

---

## 3ο Διαγώνισμα Β Τάξης Ενιαίου Λυκείου

### Θερμοδυναμική/Ιδανικά Αέρια

Ενδεικτικές Λύσεις

---

#### Θέμα Α

**A.1** Ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου πραγματοποιεί ισοβαρή θέρμανση κατά την διάρκεια της οποίας η θερμοκρασία αυξάνεται από  $127^{\circ}\text{C}$  σε  $177^{\circ}\text{C}$ . Η % μεταβολή του όγκου του αερίου είναι:

(β) 12,5%

**A.2** Μια ποσότητα ιδανικού αερίου είναι εγκλωβισμένη μέσα σε δοχείο, το οποίο κλείνει με έμβολο που μπορεί να κινείται χωρίς τριβές. Τετραπλασιάζουμε τον όγκο του αερίου, υποδιπλασιάζοντας ταυτόχρονα την πίεση που ασκεί στα τοιχώματα του δοχείου. Η απόλυτη θερμοκρασία του αερίου:

(α) διπλασιάζεται

**A.3** Ποσότητα ιδανικού αερίου συμπιέζεται διατηρώντας σταθερή την εσωτερική του ενέργεια μέχρι υποδιπλασιασμού του όγκου του. Η ενεργή ταχύτητα ( $v_{\text{εν}}$ ) των μορίων του αερίου:

(γ) παραμένει σταθερή

**A.4** Κατά την αδιαβατική μεταβολή ενός αερίου:

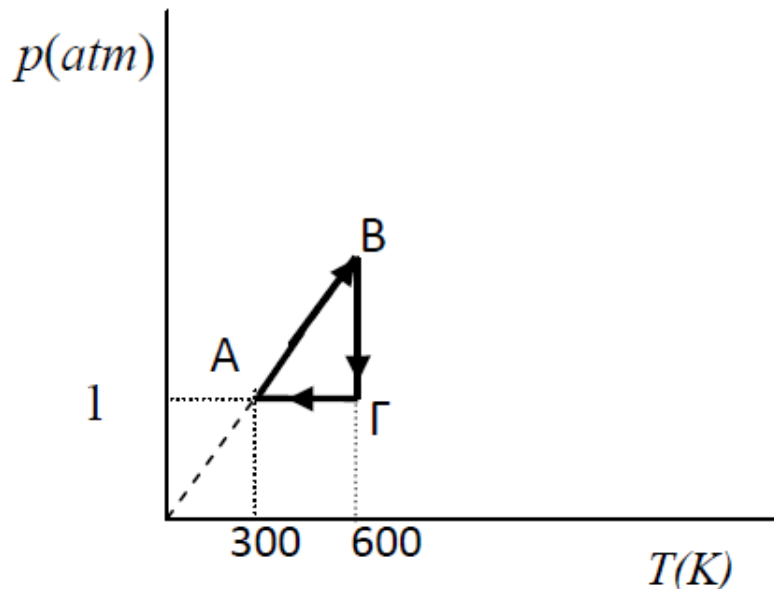
(γ) το αέριο θερμαίνεται αν συμπιέζεται και ψύχεται αν εκτονώνεται.

## A.5

- (α) Δεν είναι δυνατή η μεταφορά θερμότητας από ένα ψυχρό σε ένα θερμό χώρο χωρίς την ταυτόχρονη δαπάνη μηχανικής ενέργειας. **Σωστό**
- (β) Τα μόρια δύο διαφορετικών αερίων, έχουν στην ίδια θερμοκρασία, την ίδια μέση μεταφορική Κινητική ενέργεια. **Σωστό**
- (γ) Ο πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος εκφράζει την Διατήρηση της Μηχανικής Ενέργειας. **Σωστό**
- (δ) Μια θερμική μηχανή με απόδοση 40% απορροφά σε κάθε κύκλο λειτουργίας της 500J. Αν η ωφέλιμη ενέργεια είναι 300J, θα αποβάλλει στην ψυχρή δεξαμενή θερμότητα 200J. **Λάθος**
- (ε) Η μέγιστη απόδοση για μια μηχανή Carnot που δουλεύει ανάμεσα σε θερμοκρασίες  $T_c$  και  $T_h$  είναι 100%. **Λάθος**

## Θέμα Β

**B.1** Στο διάγραμμα  $P - T$  του σχήματος απεικονίζονται οι τρεις μεταβολές ενός αντιστρεπτού κύκλου που υφίσταται ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου.



