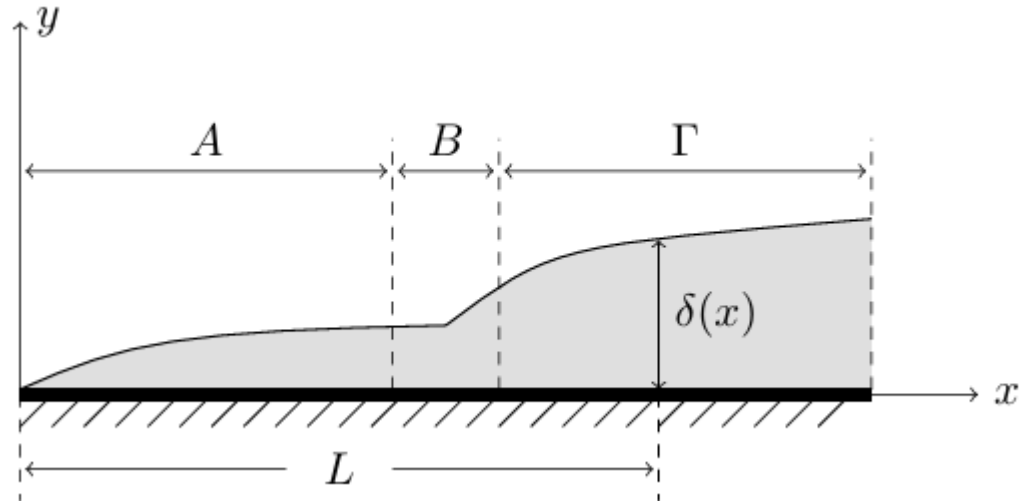
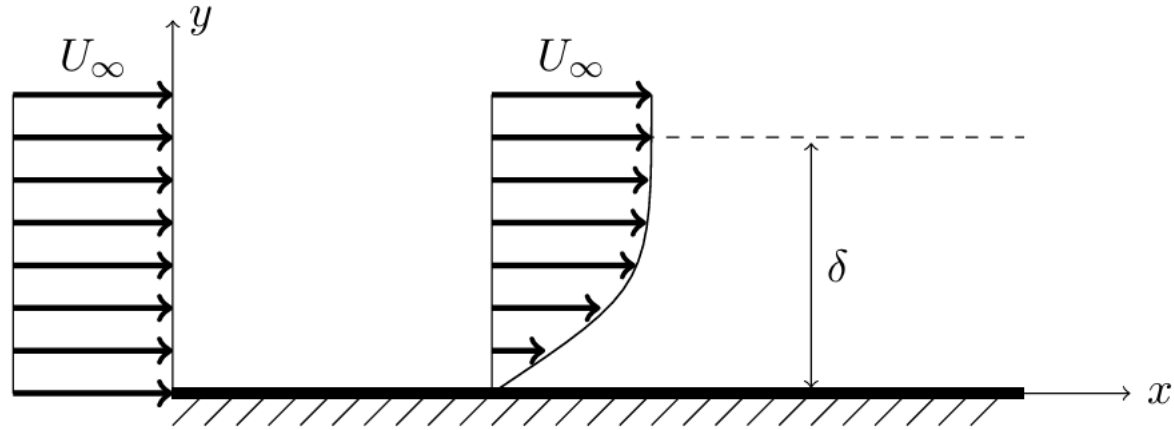


Οριακό Στρώμα



Στρωτό οριακό στρώμα/επίπεδη πλάκα

- Πάχος
- Πάχος μετατόπισης
- Πάχος ορμής
- Πάχος ενέργειας
- Διατμητική τάση

$$\delta = 5\sqrt{\frac{\nu x}{U_\infty}} \quad \delta = 5\frac{x}{\sqrt{Re_x}} \quad Re_x = \frac{xU_\infty}{\nu}$$

$$\delta_1 = 1,7208\sqrt{\frac{\nu x}{U_\infty}} \quad Re_{\kappa\rho} = 5 \cdot 10^5$$

$$\delta_2 = 0,664\sqrt{\frac{\nu x}{U_\infty}} = 0,664\frac{x}{\sqrt{Re_x}}$$

$$\delta_3 = \sqrt{\frac{\nu x}{U_\infty}} \int_0^\infty f'(\eta) [1 - f'^2(\eta)] d\eta = 1,044\frac{x}{\sqrt{Re_x}}$$

$$\tau_0 = 0,3321\frac{\mu U_\infty}{x\sqrt{Re_x}} \frac{xU_\infty}{\nu} = 0,6642\frac{\frac{1}{2}\rho U_\infty^2}{\sqrt{Re_x}}$$

