοσμένη Υδραυλική, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2012.

E. Brater, H. King, J. Lindell, C. Wei, “**Handbook of Hydraulics**”, McGraw Hill, 1996.

E. Featherston and C. Nalluri, “**Civil Engineering Hydraulics**”, Blackwell Science, 1995.

Υ. Nakayama, “**Introduction to Fluid Mechanics**”, Butterworth-Heinemann, 1999.

E. Schaughnessy, I. Katz, J. Schaffer, “**Introduction to Fluid Mechanics**”, Oxford University Press, 2005.

Χρήσιμοι Σύνδεσμοι

Γεώργιος Παπαευαγγέλου:

http://blogs.sch.gr/geopapaevan/files/2009/08/shmeioseis_general_3.pdf

Σημειώσεις Υδραυλικής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ:

<http://www.civil.auth.gr/content/view/141/102/lang,el/>

Σημειώσεις Υδραυλικής, Παν/μιο Θράκης:

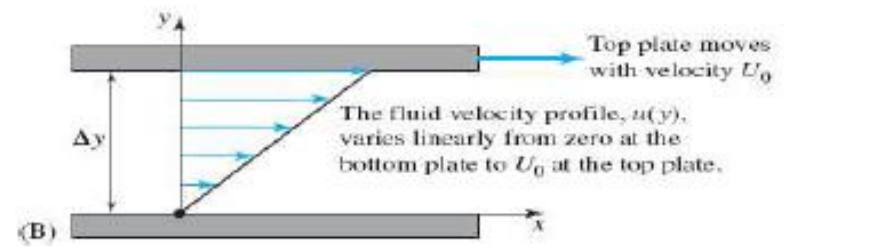
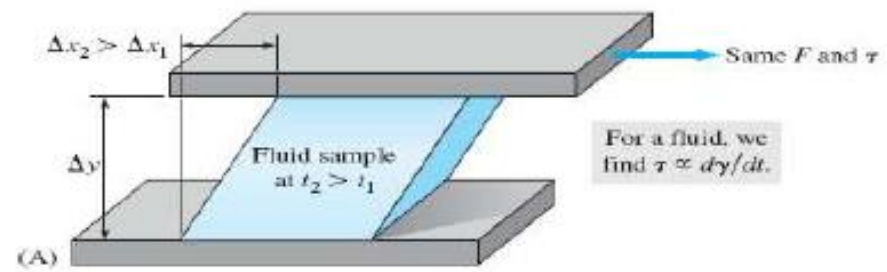
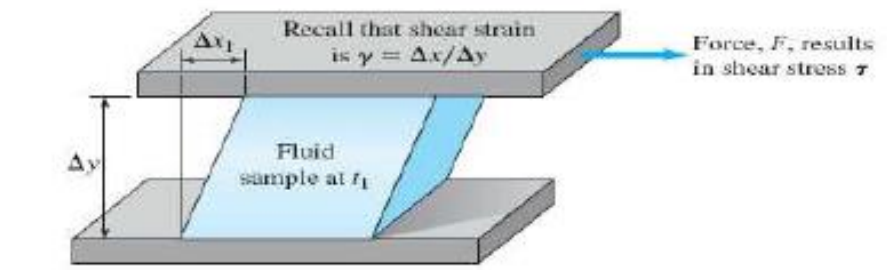
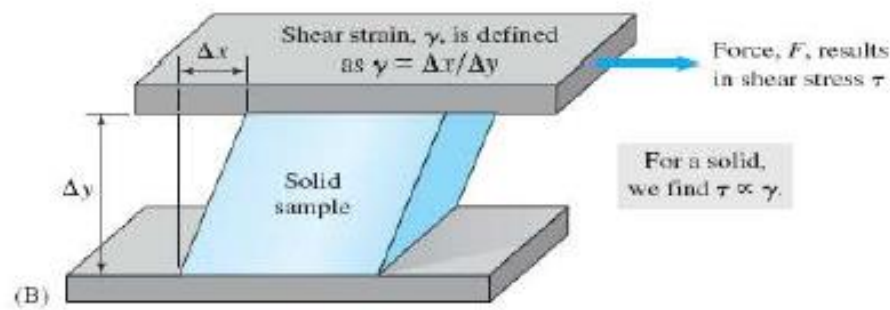
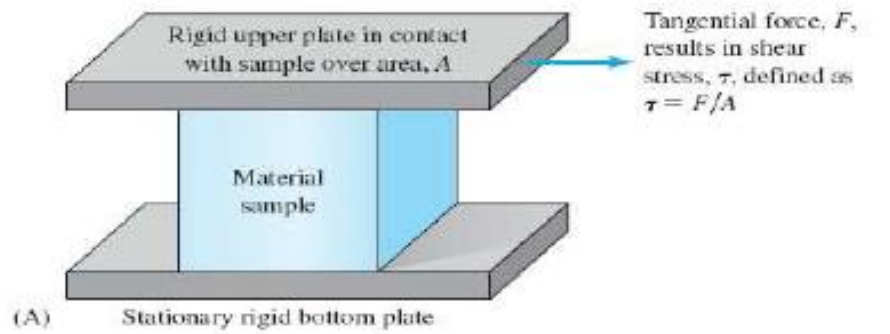
<http://repository.edulll.gr/edulll/handle/10795/1296>

Αξιολόγηση

*Η παρακολούθηση είναι υποχρεωτική με μέγιστο όριο απουσιών το 25% των ωρών του μαθήματος. Δίνεται μία ενδιάμεση εξέταση στο μέσο της ακαδημαϊκής περιόδου που αποτελεί το 25% της συνολικής βαθμολογίας. Θα δοθούν 5 συνολικά ασκήσεις-εργασίες που θα αποτελέσουν το 15% της συνολικής βαθμολογίας. Η τελική εξέταση αποτελεί το 50% της συνολικής βαθμολογίας. Η συμμετοχή στις εργαστηριακές ασκήσεις και ο βαθμός των πειραματικών εκθέσεων που παραδίδονται εβδομαδιαία αποτελεί το τελικό 10% της συνολικής βαθμολογίας του μαθήματος. **Η ολοκλήρωση των εργαστηριακών ασκήσεων (βαθμός ίσος ή μεγαλύτερος του 5) είναι υποχρεωτική για την επιτυχή συνολική αξιολόγηση.***

