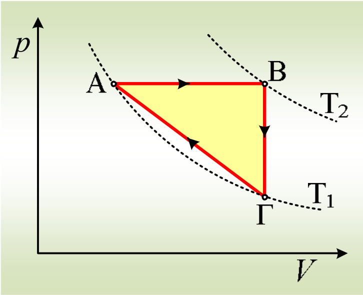
Τρεις (συν μία) μεταβολές αερίου



Μια ποσότητα αερίου μπορεί να εκτελέσει την κυκλική μεταβολή του διπλανού σχήματος. Δίνονται $p_A=p_B=3\cdot10^5$Pa, $T_1=300$K, $V_A=2$L και $V_B=6$L.

i) Να υπολογιστεί η απόλυτη θερμοκρασία T_2 στην κατάσταση Β, καθώς και η πίεση στην κατάσταση Γ.

ii) Να υπολογιστεί το έργο που παράγει το αέριο σε κάθε μεταβολή.

iii) Να βρεθεί η θερμότητα την οποία ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον του:

α) Κατά τη μεταβολή ΓΑ, β) Κατά την κυκλική μεταβολή ΑΒΓΑ.

iv) Αν το αέριο μετέβαινε από την κατάσταση Γ στην Α ισόθερμα, τότε η αντίστοιχη θερμότητα που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον θα ήταν μεγαλύτερη, μικρότερη ή ίση με την θερμότητα κατά την ευθύγραμμη μεταβολή ΓΑ;

Απάντηση:

i) Κατά την ισοβαρή μεταβολή ΑΒ ισχύει ο νόμος του Gay-Lussac:

$$\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{T}}=σταθ. \text{ ή } \frac{V_A}{T_A}=\frac{V_B}{T_B}\rightarrow$$

$$T_2=T_1\frac{V_B}{V_A}=300\frac{6}{2}K=900K$$

Αντίστοιχα κατά την ισόχωρη ψύξη ΒΓ ισχύει ο νόμος του Charles:

$$\frac{p}{\mathrm{T}}=σταθ. \text{ ή } \frac{p_B}{T_B}=\frac{p_Γ}{T_Γ}\rightarrow$$

$$p_Γ=p_B\frac{T_Γ}{T_B}=3\cdot10^5\cdot\frac{300}{900}Pa=1\cdot10^5\ Pa$$

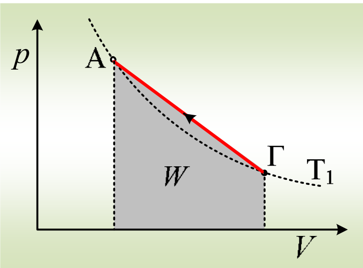
ii) Το έργο που παράγεται από ένα αέριο υπολογίζεται από την μαθηματική εξίσωση:

$$W=p\cdot ΔV\rightarrow$$

$$W_{AB}=p_A\cdot(V_B-V_A)=3\cdot10^5\cdot(6\text{-}2)\cdot10^{-3}J=1.200J$$

$W_{ΒΓ}=0$ (ισόχωρη μεταβολή)

Το έργο κατά την συμπίεση ΓΑ θα είναι αρνητικό (ο όγκος μειώνεται), ενώ θα είναι αριθμητικά ίσο με το γραμμοσκιασμένο εμβαδόν του τραπεζίου του διπλανού σχήματος:



$$W_{ΓA}=-\frac{p_A+p_Γ}{2}(V_Γ-V_A)\rightarrow$$

$$W_{ΓA}=-\frac{(3+1)10^5}{2}(6-2)\cdot10^{-3}J=-800J$$

Το θετικό έργο κατά τη μεταβολή ΑΒ σημαίνει ότι το αέριο αποβάλλει ενέργεια μέσω έργου στο περιβάλλον, ενώ αντίθετα κατά τη μεταβολή ΓΑ, που το έργο είναι αρνητικό, το αέριο παίρνει ενέργεια μέσω έργου από το περιβάλλον του.

iii) Το αέριο στις καταστάσεις Α και Γ έχει την ίδια θερμοκρασία, συνεπώς έχει και την ίδια εσωτερική ενέργεια ή με άλλα λόγια $\Delta U_{ΓΑ}=0$.

α) Από τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο για την μεταβολή ΓΑ παίρνουμε:

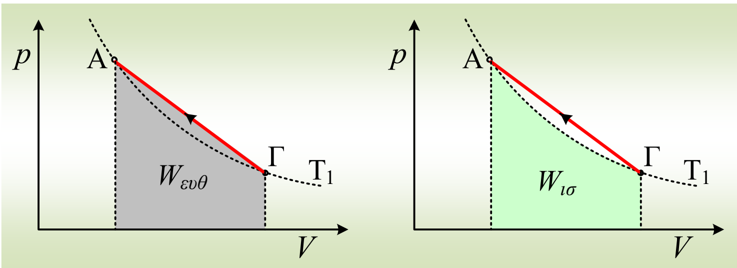
$$Q_{ΓΑ}=\Delta U_{ΓΑ}+W_{ΓΑ}=0\text{-}800J=-800J.$$

β) Αλλά και κατά την κυκλική μεταβολή ΑΒΓΑ η εσωτερική ενέργεια δεν μεταβάλλεται, οπότε ξανά:

$$Q_c=\Delta U_c+W_c=0+W_{AB}+W_{BΓ}+W_{ΓΑ} \rightarrow$$

$$Q_c=1.200J\text{-}800J=400J.$$

iv) Αν το αέριο μετέβαινε από την κατάσταση Γ στην Α ισόθερμα, τότε ξανά θα είχαμε Q=W, ενώ και πάλι το έργο θα ήταν αριθμητικά ίσο το εμβαδόν του χωρίου που σχηματίζεται από τη γραφική παράσταση και τον άξονα του όγκου.



Αλλά τότε με βάση το σχήμα $|W_{ευθ}| > |W_{ισοθ}|$, οπότε και $|Q_{ευθ}| > |Q_{ισόθ.}|$, δηλαδή κατά την ισόθερμη συμπίεση το αέριο θα αποβάλει μικρότερο ποσό θερμότητας στο περιβάλλον του, σε σχέση με την θερμότητα που αποβάλλει κατά την ευθύγραμμη μεταβολή ΓΑ.

Σχόλιο.

Αν βέβαια κάποιος σκεφτόταν αλγεβρικά για τα παραπάνω έργα θα έγραφε ότι:

$$W_{ευθ} < W_{ισοθ} \text{ οπότε θα είχε και } Q_{ευθ} < Q_{ισόθ.}$$

Αλλά όταν το ερώτημα μας λέει για την θερμότητα που το αέριο ανταλλάσσει, καλύτερα να απαντάμε με βάση το απόλυτο της θερμότητας, αφού το (+) ή το (-) συνδέεται με την απορρόφηση ή την αποβολή θερμότητας.

dmargaris@gmail.com