

3. Τριβή στα ρευστά

Ερωτήσεις Θεωρίας

Θ3.1 Να συμπληρωθούν τα κενά στις προτάσεις που ακολουθούν:

α. Η εσωτερική τριβή σε ένα ρευστό ονομάζεται

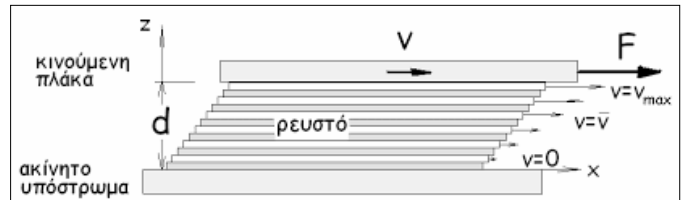
β. Η λίπανση των τμημάτων μιας μηχανής οφείλεται στις δυνάμειςστο εσωτερικό του.

γ. Η εξωτερική δύναμη F που πρέπει να ασκείται στην πάνω πλάκα εμβαδού, A , για να κινείται με σταθερή ταχύτητα, v πάνω σε στρώμα υγρού πάχους d , δίνεται από τη σχέση:

$$F = \dots A \frac{dv}{dx} \dots$$

δ. Ο συντελεστής ιξώδους η μετριέται σε $1P = 1 \text{ dyn} \cdot \text{s} / \text{cm}^2$

ε. Τα υγρά που υπακούουν στη γραμμική σχέση μεταξύ δύναμης F και ταχύτητας, v ονομάζονται υγρά.



Θ3.2 Σε ποιο τομέα βρίσκουν εφαρμογή οι τριβές στο εσωτερικό των ρευστών;

Θ3.3 Ποιο είναι το μοναδικό χαρακτηριστικό του αίματος;

Θ3.4 Γιατί τα αέρια έχουν πολύ μικρό ιξώδες (πχ. αέρας $18 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{s}$);

ΘΕΜΑΤΑ Α

A3.1 Το ιξώδες είναι

α. μέτρο της πυκνότητας του υγρού

β. η εσωτερική τριβή μεταξύ στρωμάτων του ρευστού καθώς το ένα ολισθαίνει ως προς το άλλο.

γ. η δύναμη που ασκούν τα ρευστά στα τοιχώματα του δοχείου

δ. η ταχύτητα της ροής του υγρού.

A3.2 Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές;

Οι δυνάμεις της εσωτερικής τριβής:

α. έχουν τη διεύθυνση της εφαπτομένης της επιφάνειας επαφής μεταξύ δύο διαδοχικών στρωμάτων του υγρού

β. έχουν φορά αντίθετη της ταχύτητας του αντίστοιχου στρώματος

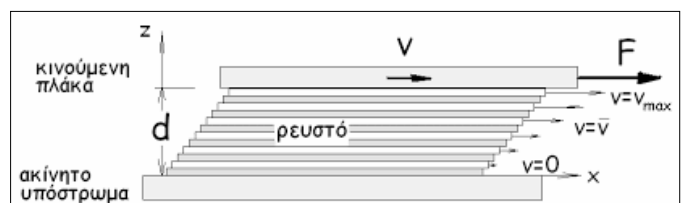
γ. έχουν μέτρο ανάλογο του εμβαδού της επιφάνειας επαφής

δ. είναι ανεξάρτητες από την ταχύτητα του αντίστοιχου στρώματος

ε. είναι ανεξάρτητες από τη θερμοκρασία.

A3.3 Δύο πλάκες εμβαδού A τοποθετούνται οριζόντια και παράλληλα και ανάμεσά τους βάζουμε μέλι σε πάχος d . Η κάτω πλάκα είναι σταθερή. Ασκούμε τη δύναμη F παράλληλα στην πάνω πλάκα ώστε αυτή να μετακινείται με σταθερή ταχύτητα, v . Η δύναμη F είναι

α. ανάλογη του πάχους d του υγρού



- β. αντιστρόφως ανάλογη της ταχύτητας, v .
- γ. αντιστρόφως ανάλογη του εμβαδού, A .
- δ. ανάλογη της ταχύτητας, v .

