

## Θερμοδυναμική

- 1) Ένα αέριο βρίσκεται σε κατάσταση A, σε δοχείο που κλείνεται με έμβολο. Κρατώντας σταθερή την θέση του εμβόλου, προσφέρουμε θερμότητα στο αέριο ίση με 200J, ερχόμενο σε κατάσταση B. Κατόπιν αφήνουμε το έμβολο να κινηθεί μέχρι το αέριο να αποκτήσει την αρχική του θερμοκρασία (κατάσταση Γ), ενώ καλύψαμε τα τοιχώματα, ώστε να μην επιτρέψουμε διαρροή θερμότητας.

- Να σχεδιάσετε τις μεταβολές σε άξονες P-V.
- Ποιες προτάσεις είναι σωστές και ποιες λάθος:
  - Κατά την μεταβολή AB το αέριο παράγει έργο.
  - Κατά την μεταβολή AB αυξάνεται η εσωτερική ενέργεια του αερίου κατά 200J.
  - Κατά την μεταβολή BΓ το αέριο αποβάλλει ενέργεια μέσω έργου.
  - Κατά την μεταβολή BΓ μειώνεται η εσωτερική ενέργεια κατά 200J.
  - Το αέριο έχει την ίδια εσωτερική ενέργεια στις θέσεις A και Γ.
- Ποιοι νόμοι περιγράφουν τις παραπάνω μεταβολές;

- 2) Δίνεται η κυκλική μεταβολή του σχήματος, όπου  $T_A=T_B=T_1=600\text{K}$  και  $T_1=T_\Delta=T_2=300\text{K}$ .

Ποιες προτάσεις είναι σωστές και ποιες λάθος.

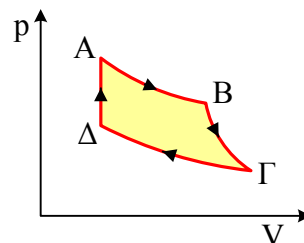
- Η μόνη μεταβολή που το αέριο αποβάλλει θερμότητα είναι η ΓΔ.
- Η απόδοση του κύκλου υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$e = \frac{Q_{AB} - |Q_{\Gamma\Delta}|}{Q_{AB}}$$

- Η απόδοση του κύκλου υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$e = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

- Η απόδοση του κύκλου είναι ίση με 70%.
- Το παραγόμενο έργο υπολογίζεται από την σχέση:  
 $W = Q_{\Delta A} + Q_{AB} - |Q_{\Gamma\Delta}|$



- 3) Μια θερμική μηχανή μπορεί να λειτουργεί με έναν από τους δύο κύκλους (I) και (II) που περιγράφονται από τις παρακάτω αντιστρεπτές μεταβολές.

**Κύκλος (I):** i) Ισοβαρής εκτόνωση AB υπό πίεση  $P_0$ , με διπλασιασμό της θερμοκρασίας από  $T_0$  σε  $2T_0$ . ii) Ισόχωρη ψύξη BΓ. iii) Ισόθερμη συμπίεση ΓΑ.

**Κύκλος (II):** i) Ισοβαρής εκτόνωση AB υπό πίεση  $P_0$ , με διπλασιασμό της θερμοκρασίας από  $T_0$  σε  $2T_0$ . ii) Αδιαβατική εκτόνωση ΒΔ.

iii) Ισόθερμη συμπίεση ΔΑ.

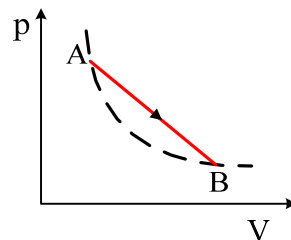
- Να παραστήσετε τις μεταβολές των δύο κύκλων στο ίδιο διάγραμμα, σε άξονες P-V.
- Να συγκρίνετε τα ολικά έργα που παράγονται σε καθένα από τους δύο αυτούς κύκλους.
- Να συγκρίνετε τους συντελεστές απόδοσης της μηχανής για τους δύο αυτούς κύκλους.
- Είναι δυνατόν ο συντελεστής απόδοσης αυτής της θερμικής μηχανής να είναι ίσος με 0,5;

Στα ερωτήματα β, γ και δ να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

Γενικές Εξετάσεις 2001

- 4) Ένα αέριο μεταβαίνει από την κατάσταση A στην κατάσταση B όπου  $T_A=T_B$  και η μεταβολή είναι ευθύγραμμη σε άξονες p-V.

