

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΡΕΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2015

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΜΕ ΑΝΟΙΚΤΑ ΒΙΒΛΙΑ

ΟΜΑΔΑ Α

1^ο ΘΕΜΑ

(10 Μονάδες)

Εξετάζουμε ροή νερού γύρω από κύλινδρο η οποία (ροή) μπορεί να θεωρηθεί (μακροσκοπικά) δισδιάστατη, δηλαδή για το πρόβλημα που εξετάζουμε σε όλες τις κάθετες τομές στον άξονα του κυλίνδρου αντιστοιχεί το ίδιο προφίλ ταχυτήτων (βλ. Σχήμα 1 στην επόμενη σελίδα). Σε αυτές τις τομές ο κύλινδρος εμφανίζεται σαν κύκλος. Η επιφάνεια του κυλίνδρου μπορεί να θεωρηθεί λεία. Μακριά από το στερεό σώμα το πεδίο ταχυτήτων μπορεί να θεωρηθεί ομοιόμορφο και μονοδιάστατο (δηλαδή στην περιοχή αυτή μόνο μία συνιστώσα του πεδίου ταχυτήτων, την οποία θεωρούμε ίση με U_0 είναι μη μηδενική) –βλ. Σχήμα 1- και $U_0 = 1\text{cm/s}$ (Το U_0 είναι σταθερό, ανεξάρτητο του χρόνου). Θεωρούμε ότι ο κύλινδρος έχει διάμετρο ίση με $D_k=1\text{cm}$ ενώ το κινηματικό ιξώδες του νερού μπορεί να θεωρηθεί ίσο με $\nu=10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$.

Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1-α) Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται η κάτοψη και η τομή A-A του φαινομένου που εξετάζεται. Μπορείτε να σχεδιάσετε την τομή B-B (βλ. κάτοψη); Δώστε έμφαση στην απεικόνιση της γεωμετρίας (δηλ. του κυλίνδρου) και όχι της ροής!

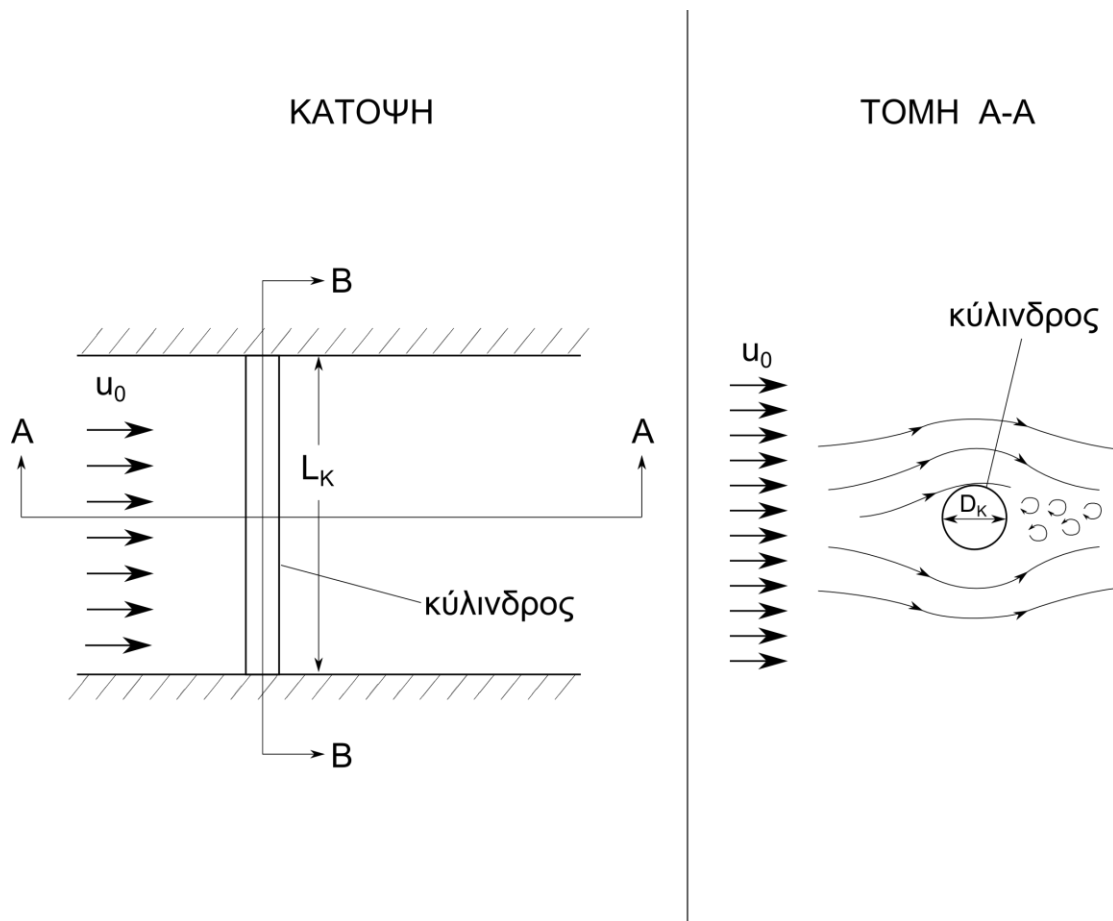
1-β) Για την παραπάνω ροή υπολογίστε τον αριθμό Reynolds, χρησιμοποιώντας σαν χαρακτηριστικό μήκος την διάμετρο του κυλίνδρου

