

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΡΕΥΣΤΑ ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ

ΕΝΟΤΗΤΑ 4: Η ΤΡΙΒΗ ΣΤΑ ΡΕΥΣΤΑ

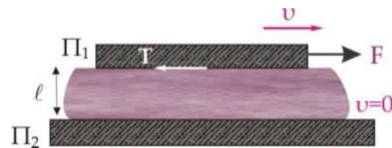
ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

Ιξώδες ενός ρευστού

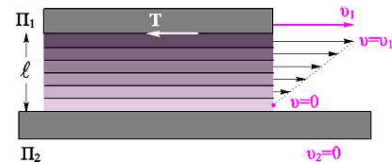
Στις προηγούμενες παραγράφους θεωρήσαμε τα ρευστά ιδανικά, δηλαδή ότι δεν αναπτύσσονται δυνάμεις μεταξύ των γειτονικών μορίων τους ή μεταξύ αυτών και των τοιχωμάτων του σωλήνα ροής.

Στα πραγματικά ρευστά, όταν ένα τμήμα του ρευστού κινείται ως προς ένα άλλο τμήμα του, εμφανίζονται δυνάμεις που αντιτίθενται στην κίνησή του. Οι δυνάμεις αυτές της εσωτερικής τριβής ονομάζονται **ιξώδες** του ρευστού.

Στο πείραμα του σχήματος, η πλάκα Π_2 είναι ακλόνητη ενώ η Π_1 μπορεί να κινείται μέσω μιας εξωτερικής δύναμης F . Μεταξύ των δύο πλακών τοποθετούμε ένα παχύρρεστο υγρό, όπως π.χ. μέλι, πάχους ℓ . Όταν η πλάκα κινείται με σταθερή ταχύτητα, τότε η εξωτερική δύναμη F αντισταθμίζει τις τριβές (ιξώδες) που αναπτύσσονται μεταξύ των στρωμάτων του υγρού που κινούνται το ένα σε σχέση με το άλλο.



Παρατηρούμε ότι το ανώτερο στρώμα του υγρού είναι προσκολλημένο στην Π_1 και κινείται με ταχύτητα u , ενώ το χαμηλότερο στρώμα είναι προσκολλημένο στην Π_2 και παραμένει ακίνητο. Όλα τα ενδιάμεσα στρώματα κινούνται με ταχύτητες που αυξάνουν από 0 μέχρι u .



Η εξωτερική δύναμη F που θα ασκήσουμε για να εξισορροπήσουμε τις εσωτερικές τριβές εξαρτάται από

- τη φύση του υγρού. Αν αντικαταστήσουμε το υγρό με άλλο που είναι λιγότερο παχύρρεστο, όπως το λάδι, για να διατηρήσουμε την ταχύτητα της πάνω πλάκας σταθερή πρέπει να εφαρμόσουμε δύναμη μικρότερου μέτρου.
- από το πάχος του ρευστού. Αν αυξήσουμε το πάχος, για να διατηρήσουμε την ταχύτητα της πάνω πλάκας σταθερή πρέπει να εφαρμόσουμε δύναμη μικρότερου μέτρου.
- από την επιφάνεια, A , των πλακών. Για πλάκες μεγαλύτερης επιφάνειας, η εφαρμοζόμενη δύναμη είναι μεγαλύτερη.
- από την ταχύτητα μετακίνησης, u^* , της πάνω πλάκας. Για να την μετακινήσουμε με μεγαλύτερη ταχύτητα, πρέπει να εφαρμόσουμε δύναμη μεγαλύτερου μέτρου.

Τα παραπάνω συνοψίζονται από τη σχέση

$$F = \eta A \frac{v}{\ell}, \quad (1)$$

*Το v στη σχέση (1) δηλώνει τη διαφορά ταχυτήτων μεταξύ της κάτω και πάνω επιφάνειας.

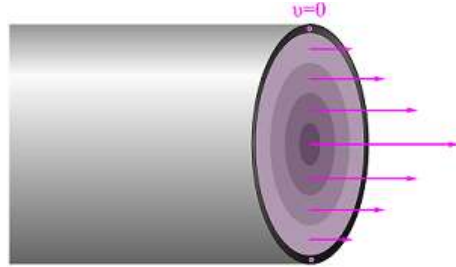
Όπου το η χαρακτηρίζει το ρευστό και ονομάζεται **συντελεστής ιξώδους**.

Μονάδα μέτρησης του συντελεστή ιξώδους στο S.I. είναι το Ns/m^2 . Στην πράξη ο συντελεστής ιξώδους μετριέται σε poise (p). $1\text{p} = 0,1\text{Pa} \cdot \text{s} = 0,1 \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}$.

Εφαρμογές της τριβής των ρευστών

Οι δυνάμεις εσωτερικής τριβής που εμφανίζονται στα ρευστά έχουν σημαντικές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα στη λίπανση των τμημάτων μιας μηχανής που θα ήταν αδύνατη αν το λιπαντικό κατά τη ροή του δεν παρουσίαζε τέτοιες δυνάμεις. Η τιμή για το συντελεστή ιξώδους του νερού στους 20°C είναι $\eta_v = 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$, ενώ για το μηχανέλαιο $\eta_{\text{μηχ}} = 250 \cdot 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$. Αυτό σημαίνει ότι το νερό είναι ακατάλληλο για τη λίπανση των τμημάτων μιας μηχανής καθώς δεν προσκολλάται στα μέταλλα, ενώ το μηχανέλαιο που έχει 250 φορές μεγαλύτερο συντελεστή ιξώδους προσκολλάται εύκολα στα κινητά μέρη της μηχανής.

Σε ένα πραγματικό ρευστό που ρέει σε σωλήνα, η κατανομή των ταχυτήτων κατά μήκος μιας διαμέτρου του σωλήνα είναι όπως στο σχήμα. Τα μόρια του ρευστού που είναι σε επαφή με τα τοιχώματα, δεν κινούνται λόγω των δυνάμεων σνάφειας ενώ, τα μόρια που βρίσκονται πιο κοντά στον άξονα του σωλήνα έχουν μεγαλύτερες ταχύτητες. Έτσι για να εφαρμόσουμε τον τύπο της παροχής σε ένα πραγματικό ρευστό πρέπει να αντικαταστήσουμε την μέση ταχύτητα. $\Pi = A\bar{v}$.



Νευτώνεια ρευστά - η ιδιαιτερότητα του αίματος.

Η σχέση $F = \eta A \frac{v}{\ell}$ δεν ισχύει για όλα τα ρευστά. Τα ρευστά που υπακούουν στη σχέση αυτή ονομάζονται **Νευτώνεια** ρευστά. Είναι αυτά στα οποία η εσωτερική τριβή είναι ανάλογη της ταχύτητας ροής τους.

Το αίμα δεν ανήκει στα Νευτώνεια ρευστά και παρουσιάζει την εξής ιδιαιτερότητα. Είναι ένα ρευστό που περιέχει πολλά στερεά σωματίδια τα οποία αιωρούνται μέσα σε υγρό. Όταν η ταχύτητα ροής του αίματος αυξάνεται, για να μην αυξηθούν υπέρμετρα οι εσωτερικές τριβές, τα σωματίδια παραμορφώνονται και προσανατολίζονται έτσι ώστε να διευκολύνεται η ροή.

Μια τυπική τιμή για το συντελεστή ιξώδους του αίματος στους 37° C είναι $\eta_{\text{αιμ}} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$.