

ΡΕΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΟΜΑΔΑ Α

1^ο ΘΕΜΑ

(
(3,0 Μονάδες)

Θεωρούμε την ροή στο εξωτερικά ενός κυλινδρικού σώματος. Η ροή λαμβάνει χώρα κάθετα στον άξονα του σώματος αυτού. Θέλουμε να προσδιορίσουμε την συχνότητα ω η οποία χαρακτηρίζει την ροή με την βοήθεια της διαστατικής ανάλυσης. Τα μεγέθη τα οποία επηρεάζουν την ροή παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Μεταβλητή	Περιγραφή	Διαστάσεις
ω	χαρακτηριστική συχνότητα των στροβίλων πίσω από τον κύλινδρο	$[T^{-1}]$
U	Ταχύτητα	$[LT^{-1}]$
σ	Επιφανειακή τάση	$[MT^{-2}]$
ν	Κινηματικό ιξώδες	$[L^2T^{-1}]$
D	Διάμετρος κυλίνδρου	$[L]$
ρ	Πυκνότητα	$[ML^{-3}]$

Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1α) Κατά την γνώμη σας η επιφανειακή τάση έχει τυπικές διαστάσεις τάσης; Αιτιολογείστε και σχολιάστε σύντομα την απάντησή σας

1β) Πόσα είναι τα αδιάστατα μονώνυμα τα οποία περιγράφουν το εξεταζόμενο πρόβλημα; Αιτιολογείστε σύντομα την απάντησή σας.

1γ) Επιλέξτε σαν κύριες ποσότητες την χαρακτηριστική συχνότητα των στροβίλων ω την επιφανειακή τάση σ και την πυκνότητα ρ και προσδιορίστε τα παραπάνω αδιάστατα μονώνυμα με την βοήθεια του θεωρήματος των π .

1δ) Σε ποιους χαρακτηριστικούς αριθμούς της Ρευστομηχανικής αντιστοιχούν τα παραπάνω αδιάστατα μονώνυμα;

1ε) Για την περίπτωση αμελητέας επίδρασης της επιφανειακής τάσης ποιο από τα παραπάνω αδιάστατα μονώνυμα μπορούμε να αγνοήσουμε;

2^ο ΘΕΜΑ

(1,5 Μονάδες)

Δίνεται η ροϊκή συνάρτηση $\Psi = 2x^2 - y$

α) Σχεδιάστε τις γραμμές ροής $\Psi=0$, $\Psi=1$, $\Psi=2$ και $\Psi=-1$

β) Υπολογίστε τις συνιστώσες του πεδίου ταχυτήτων.

3^ο ΘΕΜΑ

(2,5 Μονάδες)

Υποθέτουμε ότι έχουμε μία άπειρη επίπεδη πλάκα εμβαπτισμένη σ' έναν άπειρο χώρο ρευστού.

Αρχικά η πλάκα και το ρευστό είναι ακίνητα.

Στο χρονικό σημείο $t=0$ η πλάκα αρχίζει και κινείται με σταθερή ταχύτητα U πάνω στο επίπεδο της. Λόγω της συνθήκης μη ολίσθησης το ρευστό αρχίζει να κινείται.

Οι ταχύτητες είναι αρκετά μικρές ώστε οι δυνάμεις αδρανείας να θεωρούνται αμελητέες. Η ροή είναι ασυμπίεστη.

Οι εξωτερικές δυνάμεις \vec{f} θεωρούνται αμελητέες.

Η ροή είναι παράλληλη στον άξονα των x . Οι συνιστώσες της ταχύτητας κατά τους άξονες y και z (v και w) είναι μηδενικές.

Το πεδίο της πίεσης μπορεί να θεωρηθεί παντού σταθερό και όλες οι παράγωγοι της πίεσης ίσες με το μηδέν.

Λόγω της γεωμετρίας του προβλήματος οι μεταβολές κατά την διεύθυνση z θεωρούνται μηδενικές.

Ερωτήσεις

α) Γράψτε τις αρχικές συνθήκες για τη μεταβλητή u (συνιστώσα της ταχύτητας κατά την διεύθυνση x)

β) Γράψτε τις οριακές συνθήκες για τη μεταβλητή u για $y=0$ (στο σημείο επαφής του ρευστού με την πλάκα). Δεδομένου ότι το πεδίο ροής μπορεί να θεωρηθεί ημιάπειρο, ποια δεύτερη οριακή συνθήκη μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε;

γ) Σε ποια απλοποιημένη μορφή μπορούν να μετατραπούν οι εξισώσεις Navier-Stokes και η εξίσωση της συνέχειας για το συγκεκριμένο πρόβλημα;

Οι μόνοι όροι για τους οποίους ενδεχομένως απαιτείται μία αιτιολογία, είναι οι όροι:

$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$ και $\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$ οι οποίοι εμφανίζονται στην εξίσωση:

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = \rho f_x - \frac{\partial P}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right)$$