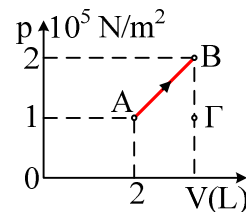
Ποιες από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστές και ποιες λάθος και γιατί;



- i) Το αέριο έχει μεγαλύτερη εσωτερική ενέργεια στην κατάσταση A και μικρότερη στην κατάσταση B.
- ii) Το αέριο απορροφά περισσότερη θερμότητα κατά την ευθύγραμμη μεταβολή AB, παρά αν θα πήγαινε ισόθερμα από την κατάσταση A στην κατάσταση B.

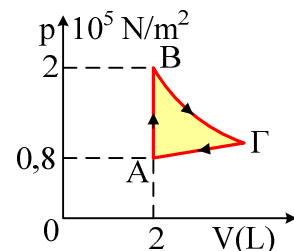
5) Στο διπλανό διάγραμμα φαίνεται μια αντιστρεπτή μεταβολή AB, όπου  $T_B=3T_A$ .

- i) Πόσο είναι το έργο που παράγει το αέριο;
- ii) Αν το αέριο πήγαινε μη αντιστρεπτά από την κατάσταση A στην κατάσταση Γ, όπου  $P_\Gamma=P_A$  και  $V_\Gamma=V_B$ , το αέριο θα παρήγαγε έργο:
  - α) 60J, β) 100J, γ) 120J, δ) 150J.



6) Μια ποσότητα ιδανικού μονοατομικού αερίου εκτελεί την κυκλική μεταβολή του σχήματος όπου  $T_B=T_\Gamma$  και  $p_\Gamma=10^5\text{N/m}^2$ . Ζητούνται:

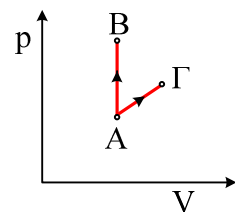
- i) Η θερμότητα και η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας κατά τη μεταβολή AB.
- ii) Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας κατά τη μεταβολή ΓΑ.
- iii) Το έργο και η θερμότητα που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον κατά τη μεταβολή ΓΑ.
- iv) Το έργο, η θερμότητα και η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου κατά την κυκλική μεταβολή.



7) Μια ποσότητα αερίου που βρίσκεται σε κατάσταση A, συμπιέζεται ισόθερμα μέχρι τριπλασιασμού της αρχικής πίεσης  $p_0$ , ερχόμενο σε κατάσταση B. Στη συνέχεια θερμαίνεται ισόχωρα μέχρι να διπλασιαστεί η θερμοκρασία του αερίου, στην κατάσταση Γ. Με ισοβαρή θέρμανση το αέριο έρχεται σε κατάσταση Δ, από όπου με ισόχωρη ψύξη έρχεται στην αρχική κατάσταση A. Δίνεται ότι κατά την μεταβολή AB αποβάλλει θερμότητα 1000J, ενώ  $\ln 3=1$ .

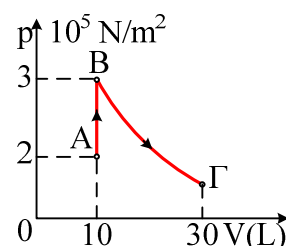
- i) Να παραστήσετε τις μεταβολές σε άξονες p-V.
- ii) Κατά την μεταβολή ΒΓ το αέριο απορροφά θερμότητα:
  - α) 500J β) 1000J γ) 1500J
- iii) Το έργο κατά την μεταβολή ΒΓ είναι ίσο με:
  - α) 700J β) μηδέν γ) 1000J δ) - 1000J.
- iv) Πόσο αυξάνεται η εσωτερική ενέργεια του αερίου κατά την μεταβολή ΓΔ;
- v) Πόση θερμότητα αποβάλλει το αέριο στην ισόχωρη ψύξη;

8) Ορισμένη ποσότητα αερίου βρίσκεται σε κατάσταση A, όπου η πίεση είναι 1atm και ο όγκος 70L. Προσφέροντάς του θερμότητα 10.500J ισόχωρα, πηγαίνει σε κατάσταση B με διπλάσια πίεση. Πόση θερμότητα πρέπει να προσφέρουμε αντιστρεπτά στο αέριο κατά την μεταβολή ΑΓ, αν η θερμοκρασία στην κατάσταση Γ είναι ίση με αυτήν της B και η πίεση 1,4atm. Δίνεται  $1\text{atm}=10^5\text{N/m}^2$ .



