

## Α. ΠΡΩΤΟΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ

1. Σε μια ισόθερμη μεταβολή :

- α) Το αέριο μεταβάλλεται με σταθερή θερμότητα
- β) Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας είναι μηδέν

$$W = PV \ln \frac{V_2}{V_1}$$

γ) Το έργο που παράγεται δίνεται από τη σχέση

2. Σε μια ισόχωρη μεταβολή :

α) Η πίεση του αερίου αυξάνει πάντα

β) Η μεταβολή στην εσωτερική ενέργεια δίνεται από τη σχέση  $\Delta U = nC_V \Delta T$

γ) Δεν ανταλλάσσεται θερμότητα με το περιβάλλον

2. Στην ισοβαρή μεταβολή :

α) Το παραγόμενο έργο είναι πάντα θετικό

β) Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας είναι μηδέν

γ) Δεν ισχύει ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος

δ) Η θερμότητα που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον δίνεται από τη σχέση

$$Q = nC_P \Delta T$$

3. Στην αδιαβατική μεταβολή :

α) Το αέριο δεν ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον

β) Αν διπλασιαστεί η πίεση τότε διπλασιάζεται και ο όγκος του αερίου

γ) Η μεταβολή στην εσωτερική ενέργεια δίνεται από τη σχέση :  $\Delta U = \eta C_V \Delta T$

δ) Ισχύει η σχέση :  $P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$

5. **B2.3** Ποιες από τις επόμενες προτάσεις που αφορούν στο έργο ενός αερίου είναι σωστές ;

α) Ένα αέριο παράγει έργο μόνο όταν υποβάλλεται σε αντιστρεπτή μεταβολή.

β) Αν ο όγκος του αερίου δε μεταβάλλεται, το έργο του αερίου είναι μηδέν.

γ) Σε κάθε μεταβολή, αντιστρεπτή ή όχι, το έργο ενός αερίου μπορεί να υπολογιστεί από το διάγραμμα p - V.

δ) Ο υπολογισμός του έργου του αερίου από το διάγραμμα p - V είναι δυνατός μόνο στην περίπτωση της μη αντιστρεπτής μεταβολής.

6. **B2.5** Ποιες από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστές ;

α) Ένα σώμα έχει θερμότητα όταν είναι ζεστό.

β) Εάν φέρουμε σε θερμική επαφή δύο σώματα A και B, διαφορετικής θερμοκρασίας ( $T_A > T_B$ ) μεταφέρεται ενέργεια (θερμότητα) από το σώμα με την υψηλότερη θερμοκρασία προς το σώμα με τη χαμηλότερη θερμοκρασία. Αυτή η διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση της εσωτερικής ενέργειας του σώματος A και την αύξηση της εσωτερικής ενέργειας του σώματος B.

γ) Με την τριβή δεν αυξάνεται η θερμότητα των σωμάτων που

- τρίβονται αλλά η εσωτερική τους ενέργεια τους ενέργεια.
- δ) Θερμότητα και θερμοκρασία είναι διαφορετικές ονομασίες που αποδίδονται στην ίδια έννοια.
- ε) Η εσωτερική ενέργεια ενός αερίου είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του.

**7. B2.10** Ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος :

- α) Αποτελεί μια έκφραση της αρχής διατήρησης της ενέργειας.
- β) Αναφέρεται σε μονωμένα θερμοδυναμικά συστήματα.
- γ) Ισχύει μόνο στα αέρια.
- δ) Ισχύει μόνο στις αντιστρεπτές μεταβολές.

Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.

**8. B2.15** Επιλέξτε τη σωστή πρόταση.

- α) Στην ισόθερμη εκτόνωση αερίου ένα μέρος της θερμότητας που απορροφά το αέριο μετατρέπεται σε έργο.
- β) Στην ισοβαρή εκτόνωση, το έργο του αερίου είναι ίσο με το ποσό θερμότητας που απορροφά το αέριο.
- γ) Στην ισόχωρη θέρμανση, η θερμότητα που απορροφά το αέριο είναι ίση με τη μεταβολή στην εσωτερική του ενέργεια.
- δ) Στην αδιαβατική εκτόνωση το έργο του αερίου είναι ίσο με τη μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας.