1-γ) Χαρακτηρίστε το είδος της ροής (στρωτή ή τυρβώδης) η οποία λαμβάνει χώρα γύρω από τον κύλινδρο για το πρόβλημα το οποίο περιγράφηκε παραπάνω, παίρνοντας υπόψη σας την απάντησή σας στο παραπάνω ερώτημα αλλά και την θεωρία η οποία αναφέρεται στο βιβλίο του κ. Κωτσοβίνου Ρευστομηχανική και η οποία παρουσιάστηκε στην παράδοση. Μπορείτε να προσδιορίσετε τις διαφορές ανάμεσα στην στρωτή και την τυρβώδη ροή και τις διαφορές ανάμεσα στην έρπουσα και την στρωτή ροή; Είναι η συγκεκριμένη ροή μόνιμη; Απαντήστε σε όλες τις ερωτήσεις σύντομα με μία επίσης σύντομη αιτιολόγηση.

1-δ) Εκτιμείστε τον συντελεστή υδροδυναμικής αντίστασης C_D για το πρόβλημα το οποίο περιγράφηκε παραπάνω.

Αναλύστε και αιτιολογείστε τη μέθοδο που χρησιμοποιείτε για τον υπολογισμό αυτόν. Εξηγήστε μεταξύ άλλων ποια εξίσωση ή σχήμα/διάγραμμα έχετε χρησιμοποιήσει και αναφέρατε το κεφάλαιο, αριθμό σχήματος, σελίδα από το βιβλίο του κ. Κωτσοβίνου όπου εμφανίζεται η εξίσωση ή το σχήμα/διάγραμμα που έχετε χρησιμοποιήσει.

1-ε) Εάν το μήκος του κυλίνδρου είναι ίσο με $L_k=80\text{cm}$, υπολογίστε την δύναμη η οποία ασκείται από την ροή στον κύλινδρο σε Newton; (πάρτε υπόψη σας ότι $\rho=1000\text{kg/m}^3$). Αιτιολογείστε τον τρόπο υπολογισμού και επίσης πώς λάβατε υπόψη σας για τον υπολογισμό της δύναμης η οποία ασκείται στον κύλινδρο τις απαντήσεις σας στα ερωτήματα 1-α και 1-δ



Σχήμα 1: Σχηματική αναπαράσταση της ροής γύρω από τον κύλινδρο

**ΟΠΟΥ ΑΥΤΟ ΕΙΝΑΙ ΔΥΝΑΤΟΝ ΟΙ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΙΝΑΙ ΕΠΙΤΡΕΠΤΟ ΝΑ ΑΠΑΝΤΗΘΟΥΝ
ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΥΠΟΛΟΙΠΕΣ**

ΛΥΣΗ

1α) Η τομή Β-Β του κυλίνδρου είναι ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο με μήκος L_{κ} και πλάτος D_{κ} . (Στην ουσία λόγω της συμμετρίας έχει το ίδιο σχήμα με αυτό που παρουσιάζεται να έχει ο κύλινδρος στη κάτοψη)

1β) Είναι σκόπιμο να επιλέξω σαν μονάδα μήκους τα μέτρα [m] και σαν μονάδα χρόνου τα δευτερόλεπτα [s]. Κατά συνέπεια $U_0 = 10^{-2} \text{m/s}$ και $D_{\kappa} = 10^{-2} \text{m}$.