9) Μια ποσότητα αερίου υπόκειται στις μεταβολές του διπλανού σχήματος. Αν για το αέριο  $\gamma=2,4$ , ενώ  $\ln 3=1$ , ζητούνται:

- i) Η αύξηση της εσωτερικής ενέργειας κατά την μεταβολή AB.
- ii) Η θερμότητα που απορροφά το αέριο κατά την ισόθερμη



εκτόνωση ΒΓ.

iii) Το ποσοστό της συνολικά απορροφούμενης θερμότητας το οποίο μετατρέπεται σε έργο.

10) Μια ποσότητα ιδανικού αερίου βρίσκεται σε θερμικά μονωμένο δοχείο, έχει όγκο  $V_1=1L$ , πίεση  $P_1=8 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$  και θερμοκρασία  $T_1=1000K$ . Το αέριο εκτονώνεται αδιαβατικά μέχρι να αποκτήσει όγκο  $V_2=4L$ . Δίνεται για το αέριο αυτό  $\gamma=3/2$ .

i) Να αποδείξετε ότι για κάθε αδιαβατική μεταβολή ισχύει η εξίσωση:

$$T_1 \cdot V_1^{\gamma-1} = T_2 \cdot V_2^{\gamma-1}$$

ii) Να υπολογίσετε την τελική θερμοκρασία  $T_2$  του αερίου.

iii) Να υπολογίσετε το παραγόμενο έργο.

iv) Να παραστήσετε τη μεταβολή σε άξονες P-V και V-T.

11) Ένα αέριο που βρίσκεται σε θερμοκρασία  $127^\circ C$  κατέχοντας όγκο  $27L$  και πίεση  $4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ , εκτονώνεται αδιαβατικά σε τελικό όγκο  $64L$ . Αν για το αέριο αυτό  $\gamma=4/3$ :

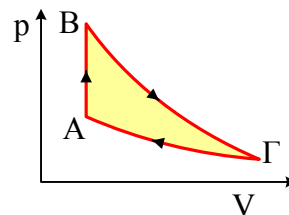
i) Να παραστήσετε τη μεταβολή σε άξονες P-V (ποιοτικά).

ii) Να αποδείξετε ότι **σε κάθε αδιαβατική μεταβολή** ισχύει:

$$T_1 \cdot V_1^{\gamma-1} = T_2 \cdot V_2^{\gamma-1}$$

iii) Να υπολογίσετε την τελική θερμοκρασία του αερίου.

iv) Να βρείτε τη θερμότητα, το έργο και τη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου.



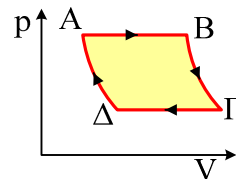
12) Ένα αέριο διαγράφει την κυκλική μεταβολή του σχήματος όπου οι μεταβολές ΒΓ και ΔΑ είναι ισόθερμες για τις οποίες  $T_B=2T_A$ , ενώ  $p_B=2p_\Gamma$ . Αν κατά τη μεταβολή ΒΓ το αέριο παράγει έργο  $w=100 \ln 2 \text{ J}$ , ζητούνται:

i) Η θερμότητα κατά την μεταβολή ΑΒ.

ii) Το έργο κατά την μεταβολή ΔΑ.

iii) Η συνολική θερμότητα που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον σε κάθε κύκλο.

Δίνεται για το αέριο  $\gamma=7/5$ .



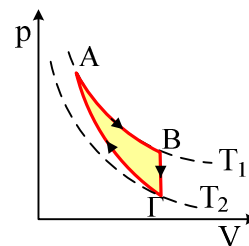
13) Μια ποσότητα αερίου με  $\gamma=7/5$  εκτελεί την αντιστρεπτή μεταβολή του διπλανού σχήματος, όπου η μεταβολή ΓΑ είναι αδιαβατική. Αν γνωρίζετε ότι  $p_A=10 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ ,  $V_A=1L$ ,  $T_1=600K$  και  $T_2=300K$ , να βρείτε:

i) Την γραμμομοριακή ειδική θερμότητα υπό σταθερό όγκο.

ii) Το παραγόμενο έργο κατά τη μεταβολή ΑΒ.

iii) Τη θερμότητα που αποβάλλει το αέριο κατά τη διάρκεια της ισόχωρης μεταβολής.

iv) Το έργο στη διάρκεια της αδιαβατικής συμπίεσης.