**9. B2.16** Ένα αέριο, που αρχικά βρίσκεται στην κατάσταση  $p_A, V_A$ , εκτονώνεται μέχρι ο όγκος του να γίνει  $V_B$ . Να παρασταθούν σε κοινούς άξονες  $p - V$  μια ισόθερμη και μια αδιαβατική που να οδηγούν από την αρχική κατάσταση στις τελικές καταστάσεις όγκου  $V_B$ . Σε ποια από τις δύο μεταβολές το έργο που παράγει το αέριο είναι μεγαλύτερο;

**10. B2.17** Ένα αέριο μπορεί να μεταβεί από μια αρχική κατάσταση A σε μια τελική κατάσταση B, με δύο τρόπους.

α) Με μια ισόθερμη μεταβολή και β) Με μια ισοβαρή εκτόνωση και μια ισόχωρη μεταβολή. Οι δύο τρόποι παριστάνονται με τους αριθμούς 1 και 2. Το ποσό θερμότητας που απορροφά το αέριο είναι:

- α) Μεγαλύτερο κατά τη διαδρομή 1;
- β) Ίδιο και στις δύο περιπτώσεις;
- γ) Μεγαλύτερο κατά τη διαδρομή 2;

Ποια από τις προτάσεις είναι ορθή;

Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

**11. B2.19** Ποιες από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστές;

- α) Στην ισόχωρη μεταβολή το έργο είναι μηδέν.
- β) Στην αδιαβατική εκτόνωση η τελική θερμοκρασία είναι μικρότερη της αρχικής.
- γ) Στην αδιαβατική εκτόνωση το έργο που παράγει το αέριο είναι ίσο με την ελάττωση της εσωτερικής του ενέργειας.
- δ) Στην ισόθερμη μεταβολή η θερμότητα του ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον είναι μηδέν.
- ε) Στην κυκλική μεταβολή το έργο του αερίου είναι ίσο με το εμβαδόν που περικλείεται από τη γραμμή στο διάγραμμα  $p - V$ .

**12. B2.40** Αέριο με όγκο  $0,004 \text{ m}^3$  θερμαίνεται με σταθερή πίεση  $p = 1.2 \text{ atm}$  μέχρι ο όγκος του να γίνει  $0,006 \text{ m}^3$ . Υπολογίστε το έργο που παράγει το αέριο. Δίνεται  $1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ .

[Απ : 243,1 J]

**13. B2.41** Δύο mol αερίου θερμαίνονται από τους  $27^\circ\text{C}$  στους  $127^\circ\text{C}$ . Η θέρμανση του αερίου γίνεται με σταθερή πίεση. Υπολογίστε το έργο που παράγει το αέριο. Δίνεται  $R = 8,314 \text{ J (mol K)}$ .

[Απ : 1663 J]

**14. B2.42** Δύο mol αερίου βρίσκονται σε θερμοκρασία  $27^\circ\text{C}$ . Διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία συμπιέζουμε το αέριο ώστε η πίεσή του να διπλασιαστεί. Να υπολογιστεί το έργο του αερίου.

Δίνονται  $R = 8,314 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$ ,  $\ln 2 = 0,6931$ .

[Απ : -3458 J]

**15. B2.44** Ποσότητα αερίου καταλαμβάνει όγκο  $10 \text{ L}$  και έχει πίεση  $1 \text{ atm}$ . Το αέριο εκτονώνεται ισόθερμα μέχρι να διπλασιαστεί ο όγκος του. Υπολογίστε το ποσό θερμότητας που απορρόφησε το αέριο. Δίνονται  $1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$ ,  $1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ ,  $\ln 2 = 0,6931$ .

[Απ :  $Q = 702,1 \text{ J}$ ]

**16. B2.45** Αέριο βρίσκεται μέσα σε δοχείο που κλείνεται με έμβολο. Το αέριο καταλαμβάνει όγκο  $V_1 = 0,008 \text{ m}^3$ , έχει θερμοκρασία  $T_1 = 300 \text{ K}$  και πίεση  $p_1 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ . Θερμαίνουμε το αέριο υπό σταθερή πίεση, μέχρι η θερμοκρασία του να γίνει  $T_2 = 375 \text{ K}$ .

α) Υπολογίστε το έργο του αερίου.

β) Αν κατά τη θέρμανσή του το αέριο απορρόφησε θερμότητα  $Q = 709,1 \text{ J}$  υπολογίστε τη μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας.

[ Απ :  $W = 202,6 \text{ J}$ ,  $\Delta U = 506,5 \text{ J}$  ]

**17. B2.46**  $0,2 \text{ mol}$  αερίου συμπιέζονται ισόθερμα σε θερμοκρασία  $\theta = 27^\circ\text{C}$ , ώστε ο όγκος του να ελαττωθεί στο μισό. Υπολογίστε το ποσό θερμότητας που αντάλλαξε το αέριο με το περιβάλλον.

Δίνονται  $R = 8,314 \text{ J/(mol K)}$ ,  $\ln 2 = 0,6931$ .

[Απ : -345,8 J]

**17. B2.20** Συμπληρώστε τα κενά :

Η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα εκφράζει το ποσό θερμότητας πρέπει να προσφερθεί σε ένα mol αερίου ώστε να ανέβει η θερμοκρασία του κατά ..... Στα αέρια, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα υπό σταθερό όγκο και η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα ..... Η σχέση που συνδέει τις δύο ειδικές γραμμομοριακές θερμότητες είναι .....

