

### Να χρησιμοποιήσουμε μια αντλία θερμότητας;

Πρόκειται να διατηρήσουμε σταθερή τη θερμοκρασία ενός δωματίου σε θερμοκρασία  $24^{\circ}\text{C}$ , όταν έξω η ατμόσφαιρα έχει θερμοκρασία  $-3^{\circ}\text{C}$ . Για να το εξασφαλίσουμε μας προτείνονται δυο λύσεις.

Η πρώτη, να χρησιμοποιήσουμε μια ηλεκτρική θερμάστρα, η οποία έχει ισχύ  $440\text{W}$ , η οποία πρέπει να είναι συνεχώς αναμμένη.

Η δεύτερη λύση, είναι να χρησιμοποιήσουμε μια μηχανή, που χρησιμοποιεί ένα αέριο το οποίο διαγράφει την αντιστρεπτή κυκλική μεταβολή του σχήματος,

όπου  $V_A=4\text{L}$ ,  $V_B=10,8\text{L}$ ,  $T_2$  η θερμοκρασία του δωματίου και  $T_1$  η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας.

- i) Πόση θερμότητα παρέχει στο δωμάτιο το αέριο σε κάθε κυκλική μεταβολή;
- ii) Ποια η συχνότητα της μηχανής, για την οποία διατηρείται σταθερή η θερμοκρασία του δωματίου;
- iii) Πόση ενέργεια πρέπει να προσφέρεται στο αέριο, μέσω έργου, για την λειτουργία της μηχανής;
- iv) Να βρεθεί πόσο τοις εκατό μειώνεται το κόστος θέρμανσης του δωματίου, αν προτιμήσουμε τη δεύτερη λύση, σε σχέση με την πρώτη επιλογή.
- v) Ποιο αέριο είναι καλύτερο να χρησιμοποιεί η μηχανή:

α) Ήλιο,      β) Άζωτο      γ) δεν έχει καμιά διαφορά.

Δίνεται η πίεση της ατμόσφαιρας  $p=1\text{atm}\approx 10^5\text{N/m}^2$ .

#### Απάντηση:

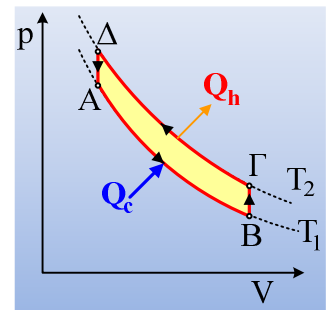
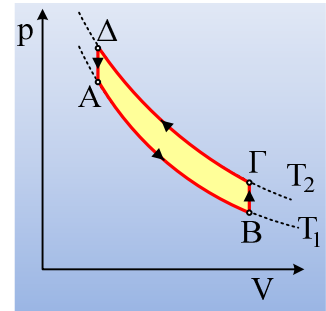
Από την γραφική παράσταση βλέπουμε ότι αρχικά το αέριο εκτονώνεται ισόθερμα (μεταβολή AB) σε θερμοκρασία ίση με αυτή της ατμόσφαιρας, όπου απορροφά θερμότητα  $Q_c$ . Ενδιάμεσα θερμαίνεται ισόχωρα (μεταβολή BΓ), ώστε να αποκτήσει την θερμοκρασία του δωματίου και με ισόθερμη συμπίεση να αποβάλει θερμότητα  $Q_h$ . Η θερμότητα αυτή είναι η απαραίτητη για την διατήρηση της υψηλής θερμοκρασίας στο εσωτερικό του δωματίου. Στη συνέχεια με ισόχωρη ψύξη, επανέρχεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, ώστε να ξεκινήσει νέο κύκλο. Ας προσέξουμε ότι  $Q_{B\Gamma}=\Delta U_{B\Gamma}=-\Delta U_{\Delta A}=-Q_{\Delta A}$ , δηλαδή στην πραγματικότητα οι δυο ισόχωρες, δεν παίζουν κανένα ουσιαστικό ρόλο στη λειτουργία της μηχανής, η οποία στην πραγματικότητα μεταφέρει θερμότητα από το εξωτερικό περιβάλλον με την χαμηλή θερμοκρασία, στο εσωτερικό του δωματίου, με την υψηλότερη θερμοκρασία.

Ας προσέξουμε ότι  $Q_{B\Gamma}=\Delta U_{B\Gamma}=-\Delta U_{\Delta A}=-Q_{\Delta A}$ , δηλαδή στην πραγματικότητα οι δυο ισόχωρες, δεν παίζουν κανένα ουσιαστικό ρόλο στη λειτουργία της μηχανής, η οποία στην πραγματικότητα μεταφέρει θερμότητα από το εξωτερικό περιβάλλον με την χαμηλή θερμοκρασία, στο εσωτερικό του δωματίου, με την υψηλότερη θερμοκρασία.

