

1) Ιδανικό αέριο, βρίσκεται σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας A και έχει θερμοκρασία T_A . Το αέριο εκτονώνεται αδιαβατικά μέχρι τη κατάσταση B παράγοντας έργο $W = 500 \text{ J}$. Στη συνέχεια θερμαίνεται ισόχωρα μέχρι τη κατάσταση Γ απορροφώντας θερμότητα $Q = 500 \text{ J}$ και αποκτά θερμοκρασία T .

A. Να επιλέξετε τη σωστή πρόταση.

Για την αρχική θερμοκρασία T_A και την τελική T θα ισχύει:

α. $T_A > T$, **β.** $T_A < T$, **γ.** $T_A = T$.

B. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Λύση

A.

Σωστή επιλογή είναι η γ.

B.

Η μεταβολή AB είναι αδιαβατική εκτόνωση και έχουμε παραγωγή έργου $W_{AB} = 500 \text{ joule}$.

Η μεταβολή ΒΓ είναι ισόχωρη θέρμανση και έχουμε απορρόφηση θερμότητας $Q_{BG} = 500 \text{ joule}$.

1ος θερμοδυναμικός νόμος στην αδιαβατική εκτόνωση AB του ιδανικού αερίου :

$$Q_{AB} = W_{AB} + \Delta U_{AB} \Rightarrow 0 = W_{AB} + \Delta U_{AB} \Rightarrow \Delta U_{AB} = -W_{AB} \Rightarrow \Delta U_{AB} = -500 \text{ joule} \dots (I)$$

1ος θερμοδυναμικός νόμος στην ισόχωρη θέρμανση ΒΓ του ιδανικού αερίου :

$$Q_{BG} = W_{BG} + \Delta U_{BG} \Rightarrow Q_{BG} = 0 + \Delta U_{BG} \Rightarrow \Delta U_{BG} = Q_{BG} \Rightarrow \Delta U_{BG} = 500 \text{ joule} \dots (II)$$

Προσθέτουμε κατά μέλη τις σχέσεις (I) και (II) :

$$\Delta U_{AB} + \Delta U_{BG} = -500 + 500 \Rightarrow \Delta U_{AB} + \Delta U_{BG} = 0 \Rightarrow 3/2nR \cdot \Delta T_{AB} + 3/2 nR \cdot \Delta T_{BG} = 0 \Rightarrow 3/2nR \cdot (T_B - T_A) + 3/2nR \cdot (T - T_B) = 0 \Rightarrow 3/2nR \cdot ((T_B - T_A) + (T - T_B)) = 0 \Rightarrow$$

(το γινόμενο $n \cdot C_v \neq 0$)

$$(T_B - T_A) = -(T - T_B) \Rightarrow T_B - T_A = T_B - T \Rightarrow T = T_A.$$

2) Ποσότητα ιδανικού αερίου βρίσκεται στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας A, όπου η θερμοκρασία είναι T_A και ψύχεται εκτελώντας αντιστρεπτή αδιαβατική μεταβολή έως την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας B, όπου έχει θερμοκρασία T_B ($T_B < T_A$). Το έργο της ποσότητας του αερίου για την παραπάνω μεταβολή είναι W_1 . Αν η ίδια ποσότητα αερίου από την κατάσταση A μετέβαινε στην κατάσταση B εκτελώντας δύο διαδοχικές αντιστρεπτές μεταβολές, μια ισόθερμη και στη συνέχεια μια ισόχωρη, θα παρήγαγε έργο W_2 .

A. Να επιλέξετε τη σωστή σχέση που συνδέει τα έργα W_1 και W_2 .

α. $W_1 = W_2$, **β.** $W_1 > W_2$, **γ.** $W_1 < W_2$.

B. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

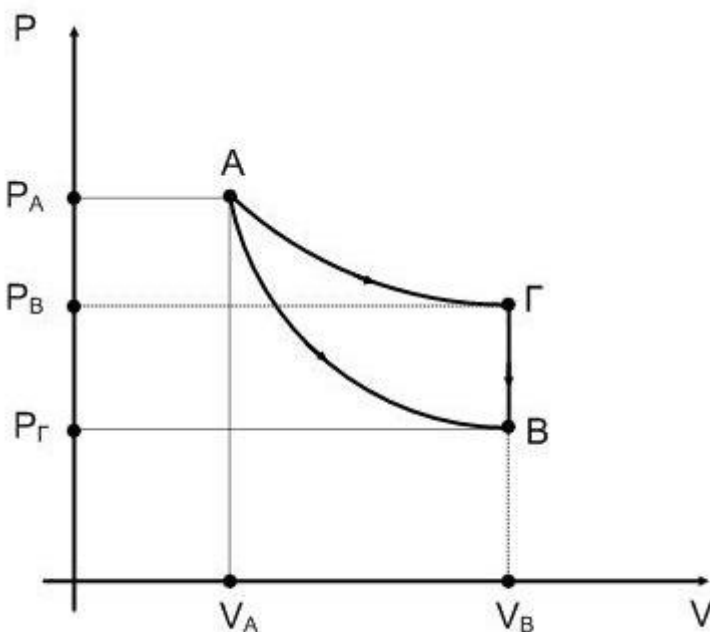
Λύση

A.

Σωστή επιλογή είναι η γ.

B.

Το έργο ισούται με το εμβαδό πίεσης P – όγκου V



Το εμβαδό E_1 είναι το εμβαδό μεταξύ του σχήματος της αδιαβατικής AB και του άξονα των όγκων V .

$$W_1 = E_1 .$$

Το εμβαδό E_2 είναι το εμβαδό μεταξύ του σχήματος της ισόθερμης ΑΓ και του άξονα των όγκων V .

$$W_2 = E_2 .$$

Επειδή $E_2 > E_1 \Rightarrow W_2 > W_1$.