Αν ο όγκος του αερίου στην κατάσταση Α είναι 10L, τότε ο όγκος στην κατάσταση Γ είναι:

$$(\gamma) V_{\Gamma} = 20L$$

$$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_{\Gamma}}{T_{\Gamma}} \Rightarrow V_{\Gamma} = 20L$$

**B.2** Δύο θερμικές μηχανές (1) και (2) έχουν αποδόσεις  $e_1$  και  $e_2$  αντίστοιχα. Οι δύο μηχανές λειτουργούν έτσι ώστε η θερμότητα που αποβάλλεται από τη μηχανή (1) στην ψυχρή δεξαμενή της να απορροφάτε κατά 100% από την μηχανή (2). Η συνολική απόδοση  $e$  του συστήματος των δύο μηχανών είναι:

$$(\alpha) e_1 + e_2(1 - e_1)$$

Για την θερμική μηχανή (2) ισχύει ότι  $Q_{h(2)} = |Q_{c(1)}|$  και  $e_2 = \frac{W_2}{Q_{h(2)}}$ . Επίσης για την θερμική μηχανή (1) ισχύει ότι  $e_1 = \frac{W_1}{Q_h}$  και  $e_1 = 1 - \frac{|Q_{c(1)}|}{Q_h} \Rightarrow \frac{|Q_{c(1)}|}{Q_h} = 1 - e_1$

$$e = \frac{W}{Q_h} = \frac{W_1 + W_2}{Q_h} = \frac{e_1 Q_h + e_2 |Q_{c(2)}|}{Q_h} = e_1 + e_2 \frac{|Q_{c(1)}|}{Q_h} = e_1 + e_2(1 - e_1)$$

**B.3** Μια μηχανή Carnot έχει απόδοση  $e_c$ . Ο λόγος της ωφέλιμης ισχύος προς την ισχύ που αποβάλλεται ανά κύκλο λειτουργίας είναι:

$$(\alpha) \frac{e_c}{1 - e_c}$$

$$\text{Για μια μηχανή Carnot ισχύει } e_c = \frac{W}{Q_h} = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h} = 1 - \frac{T_c}{T_h} \Rightarrow \frac{T_c}{T_h} = 1 - e_c$$

$$\frac{P_{\omega\phi}}{P_{\alpha\pi\omicron\beta}} = \frac{Wf}{|Q_{c.f}|} = \frac{W}{|Q_c|} = \frac{e_c Q_h}{|Q_c|} = e_c \frac{T_h}{T_c} = e_c \frac{1}{1 - e_c}$$

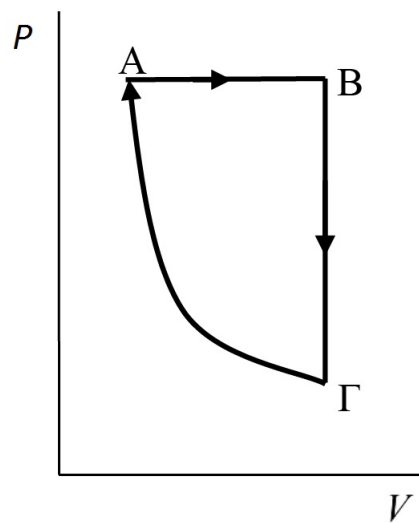
## Θέμα Γ

Ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου υφίσταται την εξής κυκλική μεταβολή: Από την κατάσταση Α πίεσης  $P_A = 160 \text{ N/m}^2$  εκτονώνεται ισοβαρώς μέχρι την κατάσταση Β στην οποία ο όγκος του είναι  $V_B = 8 \text{ m}^3$ . Στην συνέχεια ψύχεται ισόχωρα μέχρι την κατάσταση Γ και τέλος συμπιέζεται αδιαβατικά μέχρι την αρχική κατάσταση Α, έτσι ώστε για την μεταβολή αυτή να ισχύει  $pV^{5/3} = 160 \text{ N} \cdot \text{m}^3$ .

Για την αδιαβατική μεταβολή ( $\gamma = 5/3$ ) ισχύει ότι:

$$P_{\Gamma} V_{\Gamma}^{5/3} = P_A V_A^{5/3} = 160 \Rightarrow P_{\Gamma} = 5 \text{ N/m}^2, V_A = 1 \text{ m}^3$$

**Γ.1** Να αποδώσετε την κυκλική μεταβολή σε διάγραμμα  $P - V$



**Γ.2** Να υπολογίσετε το έργο για κάθε μεταβολή, καθώς και το ολικό έργο.

$$W_{AB} = P(V_B - V_A) = 1120 \text{ J}, W_{B\Gamma} = 0, W_{\Gamma A} = \frac{P_B V_B - P_A V_A}{1 - \gamma} = -180 \text{ J}$$

$$W = 940 \text{ J}$$

**Γ.3** Να υπολογίσετε την θερμότητα για κάθε μεταβολή.

$$Q_{AB} = W_{AB} + \Delta U_{AB} = W_{AB} + \frac{3}{2}nR(T_B - T_A) \Rightarrow Q_{AB} = 2800J$$

$$Q_{B\Gamma} = \Delta U_{B\Gamma} = \frac{3}{2}nR(T_\Gamma - T_B) = \frac{3}{2}(P_\Gamma V_\Gamma - P_B V_B) \Rightarrow Q_{B\Gamma} = -1860J$$