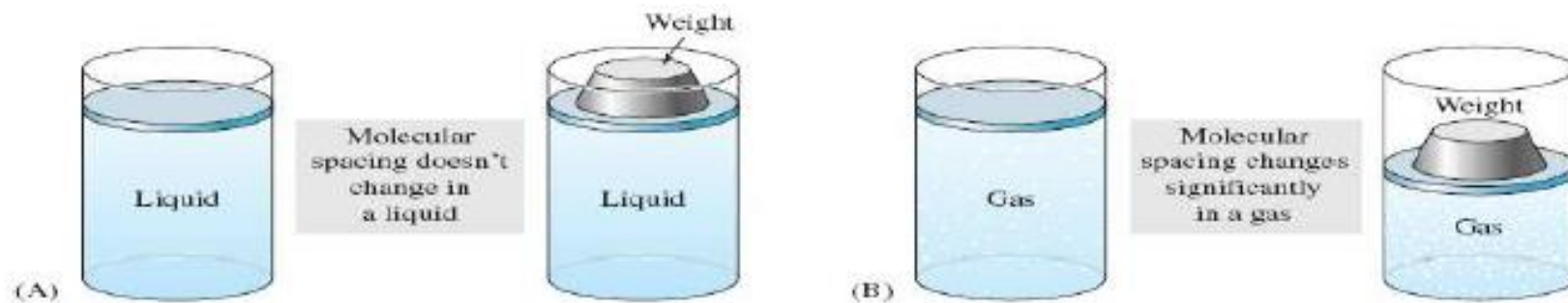
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΡΕΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

- Η ύλη βρίσκεται συνήθως σε **στερεή** ή **ρευστή** κατάσταση
- Ένα **στερεό** διατηρεί ένα συγκεκριμένο σχήμα αν οι δυνάμεις που επιδρούν απάνω του είναι σταθερές στον χρόνο
- Ένα **ρευστό** διακρίνεται για την ευκολία που αλλάζει σχήμα. Αυτή η συνεχής παραμόρφωση προκαλεί την κίνηση των ρευστών (**ροή**)



Τα πιο συνηθισμένα ρευστά στην φύση είναι το **νερό** (υγρό) και ο **αέρας** (αέριο)

- Η πυκνότητα των υγρών είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερη από την πυκνότητα των αερίων. Οι εξισώσεις που περιγράφουν την κίνηση τους είναι οι ίδιες.



Σχήμα 1. Διάκριση υγρών – αερίων ως προς τη συμπιεστότητα.

- Τόσο το νερό όσο και ο αέρας είναι πόροι απαραίτητοι για την επιβίωση των ανθρώπων και την καλή λειτουργία των οικοσυστημάτων.

- Τα ρευστά αποτελούν επίσης «λεωφόρους» για την διάδοση των ρύπων στο περιβάλλον
- Η κατανόηση της συμπεριφοράς των ρευστών είναι απαραίτητη για τον σχεδιασμό έργων που σχετίζονται με την διαχείριση των πόρων αυτών την επεξεργασία τους και την κατανόηση των μηχανισμών μεταφοράς τους στο περιβάλλον για να μπορούμε να προχωρήσουμε σε έναν ευνοϊκό σχεδιασμό διαφόρων παρεμβάσεων.

ΤΟ ΡΕΥΣΤΟ ΣΑΝ ΣΥΝΕΧΕΣ ΜΕΣΟ

- Τα μόρια του ρευστού χωρίζονται μεταξύ τους από κενά που είναι μεγαλύτερα από τα ίδια τα μόρια.
- Τα μόρια αυτά βρίσκονται σε συνεχή τυχαία κίνηση ακόμα και αν φαινομενικά (μακροσκοπικά) το ρευστό είναι ακίνητο.
- Ακόμα και αν τα μόρια βρίσκονται κοντά το ένα με το άλλο, οι ταχύτητες τους είναι διαφορετικές.

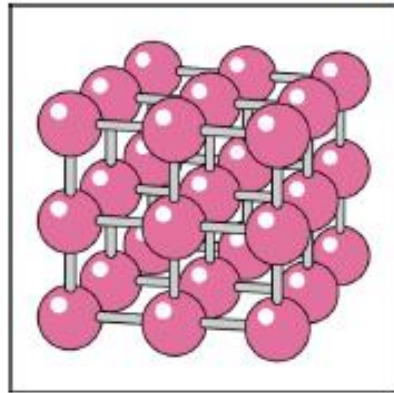
Μία μοριακή ασυνεχής θεώρηση των κινήσεων του ρευστού απαιτεί κοπιαστικές στατιστικές μεθόδους. Η προσέγγιση αυτή δεν ενδείκνυται συνήθως για πρακτικές εφαρμογές

- Εναλλακτική προσέγγιση: Αυτή του συνεχούς ρευστού:

Θεωρούμε τις μέσες ιδιότητες του ρευστού σε έναν μικρό όγκο. Αν ο όγκος αυτός έχει τέτοιες διαστάσεις ώστε να περιέχει ένα μεγάλο αριθμό μορίων, οι ιδιότητες του ρευστού είναι ανεξάρτητες από το μέγεθος του όγκου

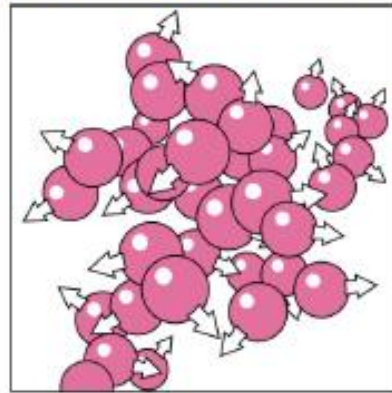
- Με την υπόθεση αυτή κάνουμε τις παραδοχές ότι το ρευστό αποτελείται από μία συνεχή ακολουθία μικρών όγκων οι οποίοι είναι αρκετά μικροί έτσι ώστε να μπορούν να θεωρούνται σημεία σε σχέση με την γεωμετρία της ροής.