**18. B2.21** Ποιες από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστές ;

α) Στα στερεά και τα υγρά, η ειδική θερμότητα εξαρτάται μόνο από το υλικό τους. Στα αέρια η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα εξαρτάται κάθε φορά από τον τρόπο με τον οποίο θερμαίνεται το αέριο.

- β) Ο λόγος  $C_p/C_v$ , των γραμμομοριακών θερμοτήτων ενός αερίου είναι μικρότερος ή ίσος του 1.
- γ) Στα ιδανικά αέρια  $C_p - C_v = \text{σταθερό}$
- δ) Η σχέση  $\Delta U = \eta C_v \Delta T$ , δίνει τη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας ενός αερίου σε κάθε μεταβολή, αντιστρεπτή ή μη.

**19. B2.23** Εξηγήστε ποιοτικά γιατί η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα των αερίων υπό σταθερή πίεση είναι μεγαλύτερη από τη γραμμομοριακή ειδική θερμότητα υπό σταθερό όγκο.

**20. B2.50** Να υπολογιστεί η αύξηση της εσωτερικής ενέργειας ορισμένης ποσότητας αερίου όταν το θερμάνουμε με σταθερή πίεση προσφέροντάς του θερμότητα  $Q = 10 \text{ cal}$ . Για το αέριο ισχύει  $\gamma = 1.41$ .

Δίνεται  $1 \text{ cal} = 4,18\text{J}$ .

[Απ : 29,64 J]

**21. B2.57** Ποσότητα αερίου βρίσκεται μέσα σε κύλινδρο και καταλαμβάνει όγκο  $V$ . Το αέριο εκτονώνεται μέχρι να διπλασιαστεί ο όγκος του. Η εκτόνωση του αερίου μπορεί να γίνει με ισόθερμη ή με αδιαβατική ή με ισοβαρή μεταβολή.

- α) Να παρασταθούν γραφικά σε διάγραμμα  $p - V$  οι τρεις μεταβολές που μπορούν να οδηγήσουν το αέριο από την αρχική του κατάσταση στην τελική.
- β) Σε ποια από τις τρεις μεταβολές : i) Το αέριο παράγει περισσότερο έργο; ii) Το αέριο απορροφά το μικρότερο ποσό θερμότητας;

**24.** Τρία moles ιδανικού αερίου βρίσκονται σε θερμοκρασία  $27^\circ \text{C}$  και πίεση  $1 \text{ Atm}$ , συμπιέζοντας αντιστρεπτά έως το μισό του αρχικού τους όγκου. Να υπολογίσετε το ποσό της θερμότητας που απελευθέρωσε το αέριο, το ποσό του μηχανικού έργου που κατανάλωσε και τη μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας, αν η συμπίεση γίνεται ισόθερμα.

[Απ : 1241 cal, 5188 Joule, 0]

**25.** Ένα  $1\text{t}$  ιδανικού αερίου υπό πίεση  $1 \text{ Atm}$  εκτονώνεται ισόθερμα, έως ότου ο όγκος του διπλασιαστεί. Κατόπιν συμπιέζεται υπό σταθερή πίεση, έως τον αρχικό όγκο και κατόπιν συμπιέζεται ισόθερμα έως την αρχική πίεση. Να γίνει γραφική παράσταση σε διάγραμμα  $P - V$  και να υπολογιστεί το ολικό έργο που παράγεται από το αέριο.

[Απ : -16, 2J]

**26.** Ποσότητα ιδανικού αερίου που έχει όγκο  $4\text{m}^3$  και πίεση  $5 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$  παθαίνει ισοβαρή μεταβολή μέχρι υποτετραπλασιασμού του όγκου του. Να βρεθούν : α) Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας β) Η θερμότητα Δίνεται  $\gamma=5/3$ .

[ Απ :  $-2,25 \cdot 10^6 \text{J}$ ,  $-3,75 \cdot 10^6 \text{J}$  ]

**27.** Ιδανικό αέριο έχει όγκο  $2\text{lt}$  και πίεση  $5 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$  και παθαίνει αδιαβατική μεταβολή μέχρι να τετραπλασιαστεί ο όγκος του. Να βρεθεί το έργο που παράγεται. Πόση είναι η μεταβολή στην εσωτερική ενέργεια; Δίνεται  $\gamma=1.5$

[ Απ : -1000J ]

28. Ένα αέριο εκτονώνεται με σταθερή πίεση  $P = 4 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$  από όγκο  $V_1=4lit$  μέχρι όγκο  $V_2=8lit$ . Για το αέριο αυτό ισχύει  $C_p = \frac{5}{2} R$ . Να υπολογίσετε τη θερμότητα  $Q$  που προσφέραμε στο αέριο, καθώς και το έργο  $W$  που αυτό παράγει.

