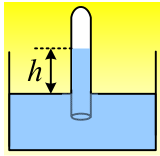
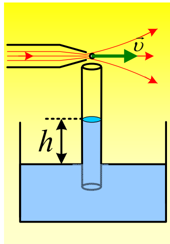
Ανύψωση μιας στήλης νερού.



Στο διπλανό σχήμα, ένας αντεστραμμένος σωλήνας με κλειστό το πάνω του άκρο, συγκρατείται σε κατακόρυφη θέση σε μια λεκάνη με νερό, με αποτέλεσμα, το νερό να έχει ανέλθει στο εσωτερικό του κατά h=5cm.

i) Να υπολογιστεί η πίεση του αέρα στο εσωτερικό του σωλήνα, πάνω από το νερό.



ii) Ένας δεύτερος σωλήνας με ανοικτά τα δυο του άκρα, βυθίζεται στο νερό και δημιουργώντας ένα ρεύμα αέρα στο πάνω άκρο του, παρατηρούμε να «ανεβαίνει» ξανά το νερό στο εσωτερικό του, κατά h=5cm.

α) Μπορείτε να ερμηνεύσετε την άνοδο του νερού στο εσωτερικό του σωλήνα;

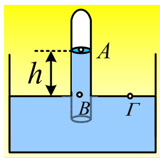
β) Να βρεθεί η ταχύτητα του ρεύματος του αέρα, θεωρώντας τη ροή μόνιμη και στρωτή.

iii) Αν το μήκος του σωλήνα που προεξέχει του νερού είναι l=0,1m, ποια ταχύτητα πρέπει να έχει το ρεύμα του αέρα, ώστε το νερό να φτάσει στο πάνω άκρο του σωλήνα;

iv) Αν το ρεύμα αέρα έχει ταχύτητα υ=45m/s, τι πρόκειται να συμβεί;

Δίνονται η πυκνότητα του νερού $\rho=1.000 kg/m^3$, η πυκνότητα του αέρα $\rho_\alpha=1,25 kg/m^3$, η επιτάχυνση της βαρύτητας $g=10 m/s^2$ και η ατμοσφαιρική πίεση $p_{\alpha\tau}=10^5 N/m^2$.

Απάντηση:



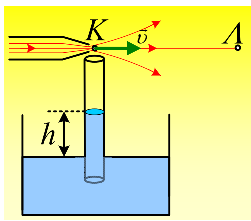
i) Στην επιφάνεια της στήλης του νερού, σημείο Α, η πίεση p_A, είναι ίση με την πίεση του εγκλωβισμένου αέρα. Έστω τα σημεία Β και Γ, όπως το σχήμα, στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο, οπότε:

$$p_B = p_\Gamma \rightarrow$$

$$p_A + \rho g h = p_{\alpha\tau} \rightarrow$$

$$p_A = p_{\alpha\tau} - \rho g h = 10^5 N/m^2 - 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}05 N/m^2 = 99.500 N/m^2$$

ii) α) Αφού έχει ανέβει το νερό στο σωλήνα, σημαίνει ότι η πίεση πάνω από την επιφάνεια της στήλης, είναι μικρότερη από την ατμοσφαιρική, όπως και στο προηγούμενο ερώτημα. Και αφού μιλάμε για το ίδιο ύψος h, σημαίνει ότι πάνω από την στήλη, συνεπώς και στο σημείο Κ, η πίεση θα είναι επίσης $p_K = 99.500 N/m^2$.

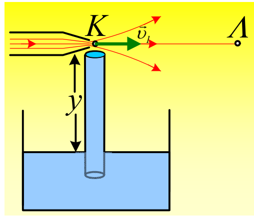


β) Θεωρώντας μόνιμη και στρωτή τη ροή ρου ρεύματος αέρα, πάνω από το σωλήνα, εφαρμόζουμε την εξίσωση Bernoulli κατά μήκος μιας ρευματικής γραμμής και για τα σημεία Κ και Λ, όπου το σημείο Λ, βρίσκεται μακριά από το ακροφύσιο. Έτσι στο σημείο Λ, θεωρούμε ότι η πίεση είναι ίση με την ατμοσφαιρική και η ταχύτητα του αέρα μηδενική.

$$p_K + \frac{1}{2}\rho_a \upsilon^2 = p_\Lambda + \frac{1}{2}\rho_a \upsilon_\Lambda^2 \rightarrow$$

$$p_K + \frac{1}{2}\rho_a \upsilon^2 = p_{a\tau} \quad (1) \rightarrow$$

$$\upsilon = \sqrt{\frac{2(p_{a\tau} - p_K)}{\rho_a}} = \sqrt{\frac{2(100.000 - 99.500)}{1,25}} m/s \approx 28,3 m/s$$



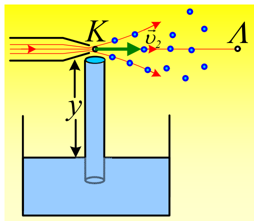
iii) Έστω υ_1 η ταχύτητα του αέρα, όταν νερό έχει ανέβει κατά y=ℓ=0,1m. Εργαζόμενοι ξανά, όπως στο i) ερώτημα βρίσκουμε:

$$p'_K = p_{a\tau} - \rho g y = 10^5 N/m^2 - 10^3 \cdot 10 \cdot 0,1 N/m^2 = 99.000 N/m^2$$

Παίρνοντας και πάλι την εξίσωση Bernoulli κατά μήκος μιας ρευματικής γραμμής και για τα σημεία Κ και Λ, έχουμε από την εξίσωση (1):

$$p'_K + \frac{1}{2}\rho_a \upsilon_1^2 = p_{a\tau}$$

$$\upsilon_1 = \sqrt{\frac{2(p_{a\tau} - p'_K)}{\rho_a}} = \sqrt{\frac{2(100.000 - 99.000)}{1,25}} m/s = 40 m/s$$



iv) Αν η ταχύτητα του αέρα γίνει μεγαλύτερη, από αυτήν που υπολογίσαμε παραπάνω (υ>40m/s), τότε ο σωλήνας θα ξεχειλίσει, οπότε το ρεύμα αέρος, θα συμπαρασύρει σταγονίδια νερού.

Θα έχουμε δηλαδή δημιουργήσει ένα **ψεκαστήρα**!

Υλικό Φυσικής-Χημείας

Γιατί το να μοιράζεσαι πράγματα, είναι καλό για όλους…

Επιμέλεια:

Διονύσης Μάργαρης