Θεωρία Συνεχούς Μέσου – Μοριακή Δομή της Ύλης



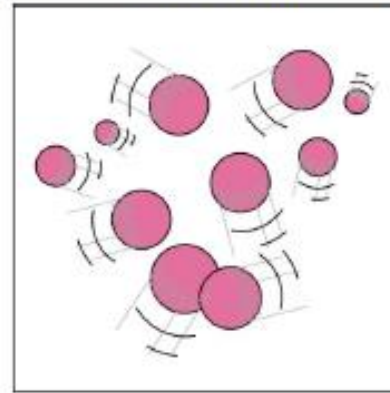
(a)

Στερεό



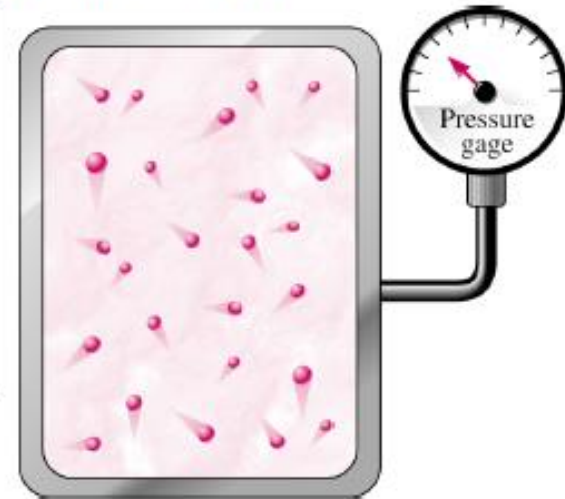
(b)

Υγρό

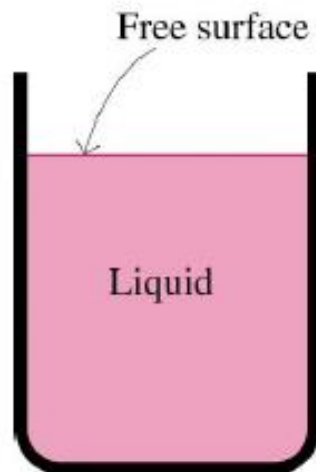


(c)

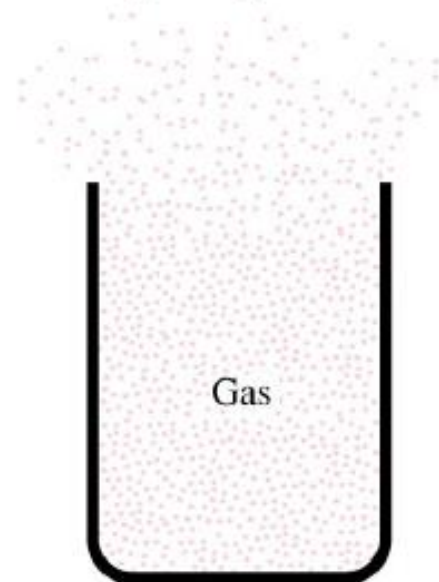
Αέριο



Τα στερεά έχουν την πιο συγκροτημένη δομή έχοντας συνήθως την μορφή κρυσταλλικού πλέγματος



Liquid



Gas

- Τα υγρά παίρνουν το σχήμα του δοχείου που τα περιβάλλει και δημιουργούν διεπιφάνειες με γειτονικά υγρά ή αέρια
- Τα αέρια καταλαμβάνουν όλον τον διαθέσιμο χώρο ενώ δεν δημιουργούν διεπιφάνειες μεταξύ τους

Πίνακας 1. Διάκριση στερεών – υγρών - αερίων

χαρακτηριστικό	στερεά	Ρευστά	
		υγρά	Αέρια
Απόκριση σε διατμητική τάση τ	$\tau=G/\gamma$, ανθίστανται στην παραμόρφωση	$\tau=\mu(dU/dy)$, ανθίστανται στον ρυθμό παραμόρφωσης	
Απόσταση μεταξύ γειτονικών μορίων	ελάχιστη	μικρή	Μεγάλη
Μοριακή διευσθέτηση	Κρυσταλλική δομή	Μόνο στην τάξη μεγέθους των μικρών αποστάσεων	Τυχαία
Μοριακές αλληλεπιδράσεις	έντονες	ενδιάμεσες	Χαμηλές
Προσαρμογή στο σχήμα του δοχείου	όχι	ναι	ναι
Επέκταση χωρίς όρια	όχι	όχι	ναι
Ελεύθερη επιφάνεια	ναι	ναι	όχι
Αντίσταση σε μικρή τάση	ναι	Θεωρητικά ναι, πρακτικά όχι	όχι
συμπιεστότητα	Ουσιαστικά μηδέν	Σχεδόν ασυμπίεστα	Ιδιαίτερα συμπιεστά

Ιδιότητες συνεχών ρευστών

- Θα παρουσιάσουμε σύντομα ορισμένες ιδιότητες των (συνεχών) ρευστών όπως πυκνότητα, ειδικό βάρος, ιξώδες, επιφανειακή τάση ...

Πυκνότητα

Η πυκνότητα ρ ορίζεται σαν μάζα ανά μονάδα όγκου. Μονάδα μέτρησης είναι kg/m^3 . Η πυκνότητα εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε διάφορα διαλυμένα σε αυτό άλατα και στερεά σωματίδια την θερμοκρασία και ενδεχομένως την πίεση.

$$\rho = dm/dV$$

Το ειδικό βάρος γ ορίζεται σαν βάρος ανά μονάδα όγκου. Μονάδα μέτρησης είναι το N/m^3 .

$$\gamma = dW/dV$$

Τα δύο παραπάνω μεγέθη συνδέονται με την σχέση:

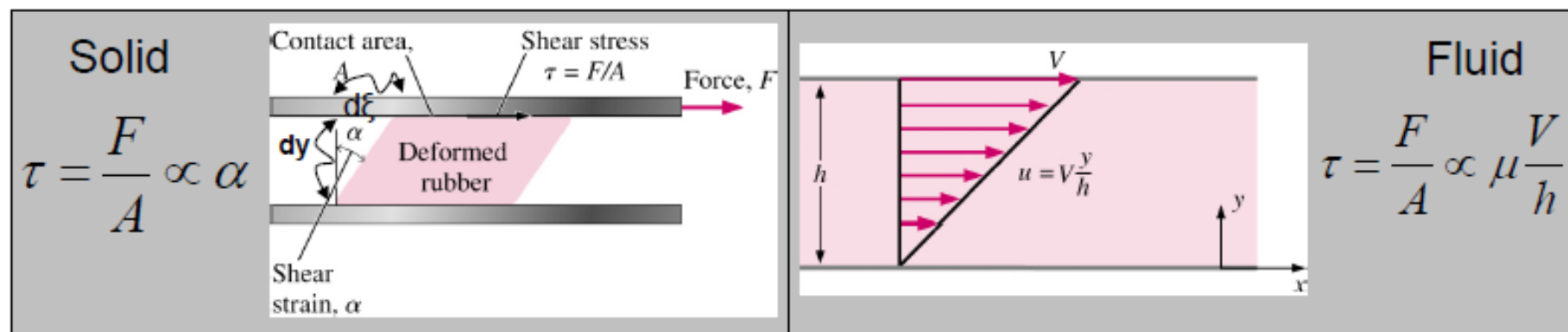
$$\gamma = \rho g$$

όπου g η επιτάχυνση της βαρύτητας

Το ιξώδες

- Εμπειρική παρατήρηση: Η αντίσταση στην παραμόρφωση ενός ρευστού εξαρτάται από το είδος του ρευστού.
- Για την ποσοτική περιγραφή της παραμόρφωσης αυτής εισάγουμε την φυσική ιδιότητα που λέγεται ιξώδες και συμβολίζεται διεθνώς με το ελληνικό γράμμα μ