1ος θερμοδυναμικός νόμος στην AB :

(η μεταβολή AB είναι αδιαβατική $Q_{AB} = 0$)

$$Q_{AB} = W_{AB} + \Delta U_{AB} \Rightarrow 0 = W_{AB} + \Delta U_{AB} \Rightarrow W_1 = -\Delta U_{AB} .$$

1ος θερμοδυναμικός νόμος στην ΑΓΒ :

$$Q_{ΑΓΒ} = W_{ΑΓΒ} + \Delta U_{ΑΓΒ} \Rightarrow W_{ΑΓΒ} = Q_{ΑΓΒ} - \Delta U_{ΑΓΒ} \Rightarrow$$

$$W_{ΑΓ} + W_{ΓΒ} = Q_{ΑΓΒ} - (\Delta U_{ΑΓ} + \Delta U_{ΓΒ}) \Rightarrow$$

(η μεταβολή ΓΒ είναι ισόχωρη $W_{ΓΒ} = 0$, η μεταβολή ΑΓ είναι ισόθερμη $\Delta U_{ΑΓ} = 0$ και $\Delta U_{ΓΒ} = \Delta U_{AB} = 0$ γιατί $T_A = T_\Gamma$.)

$$W_2 = Q_{ΑΓΒ} - \Delta U_{AB} \Rightarrow$$

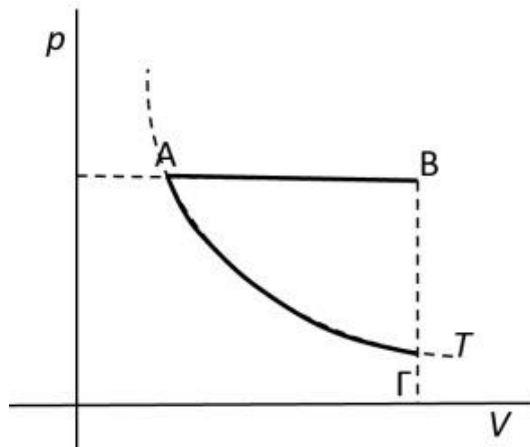
$$W_2 = Q_{ΑΓΒ} + W_1 .$$

(ισχύει $Q_{ΑΓΒ} + Q_{ΒΑ} = Q_{ΑΓΒΑ} \Rightarrow Q_{ΑΓΒ} + 0 = Q_{ΑΓΒΑ}$)

Η $Q_{ΑΓΒΑ} > 0$ κυκλική που διαγράφεται κατά την φορά των δεικτών του ρολογιού,

άρα $W_2 > W_1$.

3) Ποσότητα ιδανικού αερίου μπορεί να μεταβεί αντιστρεπτά από μία αρχική κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α είτε σε μία τελική κατάσταση Β είτε σε μία κατάσταση Γ, όπως φαίνεται στο σχήμα. Κατά τη μεταβολή ΑΓ το αέριο εκτονώνεται ισόθερμα. Στις καταστάσεις θερμοδυναμικής ισορροπίας Β και Γ οι όγκοι είναι ίσοι.



A. Να επιλέξετε τη σωστή πρόταση.

α. $Q_{AB} = Q_{ΑΓ}$, **β.** $Q_{AB} > Q_{ΑΓ}$,

γ. $Q_{AB} < Q_{ΑΓ}$.

B. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Λύση

A.

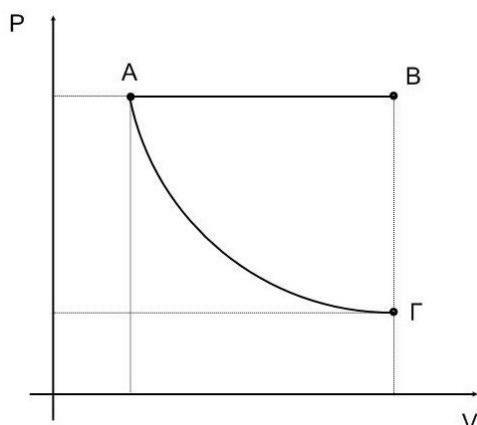
Σωστή επιλογή είναι η β .

B.

Η μεταβολή AB είναι ισοβαρής θέρμανση και η ΑΓ είναι ισόθερμη εκτόνωση.

$$V_B = V_\Gamma .$$

Το διάγραμμα είναι το διάγραμμα πίεσης P – όγκου V , οπότε από το εμβαδά των δύο διαγραμμάτων για τις δύο μεταβολές παίρνουμε τις τιμές των έργων :



$W_1 = E_1$, όπου E_1 είναι το εμβαδό (ΔΒΓΖ),

$$W_1 = 2 \cdot P_A \cdot V_A,$$

$W_2 = E_2$, όπου E_2 είναι το εμβαδό (ΑΚΓΖ),

$$W_2 = P_A \cdot V_A.$$

Από την σχέση (I) :

$$(I) \Rightarrow Q_1 / Q_2 = \{[(9 / 2) \cdot P_A \cdot V_A + 2 \cdot P_A \cdot V_A]\} / \{[(9 / 2) \cdot P_A \cdot V_A + P_A \cdot V_A]\} \Rightarrow$$

$$Q_1 / Q_2 = (13 / 2) \cdot P_A \cdot V_A / (11 / 2) \cdot P_A \cdot V_A \Rightarrow Q_1 / Q_2 = 26 / 22 \Rightarrow Q_1 / Q_2 = 13 / 11 .$$