Κατά συνέπεια

$$\text{Re} = \frac{U_0 D_{\kappa}}{\mu / \rho} = \frac{U_0 D_{\kappa}}{\nu} = \frac{10^{-2} [\text{m/s}] 10^{-2} [\text{m}]}{10^{-6} [\text{m}^2/\text{s}]} = 100$$

1γ) Για ροή γύρω από κύλινδρο και μία τιμή του αριθμού Reynolds $\text{Re} = 100$, έχω ροή von Karman, επειδή αυτού του τύπου η ροή παρουσιάζεται για το φάσμα $80 < \text{Re} < 300$, βλ. αρχείο [v5_POES_ΓΥΡΩ_ΑΠΟ_ΣΤΕΡΕΑ_ΣΩΜΑΤΑ.pdf](#), σελίδα 5 παράγραφος 1.2.4, (είναι ανηρητημένο στο eclass), ή το βιβλίο Ρευστομηχανική του Ν. Κωτσοβίνου, σ. 9-16. Η ροή αυτή είναι μη μόνιμη, όπως εξηγείται στο προαναφερθέν αρχείο, στο βιβλίο του Ν. Κωτσοβίνου, είχε εξηγηθεί στην παράδοση και το είχαμε δείξει στα video.

Η τυρβώδης ροή είναι ακανόνιστη, χαοτική (δηλαδή μη προβλέψιμη), και χαρακτηρίζεται από έντονα φαινόμενα ανάμιξης. Αντίθετα η στρωτή ροή είναι πιο ήρεμη και προβλέψιμη και τα φαινόμενα ανάμιξης είναι λιγότερο έντονα.

Η συγκεκριμένη ροή που εξετάζουμε είναι στρωτή αλλά όχι έρπουσα (έχουμε έρπουσα ροή γύρω από έναν κύλινδρο μόνο για $\text{Re} < 1$. Η έρπουσα ροή είναι υποκατηγορία της στρωτής ροής για την οποία οι δυνάμεις αδράνειας είναι αμελητέες).

1δ) Για $\text{Re} = 100$, προκύπτει $C_D \cong 1,7$. βλ. το βιβλίο Ρευστομηχανική του Ν. Κωτσοβίνου, σ. 9-9, σχήμα 9.2.1.

1ε) Πρέπει να πάρω υπόψη μου την εξίσωση

$$F = \frac{1}{2} C_D A \rho (U_o)^2$$

Μού δίνεται από την εκφώνηση ότι $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$. Στο ερώτημα 1δ) εκτίμησα ότι $C_D \cong 1,7$. Στο ερώτημα 1α) αναφέρθηκε ότι η μέγιστη διατομή κάθετη στην ροή είναι είναι «ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο με μήκος L_k και ύψος D_k ». Παίρνοντας υπόψη μου ότι $L_k = 80 \text{ cm} = 0,8 \text{ m} = 8 \cdot 10^{-1} \text{ m}$, και ότι $D_k = 10^{-2} \text{ m}$, προκύπτει ότι $A = L_k D_k = (8 \cdot 10^{-1} \text{ m})(10^{-2} \text{ m}) = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$.

Κατά συνέπεια:

$$F = \frac{1}{2} 1,7 (8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2) (1000 \text{ kg/m}^3) (10^{-2} \text{ m/s})^2$$

Προκύπτει ότι:

$$F = 6,8 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Δεδομένου ότι: $1 \text{ Newton} = 1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$,

έχω σαν αποτέλεσμα:

$$F = 6,8 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$