Μηχανική Συμπεριφορά Στερεών και Ρευστών



ξ : μετατόπιση στην x διεύθυνση

u : ταχύτητα στην x διεύθυνση

$$\tau = G\alpha = G \frac{\xi + \frac{\partial \xi}{\partial y} dy - \xi}{dy} = G \frac{\partial \xi}{\partial y} = G \tan a \approx Ga$$

$$\tau = \mu \dot{\alpha} = \mu \frac{u + \frac{\partial u}{\partial y} dy - u}{dy} = \mu \frac{\partial u}{\partial y} = \mu \frac{\partial \xi}{\partial t \partial y} = \mu \frac{d}{dt} (\tan a) \approx \mu \dot{a}$$

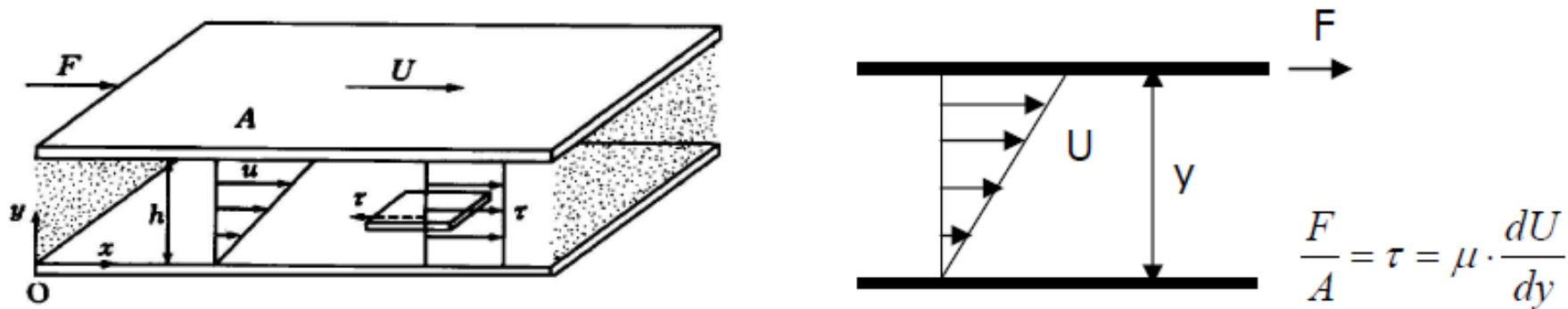
G : μέτρο διάτμησης a : παραμόρφωση

μ : ιξώδες \dot{a} : ρυθμός παραμόρφωσης

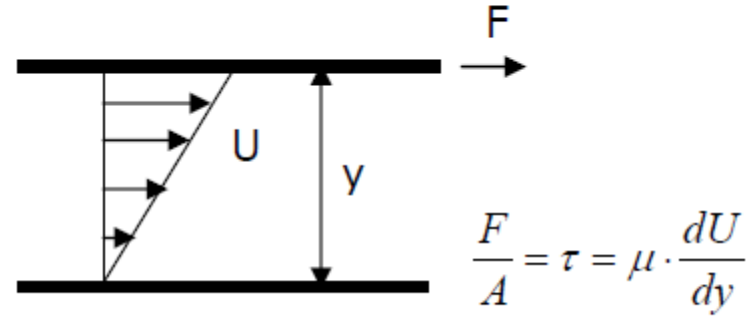
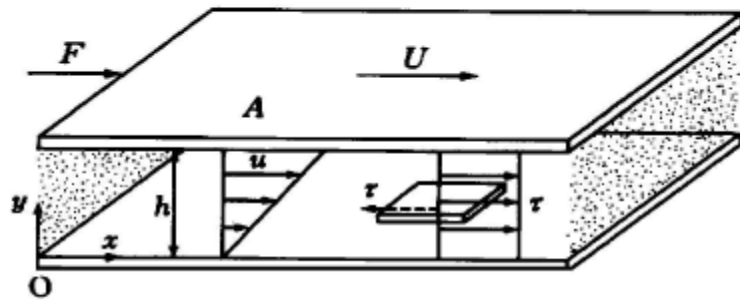
- Τα στερεά σώματα αντέχουν την εφαρμοζόμενη διάτμηση παραμορφούμενα και μετακινούμενα σε νέα θέση ισορροπίας – Η τάση είναι συνήθως ανάλογη της παραμόρφωσης (νόμος Hook)
- Τα υγρά δεν αντέχουν την εφαρμοζόμενη διάτμηση και συνεχίζουν να παραμορφώνονται όσο ασκείται η διάτμηση- Η τάση είναι συνήθως ανάλογη του ρυθμού παραμόρφωσης (Νευτωνικά ρευστά)

Πειραματικός προσδιορισμός του ιξώδους

- Θεωρούμε την διάταξη του σχήματος. Έχουμε μία λεκάνη με υγρό βάθους h . Στην επιφάνεια του ρευστού κινείται μία πλάκα με ταχύτητα U_0 . Με βάση την πειραματική αυτή διάταξη μπορούμε να προσδιορίσουμε το ιξώδες συναρτήσει των υπολοίπων μεγεθών της κίνησης του ρευστού



Σχήμα 4. Συμπεριφορά ρευστού σε διάτμηση – Ορισμός του ιξώδους.



Σχήμα 4. Συμπεριφορά ρευστού σε διάτμηση – Ορισμός του ιξώδους.

