

## Με αδιαβατική καλύτερα...

Ένα ιδανικό μονατομικό αέριο βρίσκεται σε κατάσταση Α με όγκο  $V_A=2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  και  $P_A=2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$  και εκτελεί κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή ΑΒΓΑ όπου:

Α  $\rightarrow$  Β ισόχωρη θέρμανση με  $T_B=2T_A$

Β  $\rightarrow$  Γ ισόθερμη εκτόνωση

Γ  $\rightarrow$  Α ισοβαρής συμπίεση

α) Να παραστήσετε το διάγραμμα P-V

β) Να βρείτε το  $Q_h$  που απορροφά το αέριο σε 1 κύκλο από την θερμή δεξαμενή

γ) Να βρείτε το συντελεστή απόδοσης

δ) Να βρείτε την απόδοση ενός κύκλου Carnot αν λειτουργούσε μεταξύ των παραπάνω θερμοκρασιών και να σχολιάσετε αν η μηχανή ΑΒΓΑ μπορεί να υπάρξει στην πραγματικότητα.

ε) Αν από την κατάσταση Β το αέριο εκτελούσε αδιαβατική μεταβολή μέχρι την κατάσταση Δ τέτοια ώστε  $P_\Delta = P_\Gamma$ , να παραστήσετε στο ίδιο διάγραμμα την αδιαβατική μεταβολή ΒΔ και να συγκρίνετε τα έργα των μηχανών ΑΒΓΑ και ΑΒΔΑ.

στ) Να βρείτε την απόδοση της μηχανής ΑΒΔΑ

δίνεται  $\ln(2)=0,7$  και  $2^{3/5}=1,5$

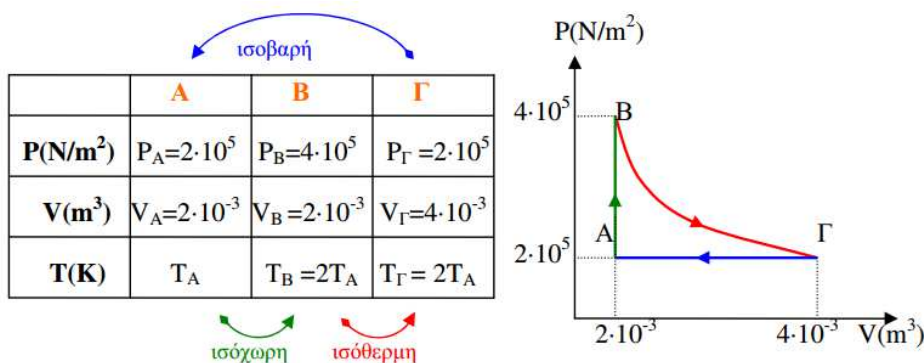
### Απάντηση:

α) Η Α  $\rightarrow$  Β ισόχωρη, από το νόμο Charles

$$\frac{P_A}{T_A} = \frac{P_B}{T_B} \Rightarrow P_B \cdot T_A = P_A \cdot T_B \Rightarrow P_B \cdot T_A = P_A \cdot 2T_A \Rightarrow P_B = 2P_A = 4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

Γ  $\rightarrow$  Α ισοβαρή, από το νόμο Gay – Lussac

$$\frac{V_\Gamma}{T_\Gamma} = \frac{V_A}{T_A} \Rightarrow V_\Gamma \cdot T_A = V_A \cdot T_\Gamma \Rightarrow V_\Gamma \cdot T_A = V_A \cdot 2T_A \Rightarrow V_\Gamma = 2V_A = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$



β) Το αέριο απορροφά θερμότητα στις μεταβολές ΑΒ και ΒΓ

$$Q_{AB} = \Delta U_{AB} = \frac{3}{2} nR(T_B - T_A) = \frac{3}{2} nR(2T_A - T_A) = \frac{3}{2} nRT_A \Rightarrow Q_{AB} = \frac{3}{2} P_A V_A$$

$$Q_{AB} = \frac{3}{2} 2 \cdot 10^5 2 \cdot 10^{-3} \Rightarrow Q_{AB} = 600 \text{ J}$$

$$Q_{B\Gamma} = W_{B\Gamma} = nRT_B \ln\left(\frac{V_\Gamma}{V_B}\right) = P_B V_B \ln\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}}\right) = 4 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \ln(2) \Rightarrow W_{AB} = 800 \cdot 0,7 = 560J$$