A3.4 Η δύναμη F που διατηρεί τη σταθερή ταχύτητα της πάνω πλάκας της προηγούμενης ερώτησης, ισούται με

$$\alpha. F = \frac{\eta A v}{d} \qquad \beta. F = \frac{\eta A d}{v} \qquad \gamma. F = \frac{\eta v}{A d} \qquad \delta. F = \frac{v}{A d}$$

όπου η ο συντελεστής ιξώδους

A3.5 Ο συντελεστής ιξώδους, η , στο SI, μετριέται σε

$$\alpha. \text{N}\cdot\text{s}/\text{m} \qquad \beta. \text{N}/\text{m}\cdot\text{s} \qquad \gamma. \text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$$

A3.6 Νευτώνεια ρευστά λέγονται αυτά που

- α. ρέουν στρωτά
- β. υπακούουν στην εξίσωση $F = \eta A v / d$
- γ. ρέουν αργά
- δ. έχουν μεγάλο συντελεστή ιξώδους.

A3.7 Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές;

- α. Το αίμα δεν συμπεριφέρεται ως νευτώνειο υγρό.
- β. Το νερό έχει μικρότερο ιξώδες από το μηχανέλαιο
- γ. Η απαιτούμενη δύναμη F είναι ανάλογη του συντελεστού ιξώδους, η .
- δ. Όλα τα υγρά συμπεριφέρονται ως νευτώνεια υγρά.
- ε. Το ιξώδες παίζει καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία των λιπαντικών ουσιών.

A3.8 Δύο στρώματα γλυκερίνης εμβαδού A κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση με ταχύτητες v_1, v_2 με $v_1 > v_2$. Η μεταξύ τους απόσταση είναι d και ο συντελεστής εσωτερικής τριβής της γλυκερίνης n . Η δύναμη της εσωτερικής τριβής θα δίνεται από τη σχέση

$$\alpha. T = n A \frac{v_1 - v_2}{d} \qquad \beta. T = n A \frac{v_1 + v_2}{d} \qquad \gamma. T = n d \frac{v_1 - v_2}{A} \qquad \delta. T = n A^2 \cdot \frac{v_1 - v_2}{d}$$

A3.9 Ο συντελεστής ιξώδους ενός ρευστού

- α. έχει σταθερή τιμή για κάθε υγρό
- β. είναι ανεξάρτητος της θερμοκρασίας
- γ. εκφράζει τη μεταβολή ταχύτητας ανά μονάδα πάχους υγρού
- δ. μετριέται σε Pa·s.

A3.10 Υγρό ρέει στρωτά μεταξύ δύο ακίνητων οριζοντίων επιφανειών. Οι ταχύτητες των μορίων του υγρού είναι:

- α. ίσες σε όλη την έκταση του υγρού
- β. μηδενικές στη μία επιφάνεια και μέγιστες στην άλλη
- γ. μηδενικές στις επιφάνειες και αυξάνονται προς το μέσο της απόστασης
- δ. μέγιστες στις επιφάνειες και μηδενικές στο μέσον της απόστασης.

A3.11 Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές;

Νευτώνειο ρευστό βρίσκεται μεταξύ ακίνητης οριζόντιας επιφάνειας και άλλης παράλληλης και όμοιας που κινείται ομαλά. Το μέτρο της συνισταμένης των εσωτερικών τριβών που αναπτύσσεται στο ρευστό:

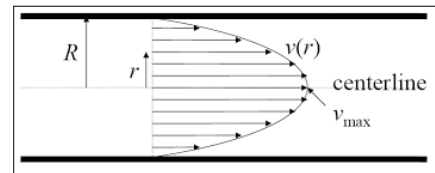
- α. είναι ανάλογο της ταχύτητας της κινούμενης επιφάνειας
- β. είναι ανάλογο του εμβαδού της επιφάνειας
- γ. εξαρτάται από το είδος του ρευστού
- δ. είναι ανάλογο του πάχους του ρευστού.
- ε. εξαρτάται από τη θερμοκρασία