$$Q_{\Gamma A} = 0$$

**Γ.4** Να υπολογίσετε την απόδοση της μηχανής.

$$e = \frac{W}{Q_h} = \frac{940}{2800} = \frac{47}{140}$$

## Θέμα Δ

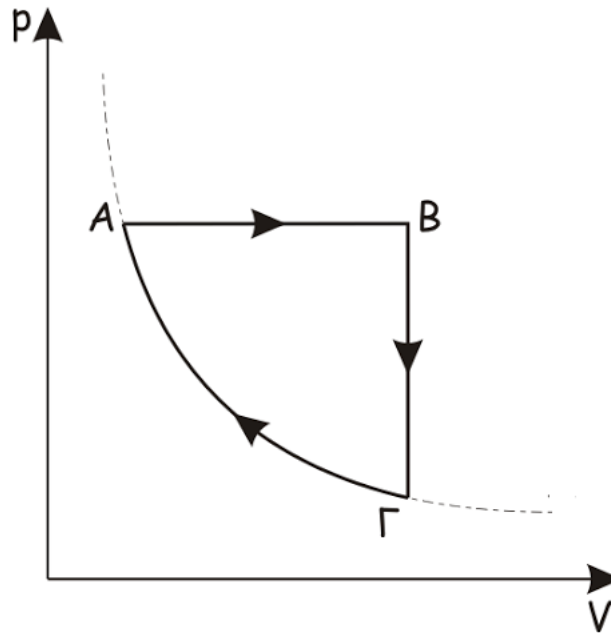
Θερμική μηχανή υφίσταται την κυκλική μεταβολή που παριστάνεται στο παρακάτω διάγραμμα  $P - T$ .

Από το διάγραμμα και τους νόμους των αερίων προκύπτουν τα ακόλουθα:

- A  $\rightarrow$  B: Ισοβαρής εκτόνωση με διπλασιασμό του όγκου
- B  $\rightarrow$  Γ: Ισόχωρη ψύξη
- Γ  $\rightarrow$  A: Ισόθερμη συμπίεση

**Δ.1** Να παραστήσετε την παραπάνω μεταβολή σε διάγραμμα  $P - V$ , εάν δίνεται ότι  $V_A = 1L$  και να υπολογίσετε για κάθε επιμέρους μεταβολή την θερμότητα, το έργο και την μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου.

$$Q_{AB} = nC_p \Delta T = 2500J, W_{AB} = P \Delta V = 1000J, \Delta U_{AB} = Q_{AB} - W_{AB} = 1500J$$



$$Q_{B\Gamma} = \Delta U_{B\Gamma} = nC_v\Delta T = -1500J, W_{B\Gamma} = 0$$

$$Q_{\Gamma A} = W_{\Gamma A} = nRT \ln\left(\frac{V_A}{V_\Gamma}\right) = -700J, \Delta U_{\Gamma A} = 0$$

**Δ.2** Να υπολογίσετε τον συντελεστή απόδοσης της θερμικής αυτής μηχανής καθώς επίσης και τον συντελεστή απόδοσης μιας μηχανής Carnot που θα λειτουργούσε μεταξύ των ίδιων ακραίων θερμοκρασιών της παραπάνω κυκλικής μεταβολής.

$$e = \frac{W}{Q_h} = \frac{3}{25}, e_c = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{T_1}{2T_1} = 0,5$$

**Δ.3** Εάν η παραπάνω μηχανή πραγματοποιεί 120 κύκλους σε 1 λεπτό να υπολογίσετε την μηχανική ισχύ που αποδίδει η μηχανή.

$$P = \frac{W}{T} = Wf = \frac{300 \cdot 120}{60} = 600W$$

**Δ.4** Εάν αυτή η θερμική μηχανή κινεί όχημα μάζας  $m = 300kg$ , πόσα λίτρα βενζίνης θα καταναλώσει το όχημα ξεκινώντας από την ακινησία μέχρι να αποκτήσει ταχύτητα μέτρου  $72km/h$  ; Να θεωρήσετε ότι όλη η μηχανική ενέργεια που αποδίδει η μηχανή μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του οχήματος χωρίς απώλειες.

Η κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου θα είναι  $K = \frac{1}{2}mv^2 = 6 \cdot 10^4 J$ , άρα το ωφέλιμο έργο θα πρέπει να είναι ίσο με την Κινητική ενέργεια. Η παρεχόμενη θερμότητα στην μηχανή θα πρέπει να είναι  $Q_h = \frac{W}{e} = 5 \cdot 10^5 J$ .

Η μάζα και ο όγκος της βενζίνης υπολογίζονται:

$$m = \frac{5 \cdot 10^5}{4 \cdot 10^6} = \frac{1}{8} kg, \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{10^{-2}}{64} m^3$$