14) Αέριο όγκου  $10L$  και απόλυτης θερμοκρασίας  $500 \text{ K}$ , εκτονώνεται ισόθερμα σε όγκο  $20L$  και στην συνέχεια ψύχεται αδιαβατικά σε απόλυτη θερμοκρασία  $300 \text{ K}$ . Μετά συμπιέζεται ισόθερμα μέχρι κατάλληλο όγκο, ώστε με μια αδιαβατική συμπίεση να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση. Να βρεθούν:

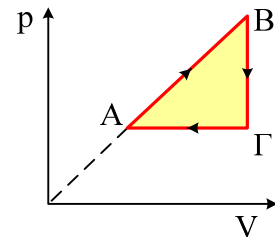
i) Η θερμότητα, το έργο και η μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας για κάθε μεταβολή.

ii) Το ολικό έργο.

iii) Η απόδοση του κύκλου.

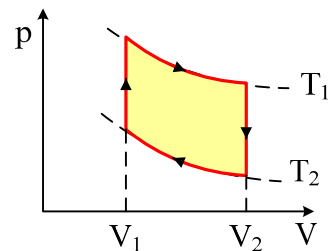
Δίνεται για την ποσότητα του αερίου:  $nR=10\text{J/K}$  και  $C_v=\frac{3}{2}R$ .

- 15) Μια θερμική μηχανή διαγράφει την κυκλική μεταβολή του διπλανού σχήματος, όπου  $p_A=10^5\text{N/m}^2$ ,  $V_A=0,1\text{m}^3$  και  $V_B=0,2\text{m}^3$ , ενώ κατά την ισόχωρη ψύξη αποβάλλει θερμότητα  $50.000\text{J}$ . Ζητούνται:



- Το έργο που παράγει η μηχανή σε κάθε κύκλο.
- Η θερμότητα που απορροφά το αέριο σε κάθε κύκλο.
- Η απόδοση του κύκλου.
- Οι γραμμομοριακές ειδικές θερμότητες του αερίου  $C_v$ ,  $C_p$ , καθώς και η αντίστοιχη κατά τη μεταβολή AB ( $C_{AB}$ ).

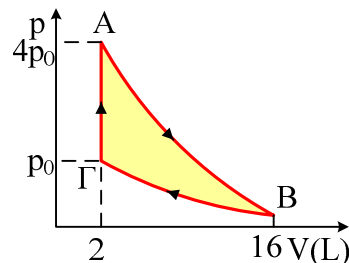
- 16) Ιδανικό αέριο θερμικής μηχανής εκτελεί τον κύκλο του σχήματος, που αποτελείται από δύο ισόθερμες και δύο ισόχωρες, με  $V_2=2V_1$ . Αν  $C_v=\frac{3}{2}R$  και  $T_1=3T_2$  να βρεθεί ο συντελεστής απόδοσης του κύκλου, (κύκλος Stirling).



- 17) Υποθέστε ότι η θερμοκρασία στην Σελήνη στη διάρκεια της ημέρας είναι  $100^\circ\text{C}$ , ενώ κατά την νύχτα  $-100^\circ\text{C}$ . Κατασκευάζουμε ένα κατάλυμα στη Σελήνη, το οποίο θέλουμε να διατηρεί σταθερή θερμοκρασία  $20^\circ\text{C}$ . Για να το πετύχουμε θα εγκαταστήσουμε μηχανή Carnot. Αν η θερμική ισχύς που περνά από τους τοίχους των καταλυμάτων, λόγω αγωγιμότητας είναι  $0,5\text{KW}$  για κάθε βαθμό θερμοκρασιακής διαφοράς, μεταξύ καταλύματος και περιβάλλοντος, να υπολογίσετε την απαιτούμενη ισχύ με την οποία πρέπει να τροφοδοτείται η μηχανή Carnot κατά την διάρκεια:

- της ημέρας και
- της νύχτας.

- 18) Το αέριο μιας θερμικής μηχανής διαγράφει την κυκλική μεταβολή του διπλανού σχήματος, στην οποία υπάρχει μια ισόθερμη και μια αδιαβατική μεταβολή. Το αέριο απορροφά θερμότητα  $Q_h=900\text{J}$  σε κάθε κύκλο.



- Να εξηγήσετε ποια μεταβολή είναι η αδιαβατική.
- Πόσο μεταβάλλεται η εσωτερική ενέργεια του αερίου στη μεταβολή ΓΑ;
- Βρείτε το έργο που παράγει το αέριο κατά τη μεταβολή AB.
- Ποια η απόδοση της μηχανής;
- Ποια είναι η μέγιστη δυνατή απόδοση μιας μηχανής που θα λειτουργούσε μεταξύ των ίδιων θερμοκρασιών;

Δίνεται για το αέριο  $C_v=3R/2$ , και  $\ln 2=0,7$ .