A3.12 Νευτώνειο ρευστό βρίσκεται μεταξύ μιας ακίνητης κάτω οριζόντιας επιφάνειας και άλλης παράλληλης και όμοιας που κινείται ομαλά. Οι ταχύτητες των μορίων του ρευστού

- α. είναι ίδιες σε όλη την έκταση αυτού
- β. είναι μέγιστες στην κινούμενη επιφάνεια και μικρότερες στην ακίνητη.
- γ. έχουν τυχαίες και συνεχώς μεταβαλλόμενες τιμές
- δ. είναι μέγιστες στην κινούμενη επιφάνεια και μηδενικές στην ακίνητη.

A3.13 Στο διπλανό σχήμα βλέπουμε την κατανομή ταχυτήτων ενός ρευστού σε σωλήνα.

- α. Το ρευστό είναι ιδανικό.
- β. Το ρευστό έχει μηδενικό συντελεστή ιξώδους.
- γ. Υπάρχει τριβή μεταξύ των μορίων του υγρού αλλά και μεταξύ των μορίων του υγρού και της επιφάνειας του σωλήνα.
- δ. Υπάρχει τριβή μεταξύ των μορίων του υγρού αλλά δεν υπάρχει τριβή μεταξύ των μορίων του υγρού και της επιφάνειας του σωλήνα



A3.14 Η δύναμη της εσωτερικής τριβής που παρουσιάζει ένα πραγματικό αλλά νευτώνειο υγρό είναι

- α. ανάλογη της απόστασης μεταξύ των σημείων με τη μέγιστη και την ελάχιστη ταχύτητα
- β. ανάλογη της διαφοράς ταχυτήτων μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης τιμής
- γ. ίδια με την αντίστοιχη δύναμη των ιδανικών ρευστών
- δ. αντιστρόφως ανάλογη του du/dy .

A3.15 Κατά μήκος ενός οριζόντιου σωλήνα σταθερής διατομής που ρέει πραγματικό ρευστό, η πίεση

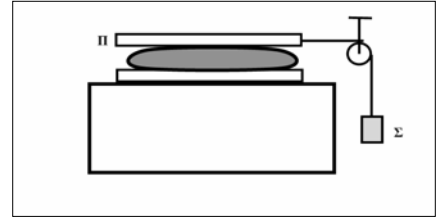
- α. διατηρείται σταθερή
- β. πάντα μειώνεται
- γ. πάντα αυξάνεται
- δ. αυξάνεται ή μειώνεται ανάλογα με το είδος του ρευστού.

ΘΕΜΑΤΑ Β

B3.1 Στο διπλανό σχήμα βλέπουμε την πάνω πλάκα Π να κινείται με σταθερή ταχύτητα πάνω σε μια ποσότητα μελιού δεχόμενη δύναμη μέσω του νήματος καθώς το σώμα Σ πέφτει.

I. Ποιες είναι οι ενεργειακές μετατροπές που συμβαίνουν.

II. Αν το βάρος του σώματος Σ είναι mg , το εμβαδόν της κάθε πλάκας A , η απόσταση των πλακών L και ο συντελεστής ιξώδους η , τότε η ταχύτητα της πλάκας είναι:



$$\alpha. v = \frac{mgL}{A}$$

$$\beta. v = \frac{mgL}{nA}$$

$$\gamma. v = \frac{2mgL}{nA}$$

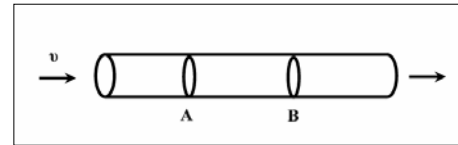
B3.2 Κατά μήκος ενός οριζώντιου σωλήνα σταθερής διατομής ρέει πραγματικό ρευστό με σταθερή μέση ταχύτητα, v . Η διαφορά πίεσης, $p_A - p_B$, μεταξύ των σημείων Α και Β που απέχουν απόσταση, x , είναι