[ Απ : 4000J, 1600J ]

29. Μια ποσότητα  $n = \frac{2}{R} mol$  ιδανικού αερίου ξεκινάει από την κατάσταση ισορροπίας 1 όπου βρισκόταν σε θερμοκρασία  $T_1=800K$  και εκτελεί τις εξής μεταβολές:

1 → 2: ισόχωρη θέρμανση μέχρι  $T_2=1000K$

2 → 3: ισοβαρής εκτόνωση μέχρι  $T_3=1200K$

3 → 4: ισόχωρη ψύξη μέχρι  $T_4=800K$ . Να υπολογίσετε:

α) Το ποσό θερμότητας  $Q_1$  που απορρόφησε το αέριο από το περιβάλλον. β) Το ποσό

θερμότητας  $Q_2$  που έδωσε το αέριο στο περιβάλλον. Δίνονται:  $C_v = \frac{3R}{2}$  και  $C_p = \frac{5R}{2}$ .

[ Απ : 1600J, -1200J ]

30. Ιδανικό αέριο βρίσκεται στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α

( $P_A = 8atm, V_A = 1lit, T_A = 1000K$ ). Το αέριο εκτελεί κυκλική μεταβολή που αποτελείται από τις παρακάτω διαδοχικές μεταβολές:

ΑΒ: ισόθερμη εκτόνωση μέχρι το διπλασιασμό του όγκου.

ΒΓ: αδιαβατική εκτόνωση μέχρι η πίεση να γίνει  $P_\Gamma = 1atm$

ΓΔ: ισοβαρής ψύξη και

ΔΑ: ισόχωρη συμπίεση.

α) Να υπολογίσετε τα μεγέθη  $P_B, V_\Gamma, T_\Gamma, V_\Delta, T_\Delta$ .

β) Να σχεδιάσετε την κυκλική μεταβολή σε άξονες P-V, V-T, P-T. Δίνεται ότι  $\gamma=2$ .

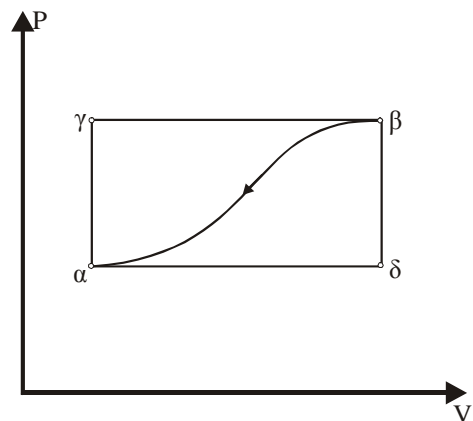
[ Απ :  $P_B=4Atm, V_\Gamma=4lit, T_\Gamma=500K, V_\Delta=1lit, T_\Delta=125^0K$  ]

31. Όταν ένα σύστημα μεταφέρεται από την κατάσταση α στην κατάσταση β κατά μήκος του δρόμου αβ υπολογίζουμε  $Q = 50cal$  και  $W = 20 cal$ . Κατά μήκος του δρόμου αδβ,  $Q = 36 cal$ .

α) Πόσο είναι το  $W$  κατά μήκος του δρόμου αδβ;

β) Αν  $W = -13 cal$  για καμπύλο δρόμο επιστροφής βα, ποιο το  $Q$  για τον δρόμο αυτόν;

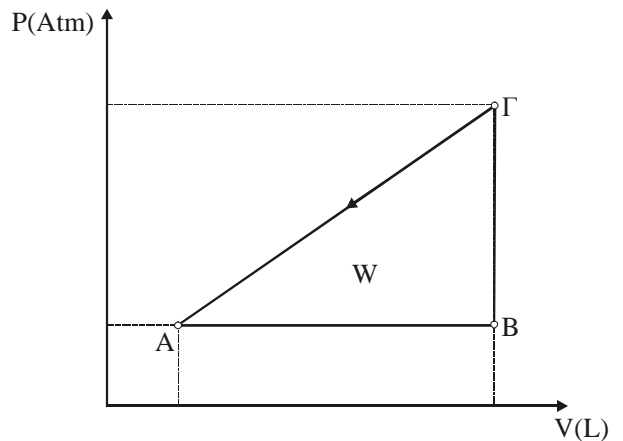
γ) Θεωρήστε  $U_\alpha = 10 cal$ . Ποια είναι τότε η  $U$ ;



δ) Αν  $U_\delta = 22 \text{ cal}$  ποιο είναι το  $Q$  για μεταβολή αδ; Για την μεταβολή δβ;

[Απ : α) 6cal, β) -43 cal, γ)  $U_\beta = 40 \text{ cal}$ , δ) 18 cal, 18 cal]

32. Ένα θερμοδυναμικό σύστημα ξεκινά από μία αρχική κατάσταση A και επιστρέφει στην ίδια κατάσταση ακολουθώντας τη μεταβολή ABΓA. Συμπληρώστε τον πίνακα σημειώνοντας +, 0, -, για αύξηση, διατήρηση ή μείωση του μεγέθους.



