

Οι νόμοι των αερίων – Η κινητική θεωρία

Μακροσκοπική περιγραφή ιδανικού αέριου

Μικροσκοπική περιγραφή ιδανικού αέριου

ΟΙ ΝΟΜΟΙ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ – Η ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ

□ Οι νόμοι των αερίων

Νόμος Boyle: **n, T σταθερά άρα:** $P_1 V_1 = P_2 V_2$

Νόμος Charles: **n, V σταθερά άρα:** $P_1/T_1 = P_2/T_2$

Νόμος Gay Lussac: **n, P σταθερά άρα:** $V_1/T_1 = V_2/T_2$

Ιδανικό αέριο: Αυτό που υπακούει στην καταστατική εξίσωση, $PV = nRT$

Η καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων (οι τρεις εκφράσεις) :

$$PV = nRT \quad \rightarrow \quad PV = \frac{m_{\text{ολ}}}{M} RT \quad \rightarrow \quad P = \frac{\rho RT}{M}$$

□ Η κινητική θεωρία

Σχέση πίεσης με τις ταχύτητες των μορίων: $P = \frac{Nm\bar{v}^2}{3} = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \bar{K} = \frac{\rho \bar{v}^2}{3}$

Σχέση απόλυτης θερμοκρασίας με ταχύτητες: $\bar{K} = \frac{m\bar{v}^2}{2} = \frac{3kT}{2} \rightarrow T = \frac{2\bar{K}}{3k}$

Ενεργός ταχύτητα: $v_{\text{ev}} = \sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$

Σταθερά Boltzmann: $k = \frac{R}{N_A}$

N μόρια, N_A η σταθερά του Avogadro και n ο αριθμός των mol: $n = \frac{N}{N_A}$

$m_{\text{αερ}}$ η μάζα του αερίου, M_r η γραμμομοριακή μάζα και n ο αριθμός των mol: $n = \frac{m_{\text{αερ}}}{M_r}$

m η μάζα του μορίου, N_A η σταθερά του Avogadro: $m N_A = M_r$

M_r : η γραμμομοριακή μάζα είναι η μάζα του ενός mol.

N_A η σταθερά Avogadro εκφράζει τον αριθμό των μορίων του αερίου στο 1mol.

Πυκνότητα αερίου: $\rho = \frac{Nm}{V}$

1. Οι νόμοι των αερίων – Η κινητική θεωρία των αερίων

Μακροσκοπική περιγραφή ιδανικού αερίου

Ερωτήσεις

1.1 Να συμπληρώσετε τα κενά στις προτάσεις που ακολουθούν:

- α. Η πίεση μιας ορισμένης ποσότητας αερίου του οποίου η θερμοκρασία είναι σταθερή είναι με τον όγκο του. Η μεταβολή λέγεται
- β. Η πίεση μιας ορισμένης ποσότητας αερίου του οποίου ο όγκος είναι σταθερός είναι με τη Η μεταβολή λέγεται
- γ. Ο όγκος μιας ορισμένης ποσότητας αερίου, όταν η μένει σταθερή είναι ανάλογη με την απόλυτη θερμοκρασία του. Η μεταβολή λέγεται
- δ. Μακροσκοπικά, ιδανικό αέριο είναι εκείνο για το οποίο ισχύει η εξίσωση, σε όλες τις πιέσεις και τις θερμοκρασίες.
- ε. Η καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων είναι η

1.2 Να αντιστοιχίσετε τις σχέσεις της αριστερής στήλης με τις μεταβολές της δεξιάς στήλης, ιδανικού αερίου, σταθερής μάζας;

- | | |
|------------------------------------|----------------------|
| α) $\frac{P}{T} = \text{σταθ.}$ | 1. Τυχαία μεταβολή |
| β) $P, V = \text{σταθ.}$ | 2. Ισόχωρη μεταβολή |
| γ) $\frac{V}{T} = \text{σταθ.}$ | 3. Ισοβαρής μεταβολή |
| δ) $V, T = \text{σταθ.}$ | 4. Ισόθερμη μεταβολή |
| ε) $\frac{P, V}{T} = \text{σταθ.}$ | |

1.3 Να γίνουν ποιοτικά οι ακόλουθες γραφικές παραστάσεις μεταβολών ιδανικού αερίου σταθερής μάζας.

- | | |
|--|--|
| α. Ισόθερμη εκτόνωση σε διάγραμμα P–V. | στ. Ισοβαρής συμπίεση σε διάγραμμα V–T |
| β. Ισόχωρη θέρμανση σε διάγραμμα P–V | ζ. Ισόχωρη ψύξη σε διάγραμμα V–T. |
| γ. Ισοβαρής εκτόνωση σε διάγραμμα P–V | η. Ισοβαρής εκτόνωση σε διάγραμμα P–T. |
| δ. Ισόθερμη συμπίεση σε διάγραμμα P–T. | θ. Ισόχωρη θέρμανση σε διάγραμμα P–T. |
| ε. Ισόχωρη ψύξη σε διάγραμμα P–T. | ι. Ισόθερμη εκτόνωση σε διάγραμμα V–T. |

1.4 Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές ή λανθασμένες. Οι μεταβολές αναφέρονται σε ιδανικό αέριο σταθερής μάζας,

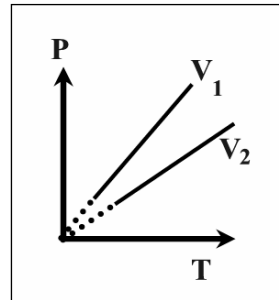
- α. Στην ισόθερμη μεταβολή η πίεση μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με τον όγκο.
- β. Στην ισόχωρη θέρμανση η πίεση αυξάνεται ανάλογα με τη θερμοκρασία.
- γ. Στην ισοβαρή εκτόνωση ο όγκος μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με τη θερμοκρασία.
- δ. Σε κάθε μεταβολή το πηλίκο PV/T διατηρείται σταθερό.

1.5 Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση του γινομένου PV σε σχέση με την απόλυτη θερμοκρασία, T μιας σταθερής ποσότητας ιδανικού αερίου και να δικαιολογήσετε τη μορφή της.

1.6 Να γίνουν οι ακόλουθες γραφικές παραστάσεις και να δικαιολογηθεί η μορφή τους:

α. Σε κοινό διάγραμμα P-V, δύο ισόθερμες μεταβολές για ίδιο αριθμό mol σε θερμοκρασίες T_1, T_2 όπου $T_1 > T_2$.

β. Σε διάγραμμα P-V, δύο ισόθερμες μεταβολές στην ίδια θερμοκρασία για n_1, n_2 mol, $n_1 > n_2$.



1.7 Στο διάγραμμα P-T του σχήματος φαίνονται δύο ισόχωρες μεταβολές της ίδιας ποσότητας ιδανικού αερίου σε όγκους V_1, V_2 αντίστοιχα. Για του όγκους ισχύει;

α. $V_1 = V_2$ β. $V_1 < V_2$ γ. $V_1 > V_2$

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

1.8 Ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις που αναφέρονται σε μεταβολές ιδανικού αερίου σταθερής μάζας είναι σωστές, ποιες λάθος και γιατί;

α. Αν αυξήσουμε την πίεση, υπό σταθερή θερμοκρασία, ο όγκος αυξάνεται.

β. Αν μειώσουμε την πίεση, υπό σταθερό όγκο, η θερμοκρασία μειώνεται.

γ. Αν αυξήσουμε τον όγκο, υπό σταθερή θερμοκρασία, η πίεση μειώνεται.

δ. Αν αυξήσουμε τον όγκο, υπό σταθερή πίεση, η θερμοκρασία αυξάνεται.

1.9 Ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι σωστές ή λάθος και γιατί;

α. Αν διπλασιάσουμε τα mol ενός αερίου με σταθερά τον όγκο και τη θερμοκρασία, η πίεση διπλασιάζεται.

β. Αν διπλασιάσουμε τα mol ενός αερίου και θέλουμε να μένουν σταθερά η πίεση και ο όγκος θα πρέπει η θερμοκρασία να υποδιπλασιαστεί.

γ. Όταν η θερμοκρασία σταθερής ποσότητας αερίου είναι σταθερή, τότε το γινόμενο P,V μένει σταθερό.

δ. Αν διπλασιαστούν η θερμοκρασία T και τα mol ενός αερίου υπό σταθερό όγκο, τότε θα διπλασιαστεί και η πίεσή του.

ε. Αν διπλασιαστεί η θερμοκρασία σταθερής ποσότητας αερίου υπό σταθερό όγκο, η πυκνότητα μένει σταθερή.

1.10 Αν σε σταθερή ποσότητα ιδανικού αερίου τετραπλασιάσουμε τον όγκο και διπλασιάσουμε ταυτόχρονα τη θερμοκρασία τότε η πίεση:

α. Μένει σταθερή.

β. Διπλασιάζεται

γ. Υποδιπλασιάζεται

1.11 Σε δοχείο σταθερού όγκου περιέχονται n mol ιδανικού αερίου. Για να τετραπλασιαστεί η πίεση και ταυτόχρονα να υποδιπλασιαστεί η απόλυτη θερμοκρασία πρέπει τα mol του αερίου να γίνουν με κάποιον τρόπο:

α. 4n

β. n/2

γ. 8n

δ. 16n

1.12 Ποσότητα ιδανικού αερίου έχει απόλυτη θερμοκρασία T. Αν ταυτόχρονα τετραπλασιαστούν πίεση και όγκος, τότε η απόλυτη θερμοκρασία γίνεται:

α. 4T

β. 16T

γ. T/8

δ. 8T

1.13 Για δεδομένη ποσότητα ιδανικού αερίου τετραπλασιάζουμε τη πίεση υπό σταθερό όγκο, V. Για να επαναφέρουμε το αέριο στην αρχική πίεση υπό σταθερή θερμοκρασία πρέπει ο όγκος να γίνει:

α. 4V β. 16V γ. V/4 δ. 2V

1.14 Ο όγκος μιας δεδομένης ποσότητας ιδανικού αερίου, αρχικής απόλυτης θερμοκρασίας, T , διπλασιάζεται υπό σταθερή πίεση και κατόπιν μειώνεται η πίεση στο μισό της αρχικής υπό σταθερό όγκο. Η τελική θερμοκρασία του αερίου θα είναι:

α. 4T β. T γ. T/2 δ. 2T

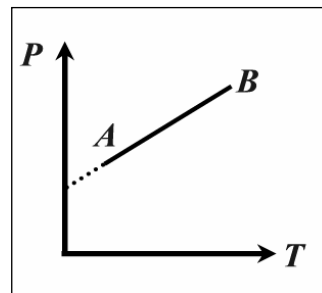
1.15 Στο διπλανό σχήμα φαίνεται μια διεργασία AB σε διάγραμμα P-T. i. Η διεργασία είναι:

α. Ισοβαρής β. Ισόχωρη
γ. Ισόθερμη δ. Τίποτα από τα προηγούμενα

ii. Η σχέση μεταξύ των όγκων του αερίου στις καταστάσεις A και B είναι:

α. $V_A = V_B$ β. $V_A > V_B$ γ. $V_A < V_B$

Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.



Ασκήσεις και προβλήματα

1.16 Η πίεση μιας ποσότητας αερίου είναι 10^5 N/m^2 όταν καταλαμβάνει όγκο $2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$.

Πόσα m^3 θα γίνει ο όγκος του, αν η πίεσή του γίνει $0,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ υπό σταθερή θερμοκρασία; Να παρασταθεί η μεταβολή σε διάγραμμα P-V.

$$V = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

1.17 Η πίεση μιας ποσότητας αερίου είναι 3atm όταν βρίσκεται σε θερμοκρασία 300K.

Πόση θα γίνει η πίεση του αερίου σε atm, αν η θερμοκρασία ανέβει στους 400K υπό σταθερό όγκο; Να παρασταθεί η μεταβολή σε διαγράμματα (P-V), (P-T), (V-T)

$$P = 4 \text{ atm}$$

1.18 Ποσότητα ιδανικού αερίου αρχικής θερμοκρασίας $\theta_1 = 27^\circ \text{C}$ εκτονώνεται ισοβαρώς από όγκο V σε όγκο 4V. Να υπολογιστεί η τελική θερμοκρασία του αερίου σε K. Να παρασταθεί η μεταβολή σε διαγράμματα (P-V), (P-T), (V-T)

$$T_2 = 1200 \text{ K}$$

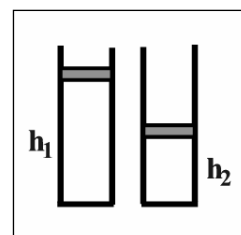
1.19 Ποσότητα ιδανικού αερίου είναι εγκλωβισμένη σε μπαλόνι και βρίσκεται μέσα στη θάλασσα συμπιεσμένο έτσι ώστε η πίεση του αερίου να είναι $3,6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Μειώνουμε την πίεση χωρίς να μεταβάλλουμε την ποσότητα του αερίου μέσα στο μπαλόνι και παρατηρούμε ότι ο όγκος του αυξάνεται κατά 20% σε σχέση με τον αρχικό. Αν το αέριο βρίσκεται συνεχώς σε θερμική ισορροπία με το θαλασσινό νερό, πόση είναι η τελική πίεση του αερίου.

$$P = 3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

1.20 Ιδανικό αέριο περιέχεται σε κυλινδρικό δοχείο του οποίου το πάνω μέρος είναι κινητό έμβολο το οποίο σε θερμοκρασία $T_1 = 200 \text{ K}$ ισορροπεί σε ύψος $h_1 = 20 \text{ cm}$ πάνω από τον πυθμένα του δοχείου. Ψύχουμε το αέριο ώστε η θερμοκρασία του γίνει $T_2 = 100 \text{ K}$ και παρατηρούμε ότι το έμβολο ισορροπεί και πάλι σε νέα θέση.

α. Ποιο θα είναι το νέο ύψος, h_2 που θα ισορροπήσει το έμβολο από τον πυθμένα του δοχείου; Ο όγκος του δοχείου είναι $V = h \cdot A$ όπου A το εμβαδόν της βάσης του.

β. Να παρασταθεί η μεταβολή σε ποιοτικά διαγράμματα (P-V) και (V-T).



$$h_2=10\text{cm}$$

1.21 Ποσότητα n mol ηλίου (He) έχει όγκο 8,31L και βρίσκεται υπό πίεση $3,10^5\text{N/m}^2$ και θερμοκρασία 27°C .

α. Πόσα είναι τα mol και πόση είναι η μάζα του αερίου σε kg.

β. Πόση θα γίνει η πίεση της ίδιας ποσότητας ηλίου, αν η θερμοκρασία αυξηθεί κατά 100K και ο όγκος διπλασιαστεί; Δίνεται για το ήλιο $M_r=4$ και $R=8,31\text{J/mole,K}$.

$$\alpha. n=1\text{mol}, m=4,10^{-3}\text{kg}, \beta. 2,10^5\text{N/m}^2$$

1.22 Πόσα μόρια O_2 περιέχονται σε δοχείο με όγκο $8,31\text{m}^3$ στο οποίο επικρατούν συνθήκες πίεσης 10^6N/m^2 και θερμοκρασίας 727°C . Δίνονται, $R=8,31\text{J/mol,K}$ και η σταθερά Avogadro $N_A=6,023,10^{23}$ μόρια /mole.

$$N=6,023,10^{26}\text{μόρια}$$

1.23 Υπό ποια πίεση βρίσκονται 16g O_2 , όγκου 2L, θερμοκρασίας 27°C . Δίνεται η γραμμομοριακή μάζα του O_2 ίση με 32g/mole και $R=0,082\text{L,atm/mole,K}$.

$$P=6,15\text{atm}$$

1.24 Ποσότητα $n=100\text{mol}$ ιδανικού αερίου έχει όγκο V , θερμοκρασία T και ασκεί στα τοιχώματα του δοχείου πίεση P . Πόση ποσότητα του ίδιου αερίου έπρεπε να είχαμε σε διπλάσιο όγκο και σε τετραπλάσια θερμοκρασία ώστε να ασκούσε την ίδια πίεση P ;

$$n=50\text{mol}$$

1.25 Να υπολογιστεί η πυκνότητα ποσότητας H_2 σε θερμοκρασία $T=400\text{K}$ πίεση $P=10^5\text{N/m}^2$, αν δίνεται η γραμμομοριακή του μάζα 2g/mole και $R=8,31\text{J/mol,K}$. Κατά πόσο θα μεταβληθεί η πυκνότητα της ίδιας ποσότητας αερίου, αν διπλασιάσουμε τη θερμοκρασία υπό σταθερή πίεση;

$$\rho=0,06\text{kg/m}^3, \text{υποδιπλασιάζεται}$$

1.26 Αέριο έχει αρχικό όγκο $0,5\text{m}^3$, πίεση 1atm και θερμοκρασία 300K .

α. Συμπιέζουμε το αέριο στο $1/5$ του αρχικού του όγκου και παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία του γίνεται 900K . Να υπολογιστεί η νέα πίεση P_2 του αερίου.

β. Στη συνέχεια εκτονώνουμε το αέριο ώστε η πίεση να γίνει $1,5\text{atm}$ και ο όγκος του $0,4\text{m}^3$. Πόση είναι η τελική θερμοκρασία του αερίου T .

$$P_2=15\text{atm} \quad T_3=360\text{K}$$

1.27 Ιδανικό αέριο βρίσκεται στην κατάσταση A με θερμοδυναμικές συντεταγμένες P_A, V_A , και $T_A=300\text{K}$ και εκτελεί τις ακόλουθες διαδοχικές μεταβολές:

AB: Ισόχωρη, μέχρι πίεση $2P_A$. BG: Ισοβαρή, μέχρι όγκο $4V_A$.

α. Να απεικονιστεί η διεργασία ABΓ σε ποιοτικά διαγράμματα P-V, P-T και V-T.

β. Να υπολογιστούν οι θερμοκρασίες του αερίου στις καταστάσεις B και Γ.

$$T_B=600\text{K}, T_\Gamma=2400\text{K}$$

1.28 Ιδανικό αέριο βρίσκεται στην κατάσταση A με θερμοδυναμικές συντεταγμένες $P_A=2\text{atm}, V_A=1\text{m}^3, T_A=600\text{K}$ και εκτελεί τις ακόλουθες διαδοχικές μεταβολές:

AB: Ισόθερμη εκτόνωση μέχρι όγκο $2V_A$.

BΓ: Ισοβαρή εκτόνωση μέχρι όγκο $4V_A$.

α. Να απεικονιστεί η διεργασία ABΓ σε διαγράμματα P-V, P-T και V-T

β. Να υπολογιστεί η πίεση στην κατάσταση Β και η θερμοκρασία στην κατάσταση Γ.

$$P_B=1\text{atm}, T_\Gamma=1200\text{K}$$

1.29 Ιδανικό αέριο βρίσκεται στην κατάσταση Α με θερμοδυναμικές συντεταγμένες $P_A=10\text{atm}, V_A=1\text{m}^3, T_A=600\text{K}$ και εκτελεί τις ακόλουθες διαδοχικές μεταβολές:

ΑΒ: Ισόχωρη ψύξη μέχρι $T_B=300\text{K}$.

ΒΓ: Ισόθερμη εκτόνωση μέχρι πίεση $P_\Gamma=P_B/2$.

α. Να γίνει το διάγραμμα $P-V$ και να υπολογιστούν η πίεση P_Γ και ο όγκος V_Γ .

β. Να υπολογιστεί ο αριθμός των mol του αερίου συναρτήσει της σταθεράς R .

$$\alpha. P_B=5\text{atm}, V_B=2\text{m}^3, \beta. n=1/60R$$

1.30 Ιδανικό αέριο βρίσκεται στην κατάσταση Α με θερμοδυναμικές συντεταγμένες $P_A=4\text{atm}, V_A=0,1\text{m}^3, T_A=1000\text{K}$ και εκτελεί τις ακόλουθες διαδοχικές μεταβολές:

ΑΒ: Ισόθερμη εκτόνωση μέχρι όγκο $V_B=4V_A$.

ΒΓ: Ισοβαρή συμπίεση μέχρι τον αρχικό όγκο.

ΓΑ: Ισόχωρη θέρμανση μέχρι την αρχική κατάσταση Α.

α. Να απεικονιστεί η διεργασία ΑΒΓΑ σε διαγράμματα $P-V$, $P-T$ και $V-T$.

β. Να υπολογιστούν η πίεση P_B και η θερμοκρασία T_Γ .

$$\beta. P_B=1\text{atm}, T_\Gamma=250\text{K}$$

1.31 Ιδανικό αέριο βρίσκεται στην κατάσταση Α με θερμοδυναμικές συντεταγμένες $P_A=3\text{atm}, V_A=0,1\text{m}^3, T_A=150\text{K}$ και εκτελεί τις ακόλουθες διαδοχικές μεταβολές:

ΑΒ: Ισοβαρή εκτόνωση μέχρι όγκο $V_B=0,3\text{m}^3$.

ΒΓ: Ισόχωρη ψύξη μέχρι πίεση P_Γ .

ΓΑ: Ισόθερμη μέχρι την αρχική κατάσταση Α.

α. Να απεικονιστεί η διεργασία ΑΒΓΑ σε διαγράμματα $P-V$, $P-T$ και $V-T$.

β. Να υπολογιστούν η θερμοκρασία T_B και η πίεση P_Γ .

$$T_B=450\text{K}, P_\Gamma=1\text{atm}$$

□1.32 Ιδανικό αέριο με αρχικές συνθήκες $V_A=1\text{m}^3, P_A=2\text{atm}$ και $T_A=300\text{K}$ εκτελεί κυκλική μεταβολή ΑΒΓΔΑ, που αποτελείται από τις ακόλουθες διεργασίες:

ΑΒ: Ισόχωρη θέρμανση από μέχρι διπλάσια θερμοκρασία.

ΒΓ: Ισόθερμη μέχρι την αρχική πίεση P_A .

ΓΔ: Ισόχωρη μέχρι την αρχική θερμοκρασία T_A .

ΔΑ: Ισόθερμη μέχρι την αρχική κατάσταση Α.

α. Να παρασταθεί η διεργασία σε διαγράμματα $P-V$, $P-T$ και $V-T$.

β. Να υπολογιστούν οι πιέσεις P_B , και P_Δ και ο όγκος V_Γ .

$$P_B=4\text{atm}, P_\Delta=1\text{atm}, V_\Gamma=2\text{m}^3$$

□1.33 Ιδανικό αέριο βρίσκεται στην κατάσταση Α με θερμοδυναμικές συντεταγμένες $P_A, V_A, T_A=300\text{K}$ και εκτελεί τις ακόλουθες διαδοχικές μεταβολές:

ΑΒ: Ισοβαρή μέχρι διπλάσιο όγκο.

ΒΓ: Ισόχωρη μέχρι τη μισή πίεση.

ΓΔ: Ισοβαρή μέχρι τον αρχικό όγκο.

ΔΑ: Ισόχωρη μέχρι την αρχική κατάσταση Α.

α. Να απεικονιστεί η διεργασία ΑΒΓΔΑ σε ποιοτικά διαγράμματα $P-V$, $P-T$ και $V-T$.

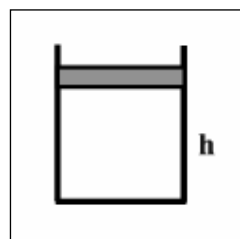
β. Να υπολογιστούν οι απόλυτες θερμοκρασίες του αερίου στις καταστάσεις Β, Γ και Δ.

$$T_B=600\text{K}, T_\Gamma=300\text{K}, T_\Delta=150\text{K}$$

□1.34 Σε πόση πίεση πρέπει να βρίσκεται ποσότητα ηλίου μέσα σε φιάλη όγκου 20L ώστε με αυτή να γεμίσουμε 500 όμοια μπαλόνια σε όγκο 4L και πίεση 1atm. Να θεωρηθεί ότι δοχείο και μπαλόνια βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία.

$$P=100atm$$

□1.35 Δοχείο με θερμομονωτικά τοιχώματα κλείνεται από πάνω με ευκίνητο θερμομονωτικό έμβολο βάρους 200N, εμβαδού $S=0,4m^2$ και διαθέτει στρόφιγγα που είναι κλειστή. Το έμβολο ισορροπεί αρχικά σε ύψος $h=83,1cm$ πάνω από τον πυθμένα του δοχείου το οποίο περιέχει $n=0,2mol$ αερίου σε θερμοκρασία $T=300K$.

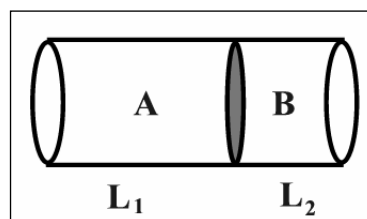


α. Πόση είναι η εξωτερική πίεση ;

β. Αν ανοίξουμε τη στρόφιγγα και αφήσουμε να διαφύγει η μισή ποσότητα αερίου να υπολογιστεί το ύψος στο οποίο θα ισορροπήσει και πάλι το έμβολο, αν υποθέσουμε ότι η εξωτερική πίεση διατηρείται σταθερή.

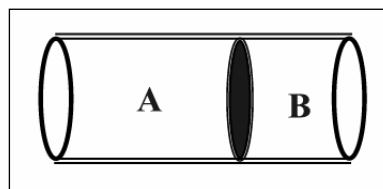
$$\alpha. P_{\text{εξ}}=10^3 \text{ N/m}^2 \quad \beta. 41,55cm$$

□1.36 Ο οριζόντιος σωλήνας του σχήματος χωρίζεται σε δύο μέρη με λεπτό ευκίνητο έμβολο που ισορροπεί σε τέτοια θέση ώστε τα μήκη των δύο χώρων, A και B να έχουν σχέση $L_1/L_2=3/2$. Το υλικό του εμβόλου είναι τέλειος αγωγός της θερμότητας. Στο χώρο A υπάρχει υδρογόνο, στο χώρο B υδρογόνο που θεωρούνται ιδανικά, βρίσκονται σε σταθερή θερμοκρασία και η συνολική ποσότητα των δύο αερίων είναι 2mol. Να υπολογιστούν τα mol του κάθε αερίου.



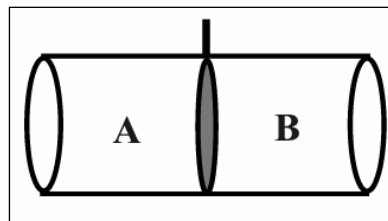
$$n_A=1,2mol, n_B=0,8mol$$

□1.37 Κυλινδρικό δοχείο με αδιαβατικά τοιχώματα χωρίζεται με θερμομονωτικό ευκίνητο έμβολο σε δύο μέρη A και B. Αρχικά σε κάθε μέρος υπάρχει ποσότητα ιδανικού αερίου στην ίδια θερμοκρασία και το έμβολο ισορροπεί έτσι ώστε $V_A=2V$ και $V_B=V$. Μεταβάλλουμε τη θερμοκρασία του κάθε χώρου χωριστά με θέρμανση, έτσι ώστε στο χώρο A να γίνει 600K και στο χώρο B, 300K. Όταν το έμβολο ισορροπήσει και πάλι, να υπολογιστεί ο λόγος, $\lambda=V_A/V_B$.



$$\lambda=4$$

□1.38 Κυλινδρικό δοχείο χωρίζεται σε δύο ίσων όγκων μέρη A και B με θερμομονωτικό διάφραγμα και περιέχει σε κάθε χώρο ιδανικό αέριο με συνθήκες, στον χώρο A, πίεση P_1 και θερμοκρασία $T_1=300K$ και στο χώρο B, $P_2=20atm$ και $T_2=200K$. Αφαιρούμε το διάφραγμα και όταν αποκατασταθούν στο δοχείο σταθερές συνθήκες διαπιστώνουμε ότι η θερμοκρασία είναι 240K και η πίεση 14atm. Να υπολογιστούν:

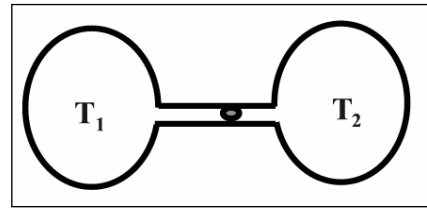


α. Η αρχική πίεση P_1 του χώρου A.