α. μηδενική

β. ανάλογη της απόστασης, x

γ. ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης, x

δ. αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης, x



B3.3 Κατά μήκος ενός οριζώντιου σωλήνα σταθερής διατομής, A , ρέει πραγματικό ρευστό με σταθερή μέση ταχύτητα, v . Επειδή υπάρχουν τριβές, για να διατηρηθεί σταθερή η ταχύτητα απαιτείται η δράση μιας αντλίας. Αν η διαφορά πίεσης μεταξύ δύο σημείων είναι $p_1 - p_2$, η ισχύς της αντλίας είναι:

$$\alpha. P = (p_1 - p_2)Av$$

$$\beta. P = (p_1 - p_2)Av^2$$

$$\gamma. P = (p_1 - p_2)A^2v$$

B3.4 Δύο πλάκες εμβαδού A τοποθετούνται οριζόντια και παράλληλα και ανάμεσά τους βάζουμε μέλι σε πάχος d . Η κάτω πλάκα είναι σταθερή. Ασκούμε τη δύναμη F παράλληλα στην πάνω πλάκα ώστε αυτή να μετακινείται με σταθερή ταχύτητα, v . Αν η απόσταση γίνει $d/2$ και η ταχύτητα θέλουμε να είναι $4v$ τότε η δύναμη πρέπει να γίνει η δύναμη F' πρέπει να είναι

$$\alpha. F' = F/8$$

$$F' = 4F$$

$$F' = 2F$$

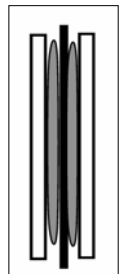
$$F' = 8F.$$

B3.5 Ένα πλακίδιο αμελητέου πάχους, μάζας m και εμβαδού A γλιστράει ανάμεσα από δύο στρώματα παχύρρεστου νευτώνειου υγρού συντελεστού ιξώδους, η . Το πάχος του κάθε στρώματος είναι L . Όλο το σύστημα βρίσκεται ανάμεσα από δύο κατακόρυφες ακλόνητες πλάκες ίδιου εμβαδού, A , που είναι παράλληλες προς το πλακίδιο. Η μέγιστη σταθερή ταχύτητα (οριακή) με την οποία πέφτει το πλακίδιο είναι

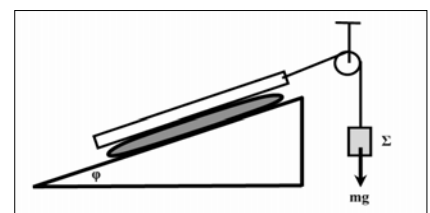
$$\alpha. v_{op} = \frac{Lmg}{nA}$$

$$\beta. v_{op} = \frac{Lmg}{2nA}$$

$$\gamma. v_{op} = \frac{2Lmg}{nA^2}$$



B3.6 Στο σύστημα που φαίνεται στο σχήμα πλάκα έχει μάζα M και μπορεί να γλιστράει πάνω σε ένα στρώμα γλυκερίνης. Αν τη δέσουμε μέσω αβαρούς τροχαλίας με ένα σώμα μάζας m , παρατηρούμε ότι κινείται προς τα πάνω με σταθερή ταχύτητα, v . Αν κόψουμε το νήμα και την αφήσουμε να κινηθεί



παρατηρούμε ότι κατεβαίνει με την ίδια σταθερή ταχύτητα. Αν η γωνία κλίση του κεκλιμένου είναι φ με $\eta\mu\varphi=1/5$, τότε η σχέση μεταξύ των μαζών M και m είναι

α. $M=m$

β. $M=0,4m$

γ. $M=2,5m$

δ. $M=2m$

B3.7 Δύο πλάκες εμβαδού A τοποθετούνται οριζόντια και παράλληλα και ανάμεσά τους βάζουμε μέλι συντελεστή ιξώδους η , σε πάχος d . Η κάτω πλάκα είναι σταθερή. Ασκούμε τη δύναμη F παράλληλα στην πάνω πλάκα ώστε αυτή να μετακινείται με σταθερή ταχύτητα, v . Ο ρυθμός παραγωγής έργου από τη δύναμη F είναι:



α. $\frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{\eta Av}{d}$

β. $\frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{\eta Av^2}{d}$

γ. $\frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{\eta Av^3}{d}$

• **B3.8** Στο σχήμα βλέπουμε μια ροή ρευστού σε οριζόντιο σωλήνα σταθερής διατομής.