Αν η πλάκα κινείται με σταθερή ταχύτητα U_0 και η δύναμη που εφαρμόζουμε απάνω της είναι F , τότε η διατμητική τάση που ασκείται πάνω στην επιφάνεια της πλάκας σε επαφή με το υγρό είναι

$$\tau = F/S$$

- Το ρευστό το οποίο έρχεται σε επαφή με την πλάκα κινείται με την ίδια ταχύτητα με αυτήν

- Το ρευστό το οποίο είναι σε επαφή με τον πυθμένα είναι ακίνητο
- Για περιπτώσεις που η ταχύτητα U_0 είναι αρκετά μικρή η ενδιάμεση κατανομή της ταχύτητας είναι γραμμική

$$U(y)/y = U_0/h$$

Αξιωματικά ορίζουμε το ιξώδες του ρευστού από τη σχέση:

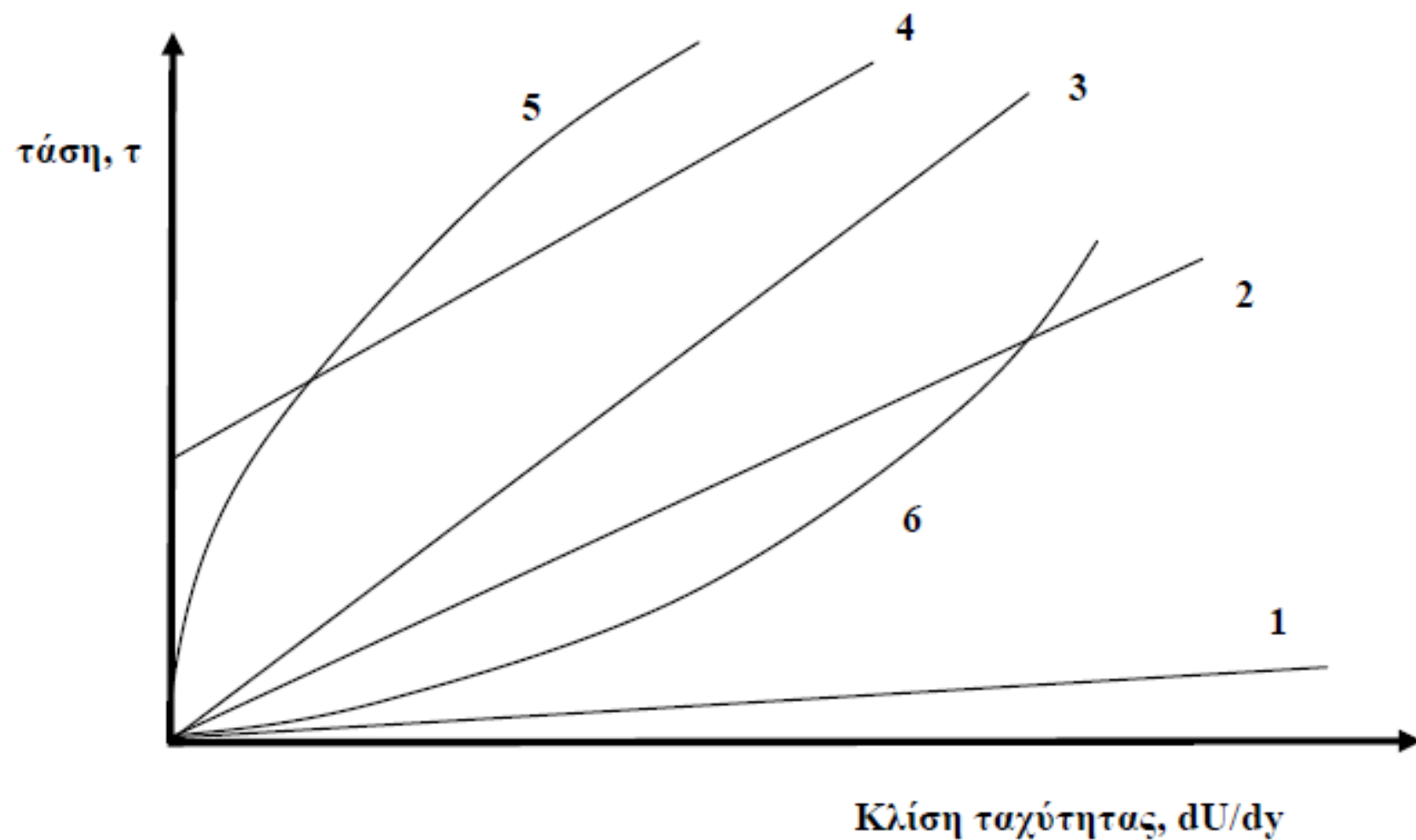
$$\tau = \mu U_0/h = \mu dU/dy$$

- Η σχέση αυτή ονομάζεται νόμος του Νεύτωνα για το ιξώδες.
- Ρευστά για τα οποία ισχύει νόμος αυτός ονομάζονται **Νευτώνεια ρευστά**

- Τα περισσότερα ρευστά στην φύση μπορούν να χαρακτηριστούν σαν νευτώνεια
- Στην παράδοση αυτή θα ασχοληθούμε αποκλειστικά με τα νευτώνεια ρευστά.

Το κινηματικό ιξώδες ν ορίζεται σαν $\nu = \mu/\rho$

- Έχει διαστάσεις επιφάνεια /χρόνος
- Όσο αφορά τα υγρά, το ιξώδες μειώνεται με την θερμοκρασία, ενώ για τα αέρια συμβαίνει το αντίθετο.



Σχημα 6. Συμπεριφορά σωμάτων σε διάτμηση: 1-αέριο, πολύ μικρό ιξώδες, 2-λεπτόρευστο υγρό, 3-παχύρευστο υγρό, 4-πλαστικό Bingham, 5-ψευδοπλαστικό υγρό, 6-διασταλτικό υγρό. Τα 4, 5 και 6 είναι μή-νευτώνια.

Επιφανειακή τάση

Στο εσωτερικό ενός υγρού ένα μόριο έλκεται με τον ίδιο τρόπο προς όλες τις κατευθύνσεις από τα άλλα μόρια που το περιβάλλουν. Στη δι-επιφάνεια μεταξύ του νερού και του αέρα η παραπάνω κατάσταση ισορροπίας δεν ισχύει. Η επιφάνεια του υγρού συμπεριφέρεται σαν μία ελαστική μεμβράνη που βρίσκεται υπό πίεση.