Q	W	$\Delta U$	$\Delta T$	$\Delta P$	$\Delta V$
A→B					
B→Γ					
Γ→A					

33. Ιδανικό αέριο με αρχική θερμοκρασία  $T = 400^\circ \text{ K}$  πραγματοποιεί ισοβαρή αντιστρεπτή εκτόνωση, απορροφώντας θερμότητα  $Q = 100 \text{ J}$  και η θερμοκρασία αυξάνεται κατά  $\Delta T = 100^\circ \text{ K}$  δίνοντας στο περιβάλλον θερμότητα  $Q = 200 \text{ J}$ . Βρείτε την ολική μεταβολή  $\Delta U$  της εσωτερικής ενέργειας και το συνολικό έργο  $W$ .

[Απ :  $\Delta = -140 \text{ J}$ ,  $W_{ολ} = 40 \text{ J}$ ]

34. Ιδανικό αέριο καταλαμβάνει όγκο  $V = 10 \text{ m}^3$  σε θερμοκρασία  $T = 500^\circ \text{ K}$  και πίεση  $P = 10 \text{ N/m}^2$ . Το αέριο εκτελεί τις πιο κάτω διαδοχικές μεταβολές :

AB : αδιαβατική εκτόνωση με  $T_B = 250^\circ \text{ K}$ .

BΓ : ισόθερμη συμπίεση με  $V_\Gamma = V_A$ .

ΓA : ισόχωρη θέρμανση.

Να βρείτε το έργο και τη θερμότητα σε κάθε μεταβολή.

Δίνεται :  $C_p = 5/2 PR$ ,  $C_v = 3/2 R$ .

[Απ :  $Q_{AB} = 0$ ,  $W = +7,5 \cdot 10^5 \text{ J}$ ,  $Q_{B\Gamma} = W_{B\Gamma} = -7,5 \cdot 10^5 \ln 2 \text{ J}$ ,  $W_{\Gamma A} = 0$ ,  $Q_{\Gamma A} = 7,5 \cdot 10^5 \text{ J}$ ]

35. Στο διπλανό σχήμα, η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας ιδανικού αερίου που μεταβαίνει από την κατάσταση A στην Γ είναι  $+800 \text{ J}$ . Το έργο που παράγεται από το αέριο στην διαδρομή ABΓ είναι  $+500 \text{ J}$ .

α) Πόση είναι η  $Q_{AB\Gamma}$ ;

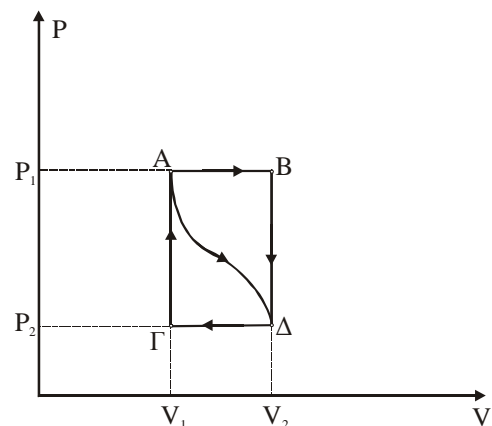
β) Αν  $P_1 = 5P_2$  να υπολογίσετε το  $W_{\Gamma\Delta}$ .

γ) Αν η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας από το Δ στο A είναι  $+500 \text{ J}$  να υπολογίσετε την  $Q_{\Gamma\Delta}$ ;

δ) Να υπολογίσετε την  $U_A - U_\Gamma$ .

ε) Να υπολογίσετε την θερμότητα στον κύκλο ABΓΔA.

στ) Αν στην διαδρομή AΓ το  $Q_{A\Gamma} = 1000 \text{ J}$  να υπολογίσετε το έργο στον κύκλο AΓΔA.



[Απ : α) 1300J, β) -100 J, γ) -1400 J, δ) -800 J, στ) 400 J.]

**36. B2.59** Κυλινδρικό δοχείο έχει τον άξονά του κατακόρυφο και κλείνεται, στο επάνω μέρος του, με έμβολο βάρους  $w$  και εμβαδού  $A$ , έτσι ώστε το αέριο που περιέχει να έχει όγκο  $V$ . Το αέριο θερμαίνεται έτσι ώστε η θερμοκρασία του, από  $\theta$ , να γίνει  $\theta'$ . Να υπολογιστεί το έργο που παράγεται από το αέριο. Η θέρμανση γίνεται σε χώρο όπου η ατμοσφαιρική πίεση είναι  $p_{at}$ .

$$[A\pi : W = V \left( p_{at} + \frac{w}{A} \right) \cdot \left( \frac{\theta' - \theta}{273 + \theta} \right) ]$$

**37. B2.60** Κυλινδρικό δοχείο με αδιαβατικά τοιχώματα έχει τον άξονά κατακόρυφο και κλείνεται με έμβολο πάνω στο οποίο βρίσκονται διάφορα σταθμά. Στο δοχείο περιέχεται  $V_1 = 1\text{m}^3$  υδρογόνου, σε θερμοκρασία  $\theta_1 = 27^\circ\text{C}$  και πίεση  $p_1 = 125 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$ . Αφαιρώντας σταθμά κάνουμε την πίεση ίση με  $p_2 = 10^5 \text{N/m}^2$  (ατμοσφαιρική πίεση). Να υπολογιστούν :

- α) Ο όγκος και η θερμοκρασία του αερίου στην τελική κατάσταση.  
β) Το έργο που παράχθηκε κατά την εκτόνωσή του.

Θεωρήστε κατά προσέγγιση  $\gamma = 3/2$ .

$$[A\pi : \text{α) } 25\text{m}^3, T = 60\text{K}, \quad \text{β) } W = 2 \cdot 10^7 \text{J}]$$

**38. B2.61** Μια ποσότητα ιδανικού αερίου που αποτελείται από  $N = 1,5 \cdot 10^{24}$  μόρια, βρίσκεται σε θερμοκρασία  $\theta_A = 27^\circ\text{C}$ . Θερμαίνουμε το αέριο μέχρι η θερμοκρασία του να γίνει  $\theta_B = 127^\circ\text{C}$  i) με σταθερό όγκο και ii) με σταθερή πίεση. Να υπολογιστούν σε κάθε περίπτωση :

- α) Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου.  
β) Το έργο που παράγει το αέριο.  
γ) Η θερμότητα που προσφέρουμε στο αέριο.

$$\text{Δίνονται : } R = 8,314 \text{ J/(mol K)}, N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ μόρια / mol. } C_v = \frac{3}{2} R.$$

$$[A\pi : \text{i) } 3106,2 \text{ J}, 0,3106,2 \text{ J} \quad \text{ii) } 3106,2 \text{ J}, 2070,8 \text{ J}, 5177 \text{ J}]$$

**39. B2.64** Ένα ιδανικό αέριο εκτελεί την κυκλική μεταβολή ΑΒΓΔΑ όπου ΑΒ ισόθερμη εκτόνωση, ΒΓ ισόχωρη ψύξη, ΓΔ ισόβαρη ψύξη, ΔΑ ισόχωρη θέρμανση. Αν είναι  $p_A = 6\text{atm}$ ,  $V_A = 22,4\text{L}$ ,  $T_A = 546\text{K}$ ,  $V_B = 3V_A$ ,  $T_\Gamma = 273\text{K}$ .

- α) Να αποδοθεί γραφικά η παραπάνω μεταβολή σε άξονες  $p - V$ ,  $p - T$ ,  $V - T$ .  
β) Να υπολογιστεί το έργο που παράγεται από το αέριο κατά τη διάρκεια αυτής της μεταβολής.

$$\text{Δίνονται } \ln 3 = 1,1 \text{ L atm} = 101\text{J}.$$

$$[A\pi : 10407 \text{ J}]$$

**40. B2.65** Ένα mol ιδανικού αερίου φέρεται από την κατάσταση Α ( $p_o, V_o$ ) στην κατάσταση Β ( $2p_o, 2V_o$ ) με δύο τρόπους :

- α) Με μια ισόθερμη και μια ισοβαρή μεταβολή.  
β) Με μια ισόθερμη και μια ισόχωρη μεταβολή.

Να υπολογιστούν τα  $Q$  και  $W$  σε κάθε περίπτωση. Δίνονται τα  $p_o, V_o$ ,  $\ln 2 = 0,6931$ ,  $C_v = 3R/2$ .

$$[A\pi : \text{α) } 6,8 p_o V_o, 2,3 p_o V_o \quad \text{β) } 5,2 p_o V_o, 0,7 p_o V_o]$$

**41. B2.70** Κυλινδρικό δοχείο, με αδιαβατικά τοιχώματα, έχει τον άξονά του κατακόρυφο, και κλείνεται στο επάνω μέρος του με αδιαβατικό έμβολο εμβαδού  $A = 10\text{cm}^2$  και μάζας  $m = 10 \text{kg}$ . Ο κύλινδρος περιέχει ιδανικό αέριο και βρίσκεται σε χώρο όπου η εξωτερική πίεση είναι  $p_{at} =$

$1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ . Μέσω μιας αντίστασης  $R$  που βρίσκεται στο δοχείο το αέριο θερμαίνεται αργά. Αν το ποσό θερμότητας που προσφέρεται μέσω της αντίστασης είναι  $Q = 50 \text{ J}$  να υπολογιστεί :

- α) Η μετατόπιση του εμβόλου.  
β) Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου.

Δίνονται :  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $C_V = 3R/2$ .

[Απ : 0,1m, 30J]

**42.** Ιδανικό αέριο εκτελεί κυκλική μεταβολή, η οποία αποτελείται από τρεις αντιστρεπτές μεταβολές.

- (i) ισόχωρη θέρμανση  $A \rightarrow B$   
(ii) ισόθερμη εκτόνωση  $B \rightarrow \Gamma$   
(iii) ισοβαρή συμπίεση  $\Gamma \rightarrow A$

(α) Να παρασταθεί ο κύκλος (ποιοτικά) σε διαγράμματα  $p - V$ ,  $p - T$ ,  $V - T$ .

(β) Να βρεθεί η θερμότητα  $Q_{B\Gamma}$ , αν δίνονται  $W_{ολ} = 250 \text{ J}$ ,  $Q_{AB} = 300 \text{ J}$ ,  $\gamma = 1,40$ .

[Απ : (β) 370 J]

**43.** Ιδανικό αέριο βρίσκεται σε κατάσταση  $A (p_0, V_0, T_0)$  και εκτονώνεται ισοβαρώς, μέχρι όγκο  $2V_0$ . Ύστερα εκτονώνεται ισόθερμα μέχρι την πίεση  $p_0/2$ . Κατόπιν, συμπιέζεται ισοβαρώς έως το όγκο  $V_0$  και τέλος επανέρχεται, ισόχωρα, στην κατάσταση  $A (p_0, V_0, T_0)$ .

(α) Να παρασταθεί η κυκλική μεταβολή σε άξονες  $p - V$ .

(β) Να υπολογισθεί το έργο που παράγει το έργο αέριο κατά την κυκλική μεταβολή.

Δίνονται :  $p_0 = 0,50 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ,  $V_0 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ ,  $\ln 2 = 0,69$

[Απ : (β) 45 J]

**44.** Μια ποσότητα ηλίου συμπιέζεται αδιαβατικά από μία κατάσταση  $A (1 \text{ atm}, 16 \text{ L})$  σε μια νέα κατάσταση  $B (P_2, 2 \text{ L})$ . Αν για τη συμπίεση του ηλίου απαιτήθηκε ενέργεια  $W = 7,200 \text{ Joule}$ , να βρείτε :

A. Την τελική πίεση  $P_2$ .

B. Αν αυξήθηκε ή ελαττώθηκε η εσωτερική ενέργεια του ηλίου και πόσο;

Δίνεται  $\gamma = 5/3$ .

[Απ : 32 atm , 7,200 Joule]

**45.** Αέριο από την κατάσταση ισορροπίας  $A (2 \text{ N/m}^2, 2 \text{ m}^3, T_A)$ , εκτονώνεται ισοβαρώς μέχρι να αποκτήσει όγκο  $V_B = 3 \text{ m}^3$  και στη συνέχεια επαναφέρεται αδιαβατικά στην αρχική θερμοκρασία  $T_A$ . Αν κατά την ισοβαρή μεταβολή, το αέριο απορρόφησε θερμότητα  $Q_1 = 50 \text{ Joule}$ , να βρείτε την ενέργεια  $W_2$  που απέδωσε το αέριο στο περιβάλλον κατά την αδιαβατική μεταβολή.

[Απ : 48 Joule]

**46.** Μονοατομικό αέριο εκτονώνεται ισοβαρώς, απορροφώντας θερμότητα  $Q = 1500 \text{ Joule}$ . Να βρείτε την ενέργεια  $W$  που αποδίδει το αέριο στο περιβάλλον. Αυξήθηκε ή ελαττώθηκε η εσωτερική ενέργεια του αερίου και πόσο;

[Απ : 600Joule, 900Joule]

**47.** Μια ποσότητα αερίου με  $C_p = 5R/2$  και  $C_V = 3R/2$  βρίσκεται στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας  $A$ , όπου  $A (2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2, 5 \text{ m}^3)$ . Υποθέστε ότι το αέριο υφίσταται τις παρακάτω μεταβολές :

ι) ισοβαρή εκτόνωση  $AB$  μέχρι  $V_B = 10 \text{ m}^3$ ,

ii) αδιαβατική εκτόνωση  $B\Gamma$  μέχρι να αποκτήσει θερμοκρασία  $T_\Gamma = T_A$ ,



ιι) ισόθερμη συμπίεση ΓΑ.

