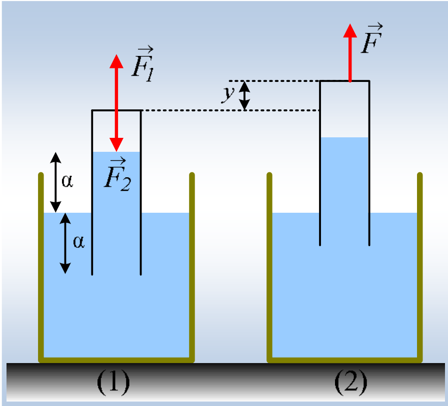
Ένας αντεστραμμένος σωλήνας



Σε ένα ανοικτό δοχείο με νερό έχουμε αντιστρέψει έναν κατακόρυφο σωλήνα, όπως στο σχήμα (1), όπου το νερό έχει ανέβει κατά α, όσο είναι και το βυθισμένο μέρος του σωλήνα. Το βάρος του σωλήνα θεωρείται αμελητέο.

i) Για να συγκρατείται στη θέση του ο σωλήνας, πρέπει να του ασκούμε με το χέρι μας:

α) Κατακόρυφη δύναμη προς τα πάνω, όπως η $\vec{F}_1$.

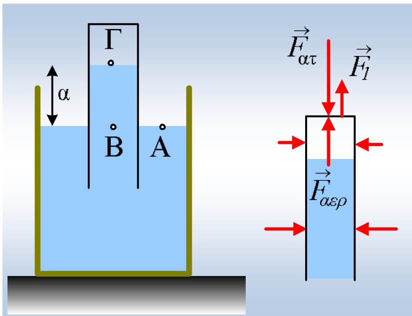
β) Κατακόρυφη δύναμη προς τα κάτω, όπως η $\vec{F}_2$.

γ) Δεν απαιτείται η άσκηση κάποιας δύναμης.

ii) Ασκώντας κατάλληλη δύναμη στο σωλήνα τον ανεβάζουμε κατά y, φέρνοντάς τον στη θέση που δείχνει το σχήμα (2). Τότε η στάθμη του νερού στο εσωτερικό του:

α) Θα ανέβει, β) θα κατέβει, γ) θα παραμείνει στο ίδιο ύψος α.

Απάντηση:



i) Ας πάρουμε τα σημεία Α και Β του διπλανού σχήματος τα οποία βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Η πίεση στα σημεία αυτά είναι ίδια, οπότε:

$$p_B = p_A \rightarrow p_\Gamma + \rho g \cdot \alpha = p_{ατμ} \quad (1) \rightarrow$$

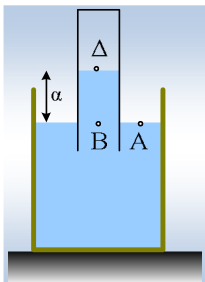
$$p_\Gamma < p_{ατμ}$$

Όπου η πίεση στο Γ είναι η πίεση του εγκλωβισμένου αέρα στο σωλήνα.

Στο διπλανό σχήμα έχουν σχεδιαστεί οι δυνάμεις που ασκούνται στο σωλήνα. Οι πλευρικές δυνάμεις είναι ανά δύο αντίθετες, οπότε η συνισταμένη τους είναι μηδενική. Μένουν λοιπόν μόνο οι δυνάμεις στην πάνω βάση του σωλήνα, όπως έχουν σημειωθεί στο σχήμα. Από την ισορροπία του σωλήνα, θεωρώντας ότι ασκούμε με το χέρι μας μια κατακόρυφη δύναμη $\vec{F}$, παίρνουμε (θετική φορά προς τα πάνω):

$$\Sigma F = 0 \rightarrow F_{αερ} - F_{ατ} + F = 0 \rightarrow$$

$$F = p_{ατ} \cdot A - p_\Gamma \cdot A = (p_{ατ} - p_\Gamma) \cdot A > 0$$



Με βάση την παραπάνω σχέση η τιμή της δύναμης $\vec{F}$, είναι θετική, πράγμα που σημαίνει ότι έχει φορά προς τα πάνω, όπως η δύναμη F_1 στο σχήμα. Σωστό το α).

ii) Ας υποθέσουμε ότι ανεβάζουμε το σωλήνα κατά y ενώ το νερό δεν ανεβαίνει στο σωλήνα, ευρισκόμενο ξανά σε ύψος α, ως προς το υπόλοιπο δοχείο, όπως στο σχήμα. Τότε από τη σχέση (1) για τις πιέσεις στα σημεία Α και Δ έχουμε:

$$P_{\Delta}+\rho g \cdot \alpha = p_{\alpha\tau\mu} \quad \rightarrow p_{\Delta}=p_{\alpha\tau\mu}-\rho g\alpha = p_{\Gamma}$$

Δηλαδή η πίεση του εγκλωβισμένου αέρα μέσα στο σωλήνα παραμένει σταθερή, όση και πριν το ανέβασμα του σωλήνα. Αλλά, αν θεωρήσουμε ότι η ποσότητα αυτή του αέρα διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία της, από το νόμο του Boyle θα ισχύει:

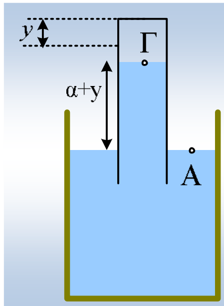
$$p_{\Gamma} \cdot V_{\alpha\rho\chi}=p_{\Delta} \cdot V_{\tau\varepsilon\lambda}$$

Και αφού $V_{\tau\varepsilon\lambda} > V_{\alpha\rho\chi}$ θα ισχύει και $p_{\Delta} < p_{\Gamma}$ και η υπόθεσή μας οδηγήθηκε σε άτοπο.

Συνεπώς το νερό θα ανέβει μέσα στο σωλήνα, αφού μειώνεται η πίεση και για να ισχύει η σχέση (1) θα πρέπει να αυξηθεί το ύψος της στήλης του νερού. Σωστό το α).

Σχόλιο:

Και να μην θυμάται κάποιος τον νόμο για την ισόθερμη μεταβολή, θα ήταν λογικό να σκεφτεί ότι όταν αυξάνεται ο όγκος του εγκλωβισμένου αέρα, δεν θα μείνει σταθερή η πίεση…



Αλλά ούτε και ο όγκος του αέρα θα μπορούσε να παραμείνει σταθερός, να ανέβει δηλαδή η στήλη κατά y. Πράγματι αν κάποιος υποθέσει ότι ανεβάζοντας κατά y το σωλήνα, ανεβαίνει επίσης κατά y το νερό, τότε με βάση το διπλανό σχήμα, θα είχαμε:

$$p_A=p_{\Gamma}+\rho g(\alpha+y) \quad (1^{\alpha})$$

Σχέση η οποία αν συγκριθεί με την (1) δίνει y=0!

Το νερό με άλλα λόγια θα ανέβει μέσα στο σωλήνα, αλλά κατά κάποιο ύψος y_1, μικρότερο από το ύψος y που ανεβάζουμε το σωλήνα.

dmargaris@gmail.com