I. Το ρευστό είναι:

α. Ιδανικό

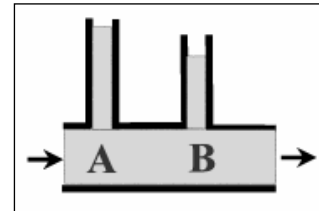
β. Πραγματικό

γ. Δεν μπορούμε να απαντήσουμε με αυτά τα δεδομένα.

II. Η μέση ταχύτητα ροής από το A στο B

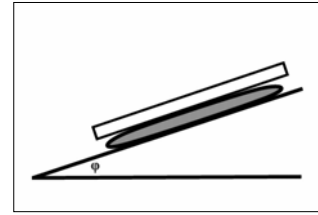
α. αυξάνεται β. μειώνεται γ. διατηρείται σταθερή

Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.



ΘΕΜΑΤΑ Γ

Γ3.1 Μια πλάκα μάζας $m=2\text{g}$, εμβαδού $A=2\text{cm}^2$ αφήνεται χωρίς αρχική ταχύτητα να γλιστράει πάνω σε κεκλιμένο επίπεδο γωνίας κλίσης $\varphi=30^\circ$. Μεταξύ πλάκας και επιπέδου υπάρχει ένα στρώμα λιπαντικού πάχους $L=1\text{mm}$ με συντελεστή ιξώδους $\eta=5\cdot 10^{-2}\text{Pa}\cdot\text{s}$.



α. Να γράψετε την εξίσωση που δίνει τη μεταβολή της επιτάχυνσης της πλάκα συναρτήσει της ταχύτητας.

β. Να υπολογίσετε τη μέγιστη και σταθερή ταχύτητα (οριακή) που θα αποκτήσει η πλάκα.

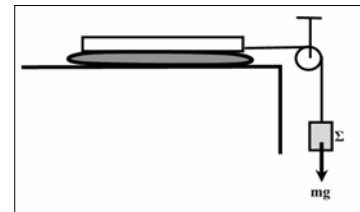
γ. Να υπολογίσετε το ρυθμό παραγωγής θερμότητας λόγω τριβών κατά τη διάρκεια της ισοταχούς κίνησης.

δ. Να υπολογίσετε τη θερμότητα που εκλύεται για μετατόπιση $\Delta x=20\text{m}$ πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο υπό σταθερή ταχύτητα.

Δίνεται $g=10\text{m/s}^2$.

α. $a=5-5v$, β. $v=1\text{m/s}$, γ. $P_\theta=10^{-2}\text{J/s}$, δ. $W=0,2\text{J}$

Γ3.2 Η πλάκα εμβαδού $A=2\text{cm}^2$ γλιστράει πάνω σε στρώμα λιπαντικού με σταθερή ταχύτητα $v=10\text{m/s}$ με τη βοήθεια σώματος μάζας $m=200\text{g}$ που πέφτει κατακόρυφα με τη βοήθεια νήματος όπως φαίνεται στο σχήμα. Αν το πάχος του λιπαντικού είναι $d=2\text{mm}$, να υπολογιστούν:



α. Ο συντελεστής ιξώδους η του λιπαντικού.

β. Το μέτρο μιας οριζόντιας δύναμης F που θα έπρεπε να ασκήσουμε στην πλάκα ώστε να κινείται με τις ίδιες συνθήκες αλλά προς τα αριστερά και με διπλάσια ταχύτητα, $2v$.