Να υπολογίσετε :

A. Το έργο  $W$  για κάθε μεταβολή.

B. Την ισχύ του κύκλου, αν αυτός πραγματοποιείται 10 φορές το δευτερόλεπτο.

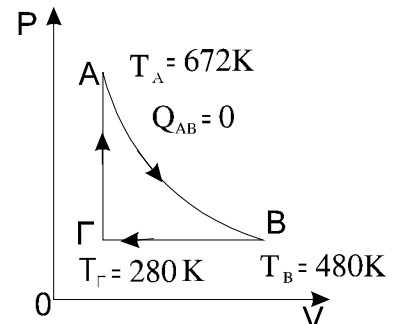
[Απ :  $10^6 \text{ Joule}$  ,  $1,5 \cdot 10^6 \text{ Joule}$  ,  $-1,7 \cdot 10^6 \text{ Joule}$  ,  $8 \cdot 10^6 \text{ Watt}$ ]

48. Ένα mol μονοατομικού αερίου υποβάλλεται στον κύκλο ΑΒΓΑ που φαίνεται στην εικόνα.

Να υπολογίσετε τη θερμότητα  $Q$ , τη μεταβολή  $\Delta U$  της εσωτερικής ενέργειας  $W$ , για κάθε μεταβολή.

Δίνεται  $R = 8,314 \text{ Joule} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

[Απ : 0, -2.394,4Joule, 2.339,4Joule, 4.157Joule, 1.662,8Joule, 2.494Joule, 4.888,6Joule, 0, 4.888,6Joule]



49. Ορισμένη ποσότητα ενός ιδανικού αερίου το οποίο καταλαμβάνει όγκο  $V_A = 5 \text{ lt}$  σε πίεση

$P_A = 0,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ , παθαίνει τις εξής διαδοχικές μεταβολές : 1) Συμπιέζεται αδιαβατικά

.2) Ψύχεται ισόχωρα στην αρχική θερμοκρασία και σε πίεση  $P_\delta = 2P_A$ . Η ενέργεια που μεταφέρθηκε στο αέριο, μέσω του έργου, κατά την αδιαβατική μεταβολή είναι  $E = 200 \text{ Joule}$ .

A. Να υπολογιστούν ο όγκος και η πίεση του αερίου στο τέλος της αδιαβατικής μεταβολής.

B. Να γίνει γραφική παράσταση των μεταβολών αυτών σε διάγραμμα P-V.

Γ. Να βρεθεί το ποσό της θερμότητας που αφαιρέθηκε από το αέριο κατά την ισόχωρη μεταβολή. Δίνεται ότι  $2^{1,4} = 2,64$  και  $\gamma = 1,4$

[Απ.  $V_B = 2,5 \text{ lt}$ ,  $P_B = 1,32 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ ,  $Q = -200 \text{ Joule}$ .]

50. Μια ποσότητα  $n = \frac{0,032}{R} \text{ mol}$  ιδανικού αερίου (η  $R$  εκφρασμένη σε  $\frac{\text{lit} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ ) εκτελεί κυκλική μεταβολή όπου είναι:

ΑΒ: ισόθερμη εκτόνωση από  $P_A = 8 \text{ atm}$ ,  $V_A = 4 \text{ lit}$ ,  $T_A = 1.000 \text{ K}$  σε όγκο  $V_B = 8 \text{ lit}$ .

ΒΓ: ευθεία μεταβολή που διέρχεται από την αρχή των αξόνων.

ΓΔ: ισοβαρής ψύξη σε πίεση  $P_\Gamma = P_\Delta = 2 \text{ atm}$ .

ΔΑ: ευθεία μεταβολή μέχρι την αρχική κατάσταση Α, που διέρχεται από την αρχή των αξόνων.

α. Να υπολογίσετε τα μεγέθη  $P_B$ ,  $V_\Gamma$ ,  $T_\Gamma$ ,  $V_\Delta$ ,  $T_\Delta$ .

β. Να χαράξετε το διάγραμμα της μεταβολής σε άξονες P-T και V-T.

[ Απ:  $P_B = 4 \text{ atm}$ ,  $V_\Gamma = 4 \text{ lit}$ ,  $T_\Gamma = 250 \text{ K}$ ,  $V_\Delta = 1 \text{ lit}$ ,  $T_\Delta = 62,5 \text{ K}$  ]

51. Μια ποσότητα ιδανικού αερίου βρίσκεται αρχικά σε όγκο  $V_1 = 4 \text{ lit}$  και πίεση  $P_1 = 2 \text{ atm}$ . Το αέριο αρχικά παθαίνει μια ισοβαρή εκτόνωση και στη συνέχεια ισόχωρη ψύξη μέχρι να

αποκτήσει την αρχική θερμοκρασία του. Κατά την ισόβαρη μεταβολή, η  $\sqrt{u^2}$  των μορίων του αερίου διπλασιάζεται. Να υπολογίσετε:

α. Το έργο που παράγεται κατά την ισοβαρή μεταβολή.

β. Τη μεταβολή της  $\sqrt{u^2}$  κατά την ισόχωρη μεταβολή  $2 \rightarrow 3$ .

[ Απ: α.  $W_{1 \rightarrow 2} = 2.400 \text{ J}$  , β. η  $U_{\text{rms}}$  υποδιπλασιάζεται ]