Τυρβώδες οριακό στρώμα/επίπεδη πλάκα

- Πάχος
- Πάχος μετατόπισης
- Πάχος ορμής
- Πάχος ενέργειας
- Διατμητική τάση

$$\delta = 0,371 \left(\frac{\nu}{U_\infty} \right)^{1/5} x^{4/5} \quad \frac{\delta}{x} = 0,371 Re_x^{-1/5}$$

$$\begin{aligned} \tau_0 &= 0,0225 \rho U_\infty^2 \left(\frac{\nu}{U_\infty} \right)^{1/4} \left[0,371 \left(\frac{\nu}{U_\infty} \right)^{1/5} x^{4/5} \right]^{-1/4} \\ &= 0,0288 \rho U_\infty^2 \left(\frac{\nu}{U_\infty} \right)^{1/5} x^{-1/5} \end{aligned}$$

Σύγκριση οριακών στρωμάτων

Στρωτό

Τυρβώδες

- Πάχος

$$\delta_\sigma = 5\sqrt{\frac{\nu x}{U_\infty}} \Rightarrow \delta_\sigma \propto x^{1/2}$$

$$\delta_\tau = 0,371 \left(\frac{\nu}{U_\infty}\right)^{1/5} x^{4/5} \Rightarrow \delta_\tau \propto x^{4/5}$$

- Διατμητική (Οπισθέλκουσα/Drag) δύναμη

$$= b \int_0^L \tau_0 \, dx = 0,3321 b \rho \int_0^L \sqrt{\frac{\nu U_\infty^3}{x}} \, dx \quad F_\tau = b \int_0^L \tau_0 \, dx = 0,0288 b \rho U_\infty^2 \left(\frac{\nu}{U_\infty}\right)^{1/5} \int_0^L x^{-1/5} \, dx$$

$$F_\sigma = 0,6642 b \sqrt{U_\infty^3 \mu \rho L}$$

$$F_\tau = 0,036 b \rho (U_\infty^9 \nu)^{1/5} L^{5/4}$$

$$\propto \frac{1}{U_\infty^{0,3} L^{0,75}}$$



$$F_\tau > F_\sigma$$

Άσκηση 1

Νερό ταχύτητας $U_\infty = 1 \text{ m/s}$ και ιξώδους $\nu = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ρέει επάνω από πλάκα μήκους 3 m . Ποιο είναι το πάχος του στρωτού οριακού στρώματος στο σημείο όπου ο τοπικός αριθμός Reynolds ισούται με $3,6 \cdot 10^5$;

α) Ποια η τιμή της διατμητικής τάσης για τη θέση x που υπολογίστηκε στην προηγούμενη άσκηση; β) Σε ποια νέα θέση πάνω στην πλάκα η τιμή της διατμητικής τάσης θα διπλασιαστεί;

Άσκηση 2

Έστω επίπεδη πλάκα πάνω στην οποία ρέουν διάφορα ρευστά με σταθερή ταχύτητα $U_\infty = 5 \text{ m/s}$. Υπολογίστε σε ποιο σημείο της πλάκας το οριακό στρώμα θα γίνει τυρβώδες και το πάχος του στο σημείο αυτό για νερό και μέλι.

Άσκηση 3

Νερό ρέει σε επίπεδη πλάκα πλάτους 10 cm και μήκους 1 m . Αν $U_\infty = 1\text{ m/s}$ και η ροή είναι στρωτή, υπολογίστε τη διατμητική δύναμη, \mathbf{D} , που αναπτύσσεται πάνω στην πλάκα.

Άσκηση 4

Σε πλάκα μήκους $L = 1 \text{ m}$ ρέει νερό ταχύτητας $U_\infty = 0,1 \text{ m/s}$ και κινηματικού ιξώδους $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Τι είδους ροή εκτελεί το ρευστό και με τι ισούται το μέγιστο πάχος του οριακού στρώματος;

Άσκηση 5

Ξεκινώντας από την κάτωθι εξίσωση, εκφράστε το μέσο συντελεστή διατμητικής τάσης συναρτήσει του αριθμού Reynolds.

$$C_f = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho U_\infty^2 A}$$

Άσκηση 6

Μία πλάκα μήκους $0,8 \text{ m}$ διαρρέεται από νερό ταχύτητας $U_\infty = 13 \text{ m/s}$ και κινηματικού ιξώδους $\nu = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Υπολογίστε το μέγιστο πάχος του οριακού στρώματος.

Άσκηση 7

Υπολογίστε το μέσο συντελεστή διατμητικής τάσης αν αέρας κινηματικού ιξώδους $1,55 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ και πυκνότητας $1,225 \text{ kg}/\text{m}^3$ ρέει με ταχύτητα $11 \text{ m}/\text{s}$ σε πλάκα μήκους 3 m . Υποθέστε ότι $Re_{\kappa\rho} = 5 \cdot 10^5$.

Άσκηση 8

Έστω επίπεδη πλάκα 2 m σε μήκος. Αν διαρρέεται από νερό κινηματικού ιξώδους $\nu = 10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}$, πυκνότητας $\rho = 1000\text{ kg}/\text{m}^3$ και ταχύτητας $U_\infty = 0,15\text{ m}/\text{s}$ μόνο από την πάνω επιφάνειά του, υπολογίστε τα πάχη δ , δ_1 και δ_2 . Αν το πλάτος της πλάκας ισούται με $1,5\text{ m}$ υπολογίστε την οπισθέλκουσα δύναμη, D .