$$\text{Έτσι } Q_h = Q_{AB} + Q_{B\Gamma} = 600J + 560J \Rightarrow Q_h = 1160J$$

$$\gamma) W_{\Gamma A} = p_A \Delta V_{\Gamma A} = p_A (V_A - V_\Gamma) \Rightarrow W_{\Gamma A} = 2 \cdot 10^5 (2 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 10^{-3}) \Rightarrow W_{\Gamma A} = -400J$$

$$W_{ολ} = W_{AB} + W_{B\Gamma} + W_{\Gamma A} = 0 + 560 - 400 = 160J$$

$$e = \frac{W_{ολ}}{Q_h} = \frac{160}{1160}$$

δ) Η αντίστοιχη μηχανή του Carnot που θα λειτουργούσε μεταξύ των ίδιων ακραίων θερμοκρασιών θα είχε απόδοση

$$e_C = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{T_A}{2T_A} = 1 - \frac{1}{2} = 0,5$$

Επειδή ο συντελεστής απόδοσης της μηχανής είναι μικρότερος από την αντίστοιχη του Carnot η παραπάνω μηχανή έχει αντίκρουσμα στην πραγματικότητα.

ε) Αν από την κατάσταση B το αέριο εκτελούσε αδιαβατική μεταβολή μέχρι την κατάσταση Δ όπου  $P_\Delta = P_\Gamma < P_A$ , τότε πρέπει να εκτονωθεί αδιαβατικά που σημαίνει ότι συγχρόνως θα ψυχθεί. Συνεπώς  $T_\Delta < T_B = T_\Gamma$  και έτσι η κατάσταση Δ θα είναι πιο αριστερά από το σημείο Γ. Το διάγραμμα θα είναι το διπλανό.

Παρατηρούμε ότι το εμβαδό του διαγράμματος ABΔA, (γραμμοσκιασμένο χωρίο) είναι μικρότερο από το αντίστοιχο ABΓA και έτσι  $W_{AB\Gamma A} > W_{AB\Delta A}$

στ)  $B \rightarrow \Delta$ , αδιαβατική από τον νόμο Poisson

$$P_B V_B^\gamma = P_\Delta V_\Delta^\gamma \Rightarrow 4 \cdot 10^5 V_B^\gamma = 2 \cdot 10^5 V_\Delta^\gamma \Rightarrow 2V_B^\gamma = V_\Delta^\gamma \Rightarrow V_\Delta^\gamma = 2V_B^\gamma$$

$$V_\Delta = 2^{\frac{1}{\gamma}} V_B = 2^{\frac{3}{5}} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 1,5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \Rightarrow V_\Delta = 3 \cdot 10^{-3} m^3$$

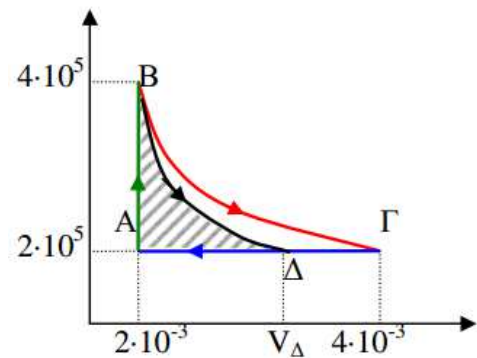
$$W_{B\Delta} = \frac{P_\Delta V_\Delta - P_B V_B}{1 - \gamma} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{1 - \frac{5}{3}} = \frac{-200}{-\frac{2}{3}} = 300J$$

$$W_{\Delta A} = p_A \Delta V_{\Delta A} = p_A (V_A - V_\Delta) \Rightarrow W_{\Delta A} = 2 \cdot 10^5 (2 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-3}) \Rightarrow W_{\Delta A} = -200J$$

$$W_{ολ} = W_{AB} + W_{B\Delta} + W_{\Delta A} = 0 + 300 - 200 = 100J$$

$$Q_h = Q_{AB} = 600J$$

$$e = \frac{W_{ολ}}{Q_h} = \frac{100}{600} = 0,167$$



Φαίνεται λοιπόν ότι η δεύτερη μηχανή παρόλο που έχει μικρότερο ωφέλιμο έργο η απόδοσή της είναι καλύτερη

## **Φυσικής-Χημείας**

*Γιατί το να μοιράζεσαι πράγματα, είναι καλό για όλους...*

Επιμέλεια:

*Χρήστος Αγριόδημας*