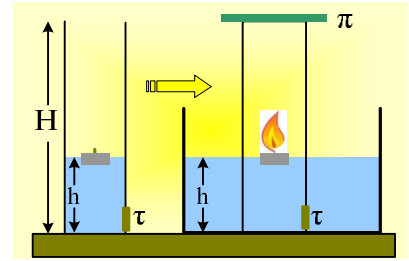


## Το νερό ανεβαίνει λόγω καύσης

Έχουμε μια μεγάλη λεκάνη με νερό και ένα κυλινδρικό ανοικτό δοχείο με βάση Α και ύψος  $H=20\text{cm}$ , εντός του οποίου ρίχνουμε νερό. Στη συνέχεια, στην επιφάνειά του τοποθετούμε ένα κεράκι ρεσώ, το οποίο επιπλέει, όπως στο αριστερό σχήμα, με αποτέλεσμα το ύψος του νερού να είναι  $h=5\text{cm}$ . Παίρνουμε το δοχείο και το τοποθετούμε μέσα στη λεκάνη, κλείνοντάς το αεροστεγώς από πάνω, με μια βαριά πλάκα και



συμπληρώνουμε νερό στη λεκάνη μέχρι να φτάσει επίσης σε ύψος  $h$ . Κάποια στιγμή, μέσω κατάλληλου ηλεκτρονικού μηχανισμού ανάβουμε το κεράκι. Το κεράκι καίγεται για μικρό χρονικό διάστημα και στη συνέχεια σβήνει. Αφήνουμε λίγο χρόνο να ψυχθεί το περιεχόμενο του δοχείου και να αποκτήσει την αρχική του θερμοκρασία και κατόπιν ανοίγουμε μια μικρή τάπα εμβαδού  $A_1=0,5\text{cm}^2$ , στην πλευρά του δοχείου, πολύ κοντά στη βάση του, οπότε βλέπουμε νερό να εισχωρεί στο δοχείο, με αποτέλεσμα να ανεβαίνει η στάθμη στο εσωτερικό του, σε ύψος  $h_1=7\text{cm}$ , ενώ δεν παρατηρούμε εμφανή μεταβολή της στάθμης του νερού της λεκάνης.

- i) Γιατί λέτε να έσβησε το κερί;
- ii) Να υπολογίσετε την τελική πίεση των αερίων στο εσωτερικό του κυλίνδρου, μετά το άνοιγμα της τάπας.
- iii) Υπολογίστε τη συνολική δύναμη που δέχεται η τάπα, από το νερό, πριν το άνοιγμά της.
- iv) Το κερί είναι ένας υδρογονάνθρακας, που η καύση του παράγει  $\text{CO}_2$  και υδρατμούς. Θεωρούμε ότι το κεράκι έσβησε όταν κατανάλωσε όλο το  $\text{O}_2$  και πριν ανοίξουμε την τάπα οι υδρατμοί υγροποιούνται ενώ το  $\text{CO}_2$  απορροφάται πλήρως από το νερό. Να εξετάσετε αν τα αποτελέσματα του πειράματος δικαιολογούν αυτές τις υποθέσεις.

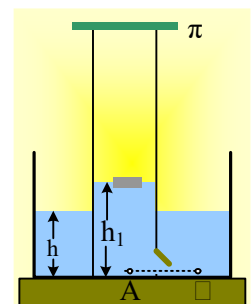
Δίνονται: η πυκνότητα του νερού  $\rho=1.000\text{kg/m}^3$ ,  $g=10\text{m/s}^2$ , η σύσταση του αέρα είναι 20% κ.ο.  $\text{O}_2$  και 80% κ.ο.  $\text{N}_2$ , ενώ  $p_{\text{atm}}=10^5\text{Pa}$ .

### Απάντηση:

- i) Η καύση του κεριού, είναι μια χημική αντίδραση που πραγματοποιείται καταναλώνοντας το οξυγόνο του αέρα (θυμηθείτε την καύση ενός υδρογονάνθρακα από την Χημεία σας). Μόλις εξαντληθεί η διαθέσιμη ποσότητα  $\text{O}_2$ , το κεράκι σβήνει.
- ii) Μόλις ανοίξουμε την τάπα και το νερό ανέβη στο κυλινδρικό δοχείο, θα πάρουμε την εικόνα του διπλανού σχήματος. Παίρνοντας δύο σημεία Α και Β στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο, πολύ κοντά στους πυθμένες λεκάνης και δοχείου, θα έχουμε:

$$p_A=p_B \rightarrow p_1+\rho gh_1=p_{\text{atm}}+\rho gh$$

όπου  $p_1$  η πίεση του αέρα μέσα στο δοχείο. Με αντικατάσταση παίρνουμε:



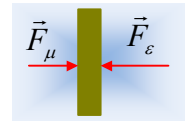
$$p_1 = p_{\alpha\tau\mu} + \rho g(h - h_1) = 10^5 \text{ Pa} - 1.000 \cdot 10 \cdot (0,05 - 0,07) \text{ Pa} = 99.800 \text{ Pa}$$

iii) Πριν το άνοιγμα της τάπας, το νερό στο δοχείο βρισκόταν ίδιο ύψος με το νερό στη λεκάνη ενώ ο αέρας στο δοχείο κατείχε μεγαλύτερο όγκο. Θεωρώντας σταθερή τη θερμοκρασία, από το νόμο του Boyle παίρνουμε:

$$p_0 V_0 = p_1 V_1 \rightarrow p_0 = p_1 \frac{V_1}{V_0} = p_1 \frac{A(H - h_1)}{A(H - h)} = p_1 \frac{(H - h_1)}{(H - h)}$$

$$p_0 = p_1 \frac{(H - h_1)}{(H - h)} = 99.800 \frac{0,2 - 0,07}{0,2 - 0,05} \text{ Pa} = 86.493 \text{ Pa}$$

Οπότε θεωρώντας σταθερή την πίεση σε όλα τα σημεία της τάπας (έχει μικρό εμβαδόν, άρα η υπόθεσή μας είναι «λογική»), τόσο στην εσωτερική, όσο και στην εξωτερική επιφάνειά της, θα έχουμε:



$$\Sigma F = F_\epsilon - F_\mu = p_B A_1 - p_A A_1 = A_1 ((p_{\alpha\tau\mu} + \rho g h) - (p_0 + \rho g h)) \rightarrow$$

$$\Sigma F = F_\epsilon - F_\mu = p_B A_1 - p_A A_1 = A_1 (p_{\alpha\tau\mu} - p_0)$$

$$\Sigma F = A_1 (p_{\alpha\tau\mu} - p_0) = 0,5 \cdot 10^{-4} (100.000 - 86.493) \text{ N} \approx 0,68 \text{ N}$$

Με φορά προς τα αριστερά, προς το εσωτερικό του δοχείου.

iv) Το οξυγόνο που αρχικά βρίσκεται στο δοχείο, είχε όγκο:

$$V_{O_2} = \frac{20}{100} V_{ολ} = 0,2 A (H - h)$$

Οπότε η ποσότητα αυτή δημιουργεί πίεση:

$$P_{O_2} = \frac{20}{100} P_{ολ} = 0,2 P_{\alpha\tau\mu}$$

Αν υποθέσουμε ότι το μόνο αέριο που τελικά περιέχεται στο χώρο είναι το άζωτο, τότε η πίεση θα ήταν:

$$P_{N_2} = \frac{80}{100} P_{ολ} = 0,8 P_{\alpha\tau\mu} = 80.000 \text{ Pa}$$

Παρατηρούμε ότι η τελική πίεση που βρήκαμε παραπάνω  $p_0 = 86.493 \text{ Pa}$  έχει μεγαλύτερη τιμή, από αυτήν που θα είχαμε, αν στο χώρο υπήρχε μόνο άζωτο. Συνεπώς υπάρχουν και κάποια άλλα αέρια. Ποια; Πιθανόν κάποια ποσότητα  $O_2$  να μην αντέδρασε ή πιθανότερο κάποια ποσότητα  $CO_2$  να μην απορροφήθηκε από το νερό.

[dmargaris@gmail.com](mailto:dmargaris@gmail.com)