Αιτία για αυτήν την συμπεριφορά είναι η επιφανειακή τάση σ : ορίζεται σαν η δύναμη που δρα σε μία γραμμή η οποία αποτελεί το όριο μίας ελεύθερης επιφάνειας.

Η επιφανειακή τάση έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της ελεύθερης επιφάνειας υγρού. (Μία σταγόνα νερού τείνει να πάρει σφαιρικό σχήμα.)

Η επιφανειακή τάση επιτρέπει στο νερό να ανεβαίνει από το έδαφος στα φυτά και τα δέντρα, ανυψώνει την εδαφική υγρασία στο έδαφος και αποτελεί πηγή σφαλμάτων σε μερικά πειράματα υπό κλίμακα.

Προφανώς δεν εμφανίζεται μόνο στην δι-επιφάνεια νερού και αέρα, αλλά στην διεπιφάνεια δύο μη αναμίξιμων ρευστών με διαφορετικές ιδιότητες.

Αν βυθίσουμε έναν σωλήνα διαμέτρου d σε ένα δοχείο με νερό παρατηρούμε ότι το νερό ανεβαίνει στον σωλήνα. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στις επιφανειακές τάσεις.

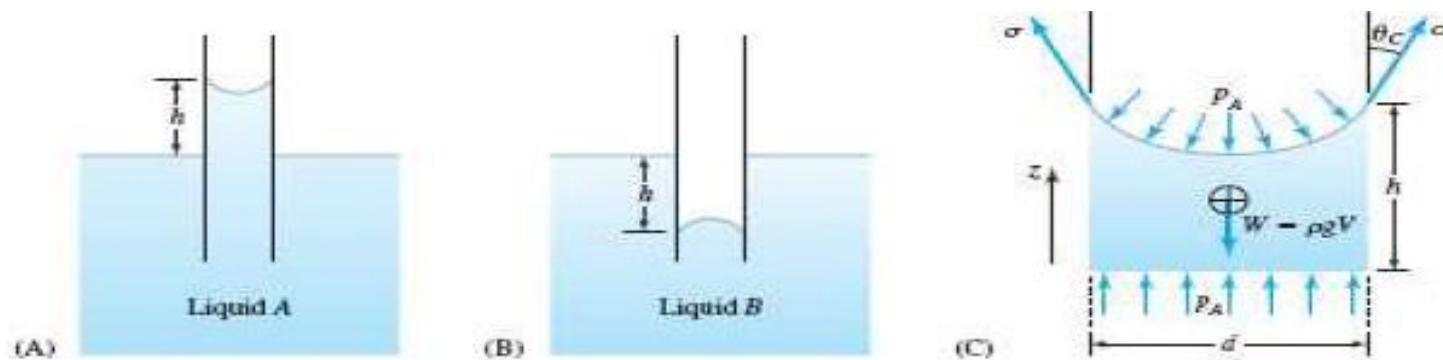


Figure 2.23 The capillary action in a solid tube depends on the contact angle associated with the corresponding gas–liquid–solid system. (A) When the liquid wets the solid ($\theta_c < 90^\circ$), the liquid level within the tube will be above the liquid–gas interface outside the tube. (B) When the liquid does not wet the solid ($\theta_c > 90^\circ$), the liquid level within the tube will be below the general liquid–gas interface. (C) Enlarged view of the case in (A) including the terms associated with the force balance on the liquid within the capillary tube. See text for discussion of this force balance.

Σχήμα 9. Τα τριχοειδή φαινόμενα σε λεπτό σωλήνα σαν αποτέλεσμα της επιφανειακής τάσης.

Για να υπολογίσουμε το ύψος ανύψωσης πρέπει να λάβουμε υπόψη μας την ισορροπία μεταξύ δυνάμεων βαρύτητας και επιφανειακών τάσεων κατά την κατεύθυνση την κατακόρυφο.

Οι δυνάμεις οι οποίες οφείλονται στην επιφανειακή τάση (έλξη προς τα επάνω) ισούνται με

$$F_{\sigma} = \sigma \pi d \cos\theta$$

όπου θ είναι η γωνία μεταξύ του επιφάνειας νερού κοντά στα τοιχώματα και την κατακόρυφο διεύθυνσης.

Οι δυνάμεις βαρύτητας ισούνται με τον όγκο νερού επί το ειδικό βάρος:

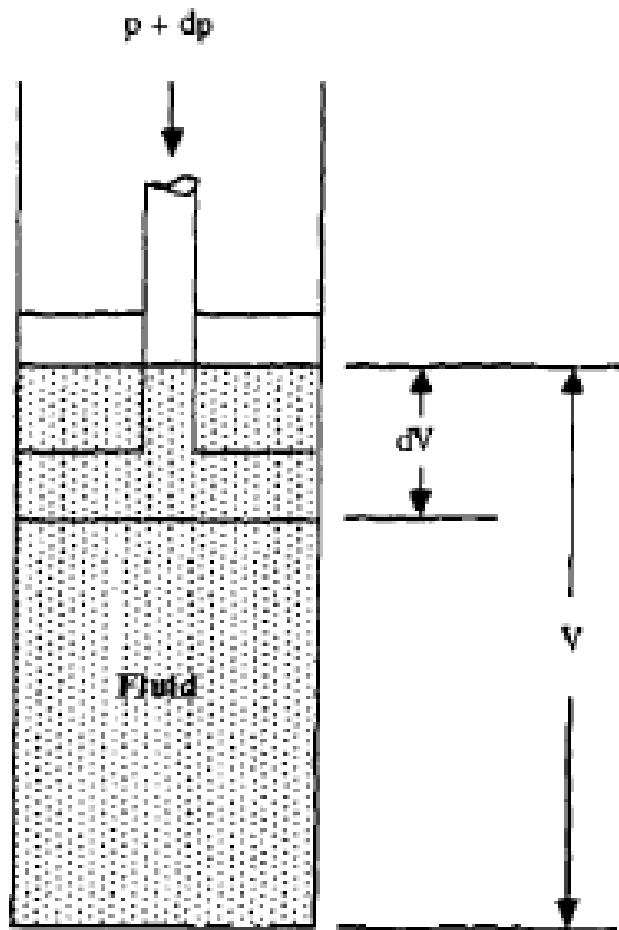
$$F_G = \rho g \frac{\pi}{4} d^2 \Delta h$$

Εξισώνοντας:

$$\Delta h = \frac{4\sigma \cos \theta}{\rho g d}$$

Η γωνία θ μπορεί να θεωρηθεί μηδέν για νερό. Για κανονικές συνθήκες η ανύψωση του νερού είναι αντιστρόφως ανάλογη της διαμέτρου του σωλήνα. Γι' αυτό τα φαινόμενα στα οποία η επιφανειακή τάση παίζουν σημαντικό ρόλο ονομάζονται συχνά τριχοειδή φαινόμενα (Οι διάμετροι των αγωγών είναι πολύ μικροί). Από την εμπειρία μας είναι γνωστό ότι η ανύψωση υγρού είναι πιο σημαντική σε κύβους από ζάχαρη απ' ότι σε ένα καλαμάκι.

ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ



Στις περισσότερες περιπτώσεις το νερό μπορεί να θεωρηθεί ασυμπίεστο. Όταν παρατηρείται μεγάλη αλλαγή πίεσης η συμπιεστότητα γίνεται σημαντική. Η αλλαγή του όγκου νερού λόγω της πίεσης υπολογίζεται από τον νόμο του Hook:

$$dp = - E_w dV/V$$

Δp : η μεταβολή της πίεσης [kN/m^2]

ΔV : η μεταβολή του όγκου [m^3]

V : ο αρχικός όγκος [m^3]

E_w : η σταθερά ελαστικότητας του νερού [kN/m^2]

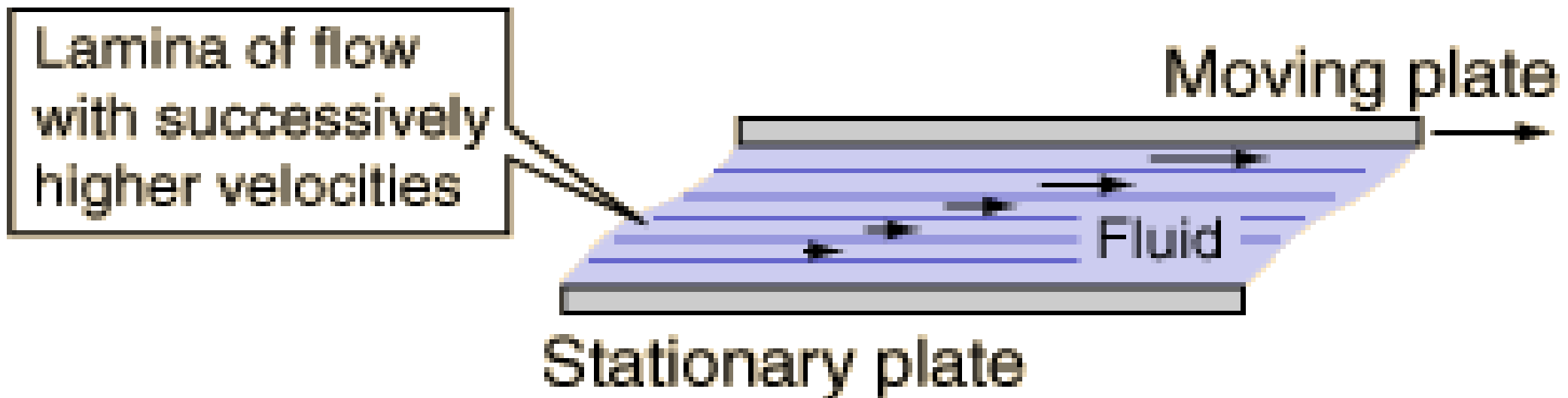
Το μέτρο ελαστικότητας (bulk modulus of elasticity), συμβολίζεται με “E”, και είναι ο λόγος της αλλαγής της πίεσης p που είναι απαραίτητη για μιά μεταβολή στην πυκνότητα, προς την σχετική αυτή μεταβολή στην πυκνότητα (σχήμα 7). Μονάδες του είναι το Pa, και δείχνει πόσο συμπιεστό είναι ένα υλικό. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του, τόσο λιγότερο συμπιεστό είναι το υλικό, αφού χρειάζεται μεγαλύτερη πίεση για την μεταβολή του όγκου του σώματος. Κοινά ρευστά όπως το νερό μπορούν να χαρακτηριστούν σαν ασυμπίεστα. Το φαινόμενο της συμπιεστότητας ωστόσο, μπορεί να αποκτήσει μεγάλη σημασία όταν σημαντικές μεταβολές πίεσης συμβαίνουν απότομα, όπως το φαινόμενο του πλήγματος κριού (*waterhammer*) που συμβαίνει όταν κλείνουν απότομα βάννες.

Η ταχύτητα μετάδοσης των κυμάτων σε ένα υγρό είναι συνάρτηση του μέτρου ελαστικότητάς του:

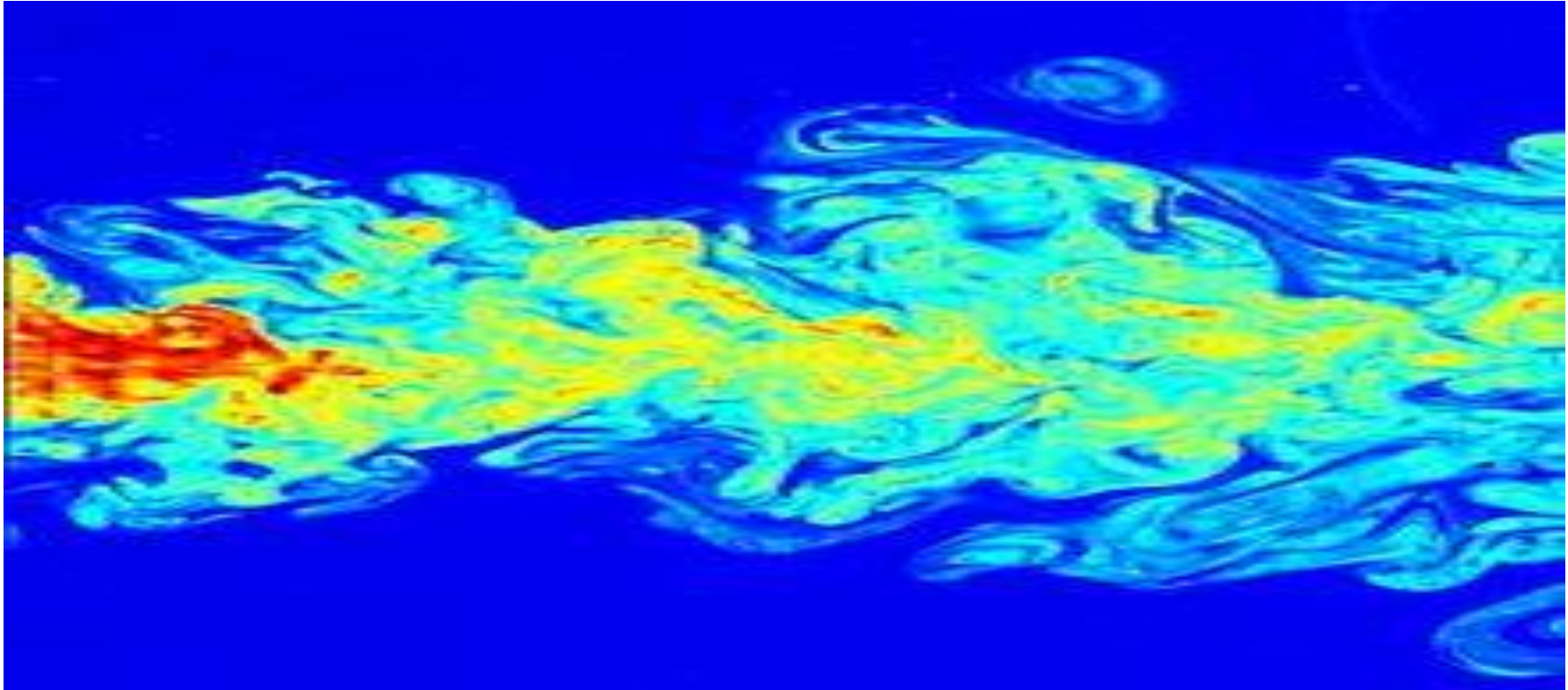
$$C = (E/\rho)^{1/2}$$

ΣΤΡΩΤΗ ΚΑΙ ΤΥΡΒΩΔΗΣ ΡΟΗ

- Δύο είναι οι βασικοί τύποι ροής: **στρωτή** και **τυρβώδης**
- Η **στρωτή ροή** (laminar flow) πήρε το όνομα της από το γεγονός ότι το ρευστό ρέει σε παράλληλες στρώσεις (laminae). Στην περίπτωση αυτή δεν λαμβάνει χώρα μακροσκοπική μίξη του ρευστού. (Αν διοχετεύσουμε λίγο χρώμα στην ροή, αυτό κινείται πάνω σε μία λεπτή ζώνη.)



- Η **τυρβώδης ροή** (turbulent flow) είναι πολύπλοκη και χαοτική. Μία από τις ιδιότητες της είναι η μακροσκοπική μίξη των ιδιοτήτων του ρευστού. (Αν εισαγάγουμε μία στρώση χρώματος διαχέεται χαοτικά σε όλο το πεδίο ροής).



- Αν η ροή είναι στρωτή ή τυρβώδης εξαρτάται π.χ. από την χαρακτηριστική ταχύτητα της ροής, την γεωμετρία της και το κινηματικό ιξώδες.

- Οι παραπάνω ιδιότητες μπορούν να εκφραστούν με τον αριθμό Reynolds (**Re**).

$$\text{Re} = \frac{UD}{\nu}$$

Όπου: U: χαρακτηριστική ταχύτητα, D χαρακτηριστικό μήκος, ν κινηματικό ιξώδες

- Δευτερευόντως μπορεί να επηρεαστεί και από άλλους παράγοντες. Όπως τραχύτητα τοιχωμάτων, εξωτερικοί κραδασμοί, δυνάμεις Coriolis (περιστροφή της γης).
- Ο διαχωρισμός της ροής σε στρωτή και τυρβώδη έγινε για πρώτη φορά από τον Reynolds (1883):
- Διοχετεύοντας χρώμα σε ένα γυάλινο σωλήνα και παρατηρούσε οπτικώς τα χαρακτηριστικά της ροής.

- Για μικρές παροχές και ταχύτητες παρατηρείται μία λεπτή ίνα χρώματος η οποία έχει το ίδιο πάχος παντού (στρωτή ροή).
- Για μεγαλύτερες παροχές η γραμμή αυτή ταλαντώνεται
- Αυξήσουμε και άλλο την παροχή παρατηρούμε ότι το χρώμα διαχέεται σε όλη την διατομή του αγωγού.

Στην στρωτή ροή εάν οι οριακές συνθήκες είναι ανεξάρτητες του χρόνου τα -- χαρακτηριστικά της ροής (ταχύτητες και πιέσεις) είναι και αυτή ανεξάρτητα του χρόνου

- Στην τυρβώδη ροή ακόμα και αν οι οριακές συνθήκες είναι ανεξάρτητες του χρόνου τα χαρακτηριστικά της ροής (ταχύτητες και πιέσεις) μεταβάλλονται συναρτήσει του χρόνου (χαστικός χαρακτήρας ροής)

ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΕΞΑΣΚΟΥΜΕΝΕΣ ΣΕ ΕΝΑ ΡΕΥΣΤΟ

Οι δυνάμεις οι οποίες δρουν απάνω σ' ένα ρευστό (περίπτωση στρωτής ροής) είναι:

- Δυνάμεις όγκου (βαρύτητας, ενδεχομένως μαγνητικές και φυγόκεντρες)
- Επιφανειακές δυνάμεις. Οφείλονται σε μοριακές διεργασίες. Μπορούν όμως να εκφραστούν με μακροσκοπικές σχέσεις χωρίς να ξέρουμε την ακριβή φύση των διεργασιών
- Συναρτήσεϊ των επιφανειακών δυνάμεων F_i μπορεί να εκφραστεί η τάση σ_i απάνω σε μία στοιχειώδη επιφάνεια δs : $\sigma_i = F_i / \delta s$

Βασικά μεγέθη, διαστάσεις τους και μονάδες στο S.I.

Μέγεθος	α	β	γ	μονάδες SI
μήκος	1	0	0	m
μάζα	0	1	0	kg
χρόνος	0	0	1	s
ταχύτητα	1	0	-1	m/s
επιτάχυνση	1	0	-2	m/s ²
πυκνότητα	-3	1	0	kg / m ³
δύναμη	1	1	-2	N = kg m/s ²
πίεση	-1	1	-2	Pa = N/m ²
ενέργεια, έργο	2	1	-2	J
ιξώδες	-1	1	-1	Pa s
κινηματικό ιξώδες	2	0	-1	m ² /s