- i) Η μεταβολή  $\Delta A$  είναι μια ισόχωρη ψύξη για την οποία ισχύει ο νόμος του Charles:

$$\frac{p_A}{T_1} = \frac{p_{\Delta}}{T_2} \rightarrow p_{\Delta} = T_2 \cdot \frac{p_A}{T_1} = 297\text{K} \cdot \frac{1\text{atm}}{270\text{K}} = 1,1\text{atm}$$

Αλλά τότε στη διάρκεια της ισόθερμης συμπίεσης  $\Gamma\Delta$  η θερμότητα που ανταλλάσσει με το δωμάτιο είναι:



$$Q_{\Gamma\Delta} = Q_h = W_{\Gamma\Delta} = nRT_{\Gamma} \ln \frac{V_{\Delta}}{V_{\Gamma}} = p_{\Delta} V_{\Delta} \ln \frac{V_{\Delta}}{V_{\Gamma}}$$

$$Q_{\Gamma\Delta} = p_{\Delta} V_{\Delta} \ln \frac{V_{\Delta}}{V_{\Gamma}} = 1,1 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \ln \frac{4}{10,8} J = -440 J$$

$$\text{Αφού } \ln \frac{4}{10,8} = -\ln \frac{10,8}{4} \approx -\ln e = -1$$

Το (-) στο παραπάνω αποτέλεσμα σημαίνει ότι το αέριο της μηχανής αποβάλλει θερμότητα 440J στο περιβάλλον του, εδώ στον αέρα του δωματίου.

ii) Η θερμοκρασία του δωματίου παραμένει σταθερή, όταν είναι αναμμένη η ηλεκτρική σόμπα, με ισχύ 440W, η οποία προφανώς προσφέρει θερμότητα 440J σε κάθε δευτερόλεπτο. Συνεπώς εναλλακτικά και η ψυκτική μηχανή μας, θα πρέπει σε κάθε δευτερόλεπτο να προσφέρει την ίδια θερμότητα, οπότε θα πρέπει να εκτελεί μια κυκλική μεταβολή στο δευτερόλεπτο ή να έχει συχνότητα  $f=1Hz$ .

iii) Η ενέργεια που προσφέρεται στη μηχανή είναι αντίθετη από το συνολικό έργο που παράγει το αέριο σε κάθε κύκλο. Αλλά

$$W_{o\lambda} = W_{AB} + W_{\Gamma\Delta} = nRT_A \ln \frac{V_B}{V_A} + nRT_{\Gamma} \ln \frac{V_{\Delta}}{V_{\Gamma}} = p_A V_A \ln \frac{V_B}{V_A} + p_{\Delta} V_{\Delta} \ln \frac{V_{\Delta}}{V_{\Gamma}} \rightarrow$$

$$W_{o\lambda} = p_A V_A \ln \frac{V_B}{V_A} + p_{\Delta} V_{\Delta} \ln \frac{V_{\Delta}}{V_{\Gamma}} = 1 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \ln \frac{10,8}{4} J + 1,1 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \ln \frac{4}{10,8} J \rightarrow$$

$$W_{o\lambda} = -40 J$$

Συνεπώς πρέπει να προσφέρουμε έργο ίσο με 40J σε κάθε κύκλο, για την λειτουργία της ψυκτικής μηχανής ή με άλλα λόγια να προσφέρουμε μηχανική ενέργεια με ρυθμό 40J/s (ισχύ  $P=40W$ ).

iv) Αν χρησιμοποιούσαμε ηλεκτρική σόμπα, θα έπρεπε να πληρώνουμε στη ΔΕΗ το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας για κατανάλωση 440J/s, ενώ με την χρήση της ψυκτικής μηχανής θα πληρώσουμε μόνο τα 40J/s (προφανώς αυτά τα 40J/s, τα δίνουμε ξανά για να πληρώσουμε τη ΔΕΗ, αφού το μηχανικό έργο θα προσφερθεί στο αέριο μέσω ενός κινητήρα, ο οποίος δουλεύει με ηλεκτρική ενέργεια).

Έτσι το κόστος πληρωμής θα είναι:

$$\pi = \frac{40W}{440W} 100\% = 9\%$$

Δηλαδή μόλις το 9% του κόστους της ηλεκτρικής σόμπας, θα έχουμε κάνει δηλαδή οικονομία περίπου 91%!!

v) Στην παραπάνω μελέτη μας, δεν χρησιμοποιήσαμε πουθενά την  $C_v$  ή  $C_p$  ή  $\gamma$ , με άλλα λόγια κατά τις ισόθερμες μεταβολές που μελετήσαμε, δεν έχει σημασία η ατομικότητα του αερίου. Κατά συνέπεια δεν ενδιαφέρει αν το αέριο είναι μονοατομικό, διατομικό ή ο,τιδήποτε άλλο.

**Σχόλιο:**

Προφανώς ο κινητήρας που θα χρησιμοποιήσουμε για την παροχή μηχανικού έργου στο αέριο, προκειμένου να λειτουργήσει η μηχανή μας, θα θερμαίνεται στη διάρκεια της λειτουργίας του. Πράγμα που σημαίνει ότι η ηλεκτρική ενέργεια που θα καταναλώσει, δεν θα είναι 40W, αλλά μεγαλύτερη. Όχι όμως τρομερά μεγαλύτερη, αλλά θα μπορούσε να είναι 45W, 50W.

Εξάλλου το αέριο δεν πρόκειται να εκτελέσει τις αντιστρεπτές μεταβολές του σχήματος, συνεπώς το έργο που θα απαιτηθεί, να προσφέρουμε, θα είναι περισσότερο από 40J/s, θα υπάρχουν τριβές και ίσως και άλλες απώλειες ενέργειας (π.χ. στις ισόχωρες), αλλά όλα αυτά, δεν πρόκειται να μας αυξήσουν τόσο πολύ το κόστος, ώστε να πλησιάσουμε το κόστος της ηλεκτρικής θερμάστρας. Δεν υπάρχει δηλαδή αμφιβολία ότι **η αντλία θερμότητας\***, είναι περισσότερο συμφέρουσα από μια ηλεκτρική θερμάστρα!

\* **Αντλία θερμότητας**, αφού «αντλούμε θερμότητα» από τον ψυχρό εξωτερικό χώρο, μεταφέροντάς την στο ζεστό δωμάτιό μας....

### Υλικό Φυσικής - Χημείας.

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

Επιμέλεια:

*Διονύσης Μάργαρης*