εάν ένας ή περισσότεροι από τους όρους αυτούς δεν είναι δυνατόν να θεωρηθεί / (θεωρηθούν) αμελητέος (αμελητέοι), δεν είναι απαραίτητο να δοθεί κάποια σχετική αιτιολογία

δ) Με ποια μέθοδο, η οποία αναφέρθηκε στο βιβλίο «Ρευστομηχανική» αλλά και στην παράδοση, μπορούμε να μετατρέψουμε την διαφορική εξίσωση με μερικές παραγώγους σε κανονική διαφορική εξίσωση;

Αναφέρατε την ονομασία της μεθόδου και γράψτε τον σχετικό μετασχηματισμό. Ποιες είναι οι συνθήκες για να μπορεί να εφαρμοσθεί ο μετασχηματισμός αυτός;

Πως εκφράζεται με βάση τις μεταβλητές του μετασχηματισμού αυτού, ο όρος $\frac{\partial u}{\partial t}$;

4^ο ΘΕΜΑ

(3,0 Μονάδες)

α) Έστω ένα αυτοκίνητο το οποίο κινείται με ταχύτητα 120km/h σχετικά με τον ακίνητο αέρα σε οριζόντιο δρόμο. Το βάρος του είναι ίσο με 1,1t. και η μετωπική του επιφάνεια ίση με $S=2,0m^2$. Ο συντελεστής τριβής κυλίσεως είναι ίσος με 0,1, Ο συντελεστής αεροδυναμικής αντίστασης (για την περίπτωση κατά την οποία δεν είναι αναρτημένη σχάρα) ίσος με $C_D = 0,35$.

α1) Κάνετε ένα σκαρίφημα στο οποίο να παρουσιάζονται οι δυνάμεις οι οποίες δρουν στο αυτοκίνητο για την περίπτωση που περιγράψαμε παραπάνω.

α2) Υπολογίστε την απαιτούμενη ισχύ του αυτοκινήτου για την περίπτωση αυτή. (Χωρίς να είναι ανηρτημένη σχάρα).

β) Να εκτιμηθεί η συνολική ισχύς η οποία χρειάζεται το αυτοκίνητο, για να τρέξει με την ίδια ταχύτητα, εάν έχει σχάρα στην οροφή η οποία φορτομένη παρουσιάζει στην διεύθυνση της κινήσεως επιφάνεια διαστάσεων 2,0 m πλάτους και 40cm ύψους. Το βάρος τη φορτωμένης σχάρας μπορεί να θεωρηθεί ίσο με 300kg. Για τον υπολογισμό της αεροδυναμικής συμπεριφοράς της σχάρας μπορείτε να υποθέσετε ότι αυτή μπορεί να προσομοιωθεί με ορθογωνική πλάκα και να χρησιμοποιήσετε τον πίνακα 9.1.1 (σελίδα 9.6 του βιβλίου Ρευστομηχανική). Μπορείτε να κάνετε επίσης την υπόθεση ότι η αεροδυναμική συμπεριφορά του αυτοκινήτου χωρίς την σχάρα δεν επηρεάζεται από την ύπαρξη της σχάρας. Μπορείτε να κάνετε και πάλι την υπόθεση ότι ο δρόμος είναι οριζόντιος. Μπορείτε να κάνετε επίσης την υπόθεση ότι η δεν υπάρχει αλληλεπίδραση ανάμεσα στην αεροδυναμική συμπεριφορά της σχάρας και του αυτοκινήτου υπόθεση, η οποία έγινε σε ανάλογη άσκηση η οποία παρουσιάστηκε στην παράδοση και αναφέρεται επίσης στο βιβλίο του κ. Κωτσοβίνου.

γ) Παίρνοντας υπόψη και τα παραπάνω μπορείτε να εξηγήσετε για ποιο λόγο σε κατηφόρα απαιτείται μικρότερη ισχύς της μηχανής για να αναπτύξει το αυτοκίνητο την ίδια ταχύτητα;

δ) Οι συντελεστές αντίστασης C_D , τιμές των οποίων αναφέρονται και σε πίνακες του βιβλίου της Ρευστομηχανικής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο σε προβλήματα αεροδυναμικής αντίστασης; Είναι δυνατή η χρήση τους σε προβλήματα υδροδυναμικής δηλαδή σε δυνάμεις οι οποίες ασκούνται σε στερεό σώμα από κίνηση νερού;; Αιτιολογείστε σύντομα την απάντησή σας,

ε) Για ποια περίπτωση ο συντελεστής αντίστασης C_D για την περίπτωση ροής γύρω από σφαίρα, μπορεί να υπολογισθεί με την αναλυτική επίλυση ενός συστήματος διαφορικών εξισώσεων; Ποιες άλλες μεθόδους γνωρίζετε για τον υπολογισμό του συντελεστή αυτού;

**Η ΣΑΦΗΝΕΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΙΑ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΘΑ ΣΥΝΕΚΤΙΜΗΘΟΥΝ
ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΓΡΑΠΤΩΝ**