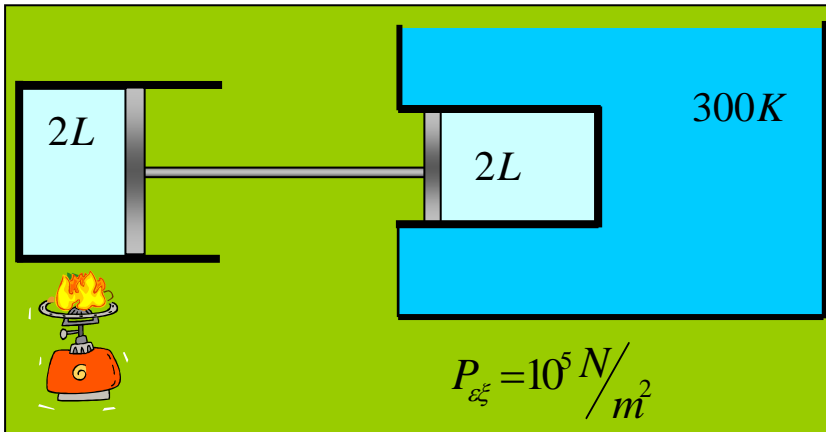


**Ένα αέριο προσφέρει έργο σε άλλο.**

Τα δοχεία του σχήματος περιέχουν αέριο με  $\gamma = \frac{5}{3}$ . Βρίσκονται σε πίεση, όση και η εξωτερική,  $10^5 \text{ N/m}^2$  και σε θερμοκρασία 300 K. Το δεξί δοχείο περιβάλλεται από νερό μεγάλης μάζας και θερμοκρασίας 300 K. Η διατομή του αριστερού δοχείου είναι διπλάσια αυτής του δεξιού. Μια οριζόντια ράβδος συνδέει τα δύο έμβολα. Θερμαίνουμε αργά το αέριο του αριστερού δοχείου μέχρις ότου διπλασιαστεί ο όγκος του.



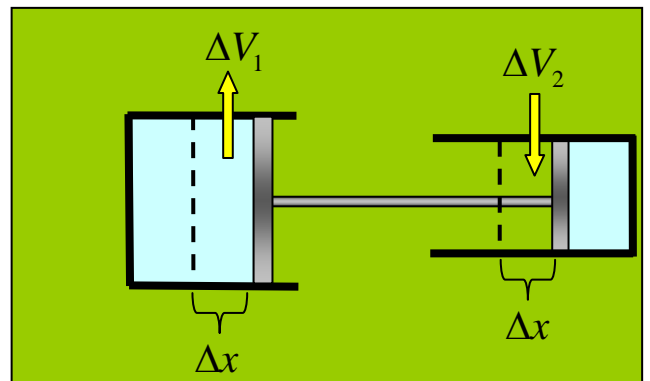
1. Πόσος είναι εκείνη τη στιγμή ο όγκος και πόση η πίεση του αερίου του δεξιού δοχείου;
2. Πόση θερμότητα προσφέρθηκε στη δεξαμενή;
3. Ποια είναι η πίεση και ποια η θερμοκρασία του αερίου του αριστερού δοχείου;
4. Πόσο έργο παρήχθη από το αέριο του δεξιού δοχείου;
5. Πόση θερμότητα προσφέρθηκε από το γκαζάκι;

**Απάντηση:**

1. Αν  $\Delta x$  η μετατόπιση κάθε εμβόλου τότε  $\Delta V_1 = 2A\Delta x$  και  $\Delta V_2 = -A\Delta x$ .

Είναι φανερό το ότι  $\Delta V_2 = -\frac{\Delta V_1}{2} = -1L$ .

Ο όγκος επομένως του δεξιού δοχείου έγινε 1L. Επειδή υποδιπλασιάστηκε ο όγκος η πίεση διπλασιάστηκε και έγινε  $P_2 = 2 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$ .



2. Η μεταβολή του αερίου του δεξιού δοχείου γίνεται αργά και μπορεί να θεωρηθεί αντιστρεπτή. Μπορεί να θεωρηθεί και ισόθερμη διότι η ποσότητα του νερού είναι μεγάλη και παρά την προσφερόμενη θερμότητα δεν μεταβάλλεται ούτε η θερμοκρασία του νερού, ούτε η θερμοκρασία του αερίου που είναι συνεχώς σε θερμική ισορροπία με το νερό. Το έργο που «παράγει» το αέριο είναι:

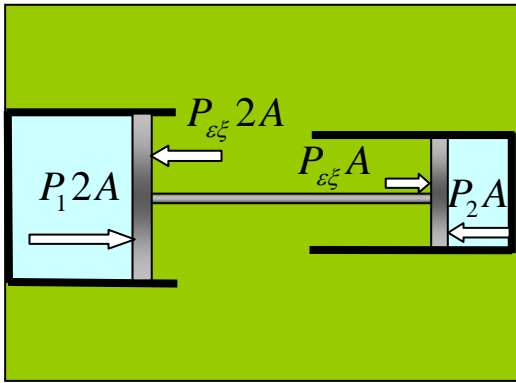
$$W_2 = nRT \ln \frac{V_{2\text{τελ}}}{V_{2\text{αρχ}}} = P_2 V_{2\text{τελ}} \ln \frac{V_{2\text{τελ}}}{V_{2\text{αρχ}}} = 200 \ln \frac{1}{2} \text{ J} = -200 \ln 2 \text{ J} \approx -140 \text{ J}$$

Προσφέρθηκε επομένως στο αέριο έργο 140J .

Επειδή η μεταβολή είναι ισόθερμη  $Q_2 = W_2 = -140 \text{ J}$  . Δηλαδή προσφέρθηκαν στη δεξαμενή 140J .

3. Η ισοταχής κίνηση του εμβόλου εξασφαλίζει ότι η συνισταμένη των δυνάμεων που δέχεται είναι μηδέν οπότε

$$P_1 2A - P_{\text{εξ}} 2A + P_{\text{εξ}} A - P_2 A = 0 \Rightarrow 2P_1 - P_{\text{εξ}} - P_2 = 0$$



$$\Rightarrow P_1 = \frac{P_2 + P_{\varepsilon\xi}}{2} = \frac{3}{2} 10^5 \frac{N}{m^2}$$

Για το αέριο ισχύει ότι

$$\frac{P_{1\alpha\rho\chi} V_{1\alpha\rho\chi}}{T_{1\alpha\rho\chi}} = \frac{P_1 V_1}{T_1} \Rightarrow T_1 = T_{1\alpha\rho\chi} \frac{P_1 V_1}{P_{1\alpha\rho\chi} V_{1\alpha\rho\chi}}$$

$$\Rightarrow T_1 = 300 \frac{\frac{3}{2} 10^5 4 \cdot 10^{-3}}{10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} K = 600 K$$

4. Είναι εύκολο να την πατήσουμε και να πούμε ότι όσο έργο προσφέρθηκε στο αέριο του δεξιού δοχείου τόσο έργο παρήχθη από το αέριο του αριστερού δοχείου. Το αέριο του αριστερού δοχείου παράγει ταυτόχρονα δύο έργα. Ένα εκείνο που προσφέρει στο αέριο του δεξιού δοχείου ( $140 J$ ) και ένα εκείνο επειδή μετακινεί ισοταχώς το σύστημα των εμβόλων και της ράβδου.

Το σύστημα αυτό δέχεται από την ατμόσφαιρα δύναμη  $-P_{\varepsilon\xi} 2A + P_{\varepsilon\xi} A = -P_{\varepsilon\xi} A$ .

Το αέριο ασκεί επιπλέον δύναμη  $P_{\varepsilon\xi} A$  προς τα δεξιά και έχοντας μετατοπίσει κατά  $\Delta x$  το σύστημα έχει παράξει επιπλέον έργο  $P_{\varepsilon\xi} A \Delta x = P_{\varepsilon\xi} |\Delta V_2| = 10^5 10^{-3} J = 100 J$ .

Συνολικά λοιπόν έχει παράξει έργο  $W_1 = 140 J + 100 J = 240 J$ .

5. Για το αέριο  $\gamma = \frac{5}{3} \Rightarrow \frac{C_p}{C_v} = \frac{5}{3} \Rightarrow C_p = \frac{5}{3} C_v \Rightarrow C_p - C_v = \frac{2}{3} C_v \Rightarrow R = \frac{2}{3} C_v \Rightarrow C_v = \frac{3}{2} R$

$$\Delta U = n C_v \Delta T = \frac{3}{2} n R \Delta T = \frac{3}{2} n R (T_1 - T_{1\alpha\rho\chi}) = \frac{3}{2} n R T_1 - \frac{3}{2} n R T_{1\alpha\rho\chi} = \frac{3}{2} P_1 V_1 - \frac{3}{2} P_{1\alpha\rho\chi} V_{1\alpha\rho\chi}$$

$$\Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} \frac{3}{2} 10^5 4 \cdot 10^{-3} - \frac{3}{2} 10^5 2 \cdot 10^{-3} = 900 J - 300 J = 600 J$$

Εφαρμόζοντας το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα έχουμε:

$$Q_1 = \Delta U + W_1 = 600 J + 240 J = 840 J.$$

**Υλικό Φυσικής - Χημείας.**

Επειδή το να μοιράζεσαι πράγματα, είναι καλό για όλους...

Επιμέλεια:

**Γιάννης Κυριακόπουλος**