γ. Ο ρυθμός παραγωγής έργου της δύναμης F .

Δίνεται $g=10\text{m/s}^2$.

α. $\eta=2\text{Pa}\cdot\text{s}$, β. $F=6\text{N}$, γ. $P=120\text{J/s}$

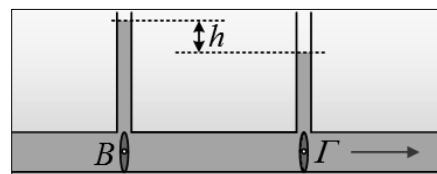
Γ3.3 Η αορτή έχει διάμετρο $2,4\text{cm}$ και μέση παροχή αίματος $\Pi=14,4\pi\cdot 10^{-3}\text{L/s}$. Επειδή το αίμα δεν είναι ιδανικό ρευστό συμβαίνει μια πτώση πίεσης $\Delta p=400\text{Pa}$ ανά 1 μέτρο διαδρομής. Να υπολογιστούν:

α. Η μέση ταχύτητα του αίματος στην αορτή

β. Η ισχύς που δαπανά η καρδιά για να διατηρηθεί σταθερή η ροή κατά μήκος ενός οριζόντιου τμήματος της αορτής μήκους 10cm .

α. $0,1\text{m/s}$, β. $P=576\pi\cdot 10^{-6}\text{Pa}$

•**Γ3.4** Σε έναν οριζόντιο σωλήνα σταθερής διατομής, ρέει νερό με σταθερή παροχή. Τα δύο μανόμετρα (οι δυο κατακόρυφοι λεπτοί σωλήνες) βρίσκονται σε οριζόντια απόσταση $d=20\text{m}$ και στο εσωτερικό τους το νερό ανέρχεται σε ύψη που διαφέρουν κατά $h=0,6\text{cm}$.



α. Να βρεθεί η μείωση της πίεσης μεταξύ των σημείων B και Γ, στα κάτω άκρα των σωλήνων.

β. Η μέση ταχύτητα ροής του νερού, είναι μεγαλύτερη στο B ή στο Γ;

γ. Να αποδειχθεί ότι κατά τη ροή του νερού εμφανίζεται τριβή και υπολογισθεί η θερμική ενέργεια που εμφανίζεται κατά την μετακίνηση $\Delta x=1\text{m}$, μιας ποσότητας νερού όγκου $V=1\text{m}^3$.

Δίνεται η πυκνότητα του νερού $\rho=1.000\text{kg/m}^3$ και $g=10\text{m/s}^2$, ενώ το νερό να θεωρηθεί ασυμπίεστο πραγματικό ρευστό.

α. $\Delta p=60\text{N/m}^2$, β. είναι ίσες, γ. 3J

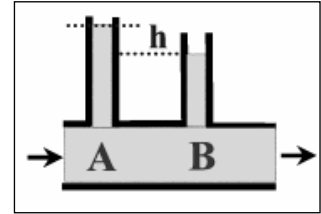
• **Γ3.5** Σε ένα οριζόντιο αγωγό πετρελαίου η πίεση μειώνεται με σταθερό τρόπο κατά $8 \cdot 10^3\text{N/m}^2$ κάθε 1km .

α. Αν τα σημεία A και B απέχουν οριζόντια απόσταση $AB=1\text{m}$ πόση είναι η υψομετρική διαφορά h μεταξύ των σταθμών του υγρού στους δύο κατακόρυφους σωλήνες;

β. Ποιες είναι οι απώλειες ενέργειας για 1m^3 πετρελαίου όταν αυτό προχωράει κατά 1m .

γ. Πόση πρέπει να είναι η ισχύς μιας αντλίας που θέλει να διατηρήσει σταθερή την παροχή $\Pi=50\text{m}^3/\text{s}$ κατά μήκος 10km του ίδιου αγωγού;

Δίνεται η πυκνότητα του πετρελαίου $\rho=800\text{kg/m}^3$.



α. $h=1\text{mm}$, β. 8J , γ. $P=4\text{MW}$