

Φ406. Μηχανική Συνεχών Μέσων (Υδροδυναμική)

N. Φλυτζάνης

Εαρινό 2010

Υλη του μαθήματος

Περιλαμβάνει στοιχεία υδροδυναμικής καθώς και την διάδοση κυματων σε υγρά μέσα. Χρησιμοποιώντας τους βασικούς νομους διατήρησης της μηχανικής αλλά και της θερμοδυναμικής θα περιγραφουμε αρκετά ενδιαφέροντα φαινόμενα. Για τον σκοπό αυτο θα χρειαστει να ορίσουμε την έννοια του συνεχούς μέσου και να εισάγουμε ενα νέο τρόπο περιγραφης της κινητικής (συντεταγμένες *Euler*, πεδίο ταχύτητας) καθώς και την έννοια του υγρού "σωματιδίου". Ιδιαίτερα στην μελέτη των υγρών με ιξώδες θα είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσουμε και τα μαθηματικά εργαλεία των ταυσιτών. Τις πρώτες 3 εβδομάδες θα βασιστούμε στις γνώσεις σας σε διανυσματική αναλυση (*Grad, div, curl* σε καρτεσιανές και καμπυλόγραμμες συντεταγμένες, επιφανειακά και ολοκληρώματα όγκου, Θεώρημα *Gauss, Stokes* κτλ.). Δεν φιλοδοξούμε να καλύψουμε όλες τις πτυχες αλλά θα επικεντρωθούμε σε στοιχεία χρήσιμα σε πολλους τομείς της Φυσικής, αλλά και φαινόμενα του υδάτινου περιβάλλοντος. Εμφαση είναι στην ανάπτυξη ικανοτήτων για την λύση πρακτικών προβλημάτων και στη χρήση ταυσιτών. Η εισαγωγή της διαστατικής ανάλυσης με την φυσική διαίσθηση μας δίνει ένα συστηματικό τρόπο για την εισαγωγή προσεγγίσεων στον πολύπλοκο κόσμο της υδροδυναμικής.

Στο μάθημα θα δοθούν σημειώσεις. Ταυτόχρονα θα γίνει προσπάθεια να μούν στην κλειστή συλλογή μερικά χρήσιμα βοηθήματα, αν και το καθένα απο μονο του δεν καλυπτει την ύλη η την καλύπτει σε προχωρημένο επίπεδο. Μερικά απο αυτά είναι:

1. N. Φλυτζάνη, Σημειώσεις Υδροδυναμικής
2. J. A. Fay, *Introduction to Fluid Mechanics*, MIT, Press.
3. W.F.Hughes and J. A. Brighton, *Theory and problems of Fluid Dynamics* (Οχι τόσο χρήσιμο για την κατανόηση, όσο για την πρακτική εξασκηση)
4. D. J. Tritton, *Physical Fluid Dynamics* (αρκετά καλό)
5. Brodkey, *The Phenomena of Fluid Motions*
6. Landau, Lifschitz, *Fluid Dynamics* (Pergamon) (αρκετά προχωρημένο)
7. G. Batchelor, *Introduction to Fluid Dynamics* (παλιο αλλά κλασσικο και προχωρημένο)
8. Σημαντικά βοηθήματα υπάρχουν στο διαδίκτυο.

Βαθμολόγηση

A) 25%(ασκήσεις)+ 25%(πρόοδος)+50%(τελική η εργασία)

B) 100 % (τελικη)

Τα θέματα για εργασίες θα αναφέρονται σε εφαρμογές. Η ύλη που δίνεται παρακάτω είναι λίγο φιλόδοξη και μερικά απο τα θέματα θα καλυφθουν με εργασίες, για τους φοιτητές που ενδιαφέρονται να εμβαθύνουν σε κάποιο κεφάλαιο η θέλουν να δούν εφαρμογές της υδροδυναμικής.

Υλη

1. Τι είναι ρευστό και χαρακτηρισμός των φυσικών ιδιοτήτων τους. Δυνάμεις στην υδροδυναμική (Βαθμίδα πίεσης, Βαρύτητα Ιξωδικές, Επιφανειακής τάσης). Νευτωνικά ρευστά.
2. Κινηματική περιγραφή υγρών (*Euler*, υλική παράγωγος D/Dt , γραμμές ροής). Πεδίο ταχύτητας και απόκλιση και στροβιλισμός. Επιτάχυνση. Εξίσωση συνέχειας μάζας. Ασυμπιεστο υγρό. Αριθμός *Mach*.
3. Δυναμική Ιδανικού Ρευστού (ασυμπιεστο, ανιζωδικό): Μεταβολή ορμής και ενεργειας, Εξίσωση *Euler* και *Bernoulli*. Αριθμός *Froude* και συντελεστής πίεσης. Υδροστατική ισοροπία, Εφαρμογές.
4. Μακροσκοπικοί και τοπικοί νόμοι διατήρησης. Θεώρημα *Reynolds* (Όγκος συστήματος και όγκος ελέγχου). Εφαρμογές.
5. Αστρόβιλη Ροή. Ροή δυναμικού (Βασικές πηγές ροής, ροή γύρω από πηγές ή σώματα). Θεώρημα κυκλοφορίας *Kelvin*, εξίσωση *Laplace*, μαγνητοστατικό ανάλογο, Γραμμές στροβιλισμού και φαινόμενο *Magnus*.
6. Υδροδυναμική μάζα. Ροή σε μη αδρανειακά συστήματα, δύναμη *Coriolis*, ροή βαθμίδας.
7. Ιξωδική Ροή: Διατμητική τάση, τανυστές τάσης και ρυθμού παραμόρφωσης. Ιξωδικές δυνάμεις. Αριθμός *Reynolds*. Εξίσωση *Navier – Stokes* και εφαρμογές σε στρωτή ροή. Διάχυση στροβιλισμού. Ερπυστική ροή και εφαρμογές (ροή σε κύλινδρο, πλάκες κτλ.). Ροή *Stokes* γύρω από σφαίρα. Θερμοδυναμική ιξώδους ροής.
8. Διαστατική ανάλυση, αδιάστατοι αριθμοί, θεώρημα *Buckingham* και εφαρμογές.
9. Στροβιλισμός και διανυσματικό πεδίο ταχύτητας. Πηγές στροβιλισμού. Στρόβιλος *Rankine* και *Burgers*. Απλό μοντέλλο ανεμοστρόβιλου. Αλληλεπίδραση στροβίλων.
10. Οριακά στρώματα για στρωτή ροή και λύση *Blaisius*. Διαχωρισμός ροής.
11. Τύρβη. Πειραματικές τεχνικές χαρακτηρισμού ροής.
12. Αστάθεια και ρεύματα μεταφοράς. Φαινόμενα διάχυσης.
13. Κύματα επιφανείας (οριακές συνθήκες, κύματα βαρύτητας, ενδοεπιφάνειες). Μη γραμμικά κύματα. Κύματα *Tsunami*.
14. Συμπιεζόμενο υγρό. Ισοθερμική και αδιαβατική ροή, Ενέργεια (*Bernoulli*), φαινόμενο *Venturi*, κρουστικά κύματα (σοκ)
15. Συμπιεστά ρευστά. Κύματα σε 1-διάσταση, Κύματα ήχου.

Εφαρμογή: (6 ώρες) : Σε ένα από τα παρακάτω: Ωκεανογραφία, Γεωφυσική ροή, Ατμοσφαιρική ροή, Τύρβη και χάος. Αιμοδυναμική. Υδροδυναμική φορτισμένων ρευστών. Διάχυση ρίπων.