

**Διάρκεια:** 3 ώρες. Κλειστά βιβλία-σημειώσεις, κλειστές κάθε είδους ηλεκτρονικές συσκευές.  
Διατυπώστε και τεκμηριώστε όλες τις παραδοχές σας. Τα θέματα επιστρέφονται.

**Ερώτηση 1** (2 μονάδες)

A) Εξηγήστε τη σημασία της υλικής παραγώγου  $Dp/Dt$ .

B) Διατυπώστε τον ορισμό της ινώδους φλέβας.

Γ) Εξηγήστε τη σημασία του αριθμού Reynolds.

Δ) Θεωρούμε ασυμπιεστη ροή νευτωνικού υγρού με σταθερές φυσικές ιδιότητες. Γράψτε τη διαφορική μορφή των εξισώσεων Navier-Stokes και εξηγήστε τη φυσική σημασία κάθε όρου των εξισώσεων.

**Ερώτηση 2** (0.5 μονάδα)

Νευτωνικό ρευστό, πυκνότητας  $\rho$  και ιξώδους  $\mu$ , ρέει πάνω από μία στερεή επιφάνεια. Το πεδίο ταχύτητας έχει την κατανομή του Σχήματος 2. Να βρεθεί το μέγεθος και η διεύθυνση της διατμητικής τάσης που αναπτύσσεται πάνω στην πλάκα.

**Ερώτηση 3** (0.5 μονάδα)

Στερεό αντικείμενο ζυγίζει  $W$  στον αέρα και  $W/2$  όταν είναι πλήρως βυθισμένο σε υγρό πυκνότητας  $\rho$ . Να βρεθεί η πυκνότητα του στερεού  $\rho_s$ . Θεωρούμε αμελητέα την πυκνότητα του αέρα.

**Ερώτηση 4** (2 μονάδες)

Θεωρούμε δύο πτέρυγες αεροπλάνου με τις διατομές του Σχήματος 4. Υποθέτοντας ότι ο αέρας χρειάζεται το ίδιο χρονικό διάστημα για να διανύσει την άνω και την κάτω πλευρά των πτερύγων, να υποδείξετε την πτέρυγα που είναι η πιο κατάλληλη για πτήσεις μεγάλων ταχυτήτων ελαφρών αεροσκαφών. Η πτέρυγα κινείται στον αέρα με ταχύτητα  $U$  και η ταχύτητα του αέρα κατά μήκος της άνω και της κάτω πλευράς των πτερύγων είναι  $V_{up} = U + \Delta u_{up}$  και  $V_{down} = U$  αντίστοιχα, όπου  $\Delta u_{up} \ll U$ . Στην απόδειξη του ισχυρισμού σας, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την εξίσωση Bernoulli.

**Ερώτηση 5** (2 μονάδες)

Νερό ρέει στη σωλήνωση του Σχήματος 5 με ρυθμό  $\dot{Q}$  (ογκομετρική παροχή) από το σωλήνα A. Η τιμή της πίεσης μετράται πριν και μετά τη διακλάδωση του σωλήνα C. Η ροή είναι μόνιμη, η ταχύτητα είναι ομοιόμορφη, και οι τριβές στα τοιχώματα της σωλήνωσης και το ιξώδες θεωρούνται αμελητέα. Να βρεθεί η τιμή της  $P_1 - P_2$  όταν:

- 1) η μισή ογκομετρική παροχή που εισέρχεται από το σωλήνα A διοχετεύεται στο σωλήνα C,
- 2) παράλληλα με την παροχή  $\dot{Q}$  από το σωλήνα A, νερό εισρέει στη διακλάδωση και από το σωλήνα C με παροχή  $\dot{Q}/2$ .

**Ερώτηση 6** (1 μονάδα)

Θεωρούμε ομοιόμορφη, μονοδιάστατη ροή με σταθερή ταχύτητα  $U$ . Αν στη ροή αυτή τοποθετήσουμε κύλινδρο διαμέτρου  $D$ , στο απόρρεμα του κυλίνδρου σχηματίζεται ασταθής ροή που χαρακτηρίζεται από τη συχνότητα  $\omega$  (μονάδες  $\text{sec}^{-1}$ ), Σχήμα 6. Θεωρούμε ότι η συχνότητα  $\omega$  είναι συνάρτηση της πυκνότητας του ρευστού  $\rho$ , του ιξώδους  $\mu$ , της διαμέτρου του κυλίνδρου  $D$  και της ταχύτητας  $U$ . Να βρεθεί ο αριθμός των αδιάστατων μεγεθών που χαρακτηρίζουν το φαινόμενο και να δώσετε έναν ορισμό των μεγεθών αυτών.

**Ερώτηση 7** (2 μονάδες)

Θεωρούμε μόνιμη, στρωτή, ασυμπίεστη, μονοδιάστατη ροή με σταθερές φυσικές ιδιότητες και σταθερή ταχύτητα  $U$  πάνω από μία πλάκα. Το οριακό πεδίο που αναπτύσσεται έχει πάχος  $\delta$ , Σχήμα 7. Από την  $x$ -συνιστώσα της εξίσωσης της ορμής έχουμε:

$$\tau_w = \rho U^2 \frac{d}{dx} \int_0^\delta \frac{u}{U} \left(1 - \frac{u}{U}\right) dy$$

όπου  $\tau_w$  είναι η διατμητική τάση στην επιφάνεια της πλάκας και το πεδίο ταχυτήτων είναι:

$$\frac{u}{U} = \frac{3}{2} \left(\frac{y}{\delta}\right) - \frac{1}{2} \left(\frac{y}{\delta}\right)^3$$

Να βρεθεί η έκφραση του πάχους του οριακού στρώματος  $\delta$ , συναρτήσει του κινηματικού ιξώδους  $\nu$  ( $=\mu/\rho$ ), της απόστασης  $x$  και της ταχύτητας  $U$ ,  $\delta = f(\nu, x, U)$ .