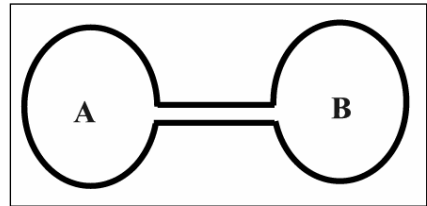
β. Ο λόγος των mol των αερίων n_1/n_2 στους δύο χώρους.

$$\alpha. P_1=5atm, \beta. 1/6$$

□1.39 Δύο δοχεία ίσου όγκου συνδέονται με σωλήνα αμελητέου όγκου στον οποίο υπάρχει μια σταγόνα υδραργύρου. Τα δοχεία περιέχουν το ίδιο ιδανικό αέριο σε θερμοκρασίες $T_1=290\text{K}$ και $T_3=300\text{K}$ και η σταγόνα ισορροπεί. Αν η θερμοκρασία των δύο δοχείων αυξηθεί κατά 10K , πως θα κινηθεί η σταγόνα του υδραργύρου; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

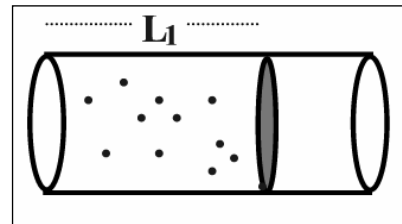


□1.40 Τα δύο δοχεία A και B του σχήματος περιέχουν ιδανικό αέριο σε θερμοκρασία 300K πίεση $p_0=10^5\text{N/m}^2$ και έχουν όγκους $V_A=50\text{L}$ και $V_B=40\text{L}$ και επικοινωνούν με λεπτό σωλήνα. Τοποθετούμε το δοχείο A σε λουτρό σταθερής θερμοκρασίας $T_A=500\text{K}$ και το δοχείο B σε λουτρό σταθερής θερμοκρασίας $T_B=400\text{K}$. Να βρείτε την τελική πίεση του αερίου.



$$1,5 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$$

□1.41 Ο κυλινδρικός σωλήνας περιέχει ιδανικό αέριο και κλείνεται από έμβολο βάρους $w=5\text{N}$ και εμβαδού διατομής $A=1\text{cm}^2$, το οποίο μπορεί να μετακινείται χωρίς τριβές. Όταν ο σωλήνας είναι οριζόντιος το μήκος του τμήματος που καταλαμβάνει το αέριο είναι $L_1=30\text{cm}$. Η ατμοσφαιρική πίεση είναι $P_{\text{atm}}=10^5\text{N/m}^2$ και η απόλυτη θερμοκρασία $T=300\text{K}$. Να βρείτε το μήκος του σωλήνα που καταλαμβάνει το αέριο αν ο σωλήνας τοποθετηθεί κατακόρυφα:



α. με το έμβολο προς τα πάνω.

β. με το έμβολο προς τα κάτω.

Σε όλη τη διάρκεια του πειράματος η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή.

α. 20cm , β. 60cm

Μικροσκοπική περιγραφή αέριου

Ερωτήσεις

1.42 Να συμπληρώσετε τα κενά στις προτάσεις που ακολουθούν:

Για τα ιδανικά αέρια παραδεχόμαστε ότι:

- α. Τα μόρια του αερίου συμπεριφέρονται σαν μικροσκοπικές, απόλυτα σφαίρες.
- β. Στα μόρια δεν ασκούνται δυνάμεις παρά μόνο τη στιγμή της με άλλα μόρια ή με τα τοιχώματα του δοχείου. Η κίνηση μεταξύ δύο διαδοχικών κρούσεων είναι και
- γ. Οι κρούσεις των μορίων μεταξύ τους ή με τα τοιχώματα του δοχείου είναι

1.43 Ιδανικό αέριο έχει N μόρια, περιέχεται σε δοχείο όγκου V , και η μέση κινητική ενέργεια του κάθε μορίου είναι $\bar{K}$.

- α. Να εκφραστεί η σχέση που δίνει την πίεση του αερίου συναρτήσει αυτών των μεγεθών.
- β. Να αποδειχθεί η σχέση που δίνει την απόλυτη θερμοκρασία T σε συνάρτηση με τη $\bar{K}$.

1.44 Ποιες από τις σχέσεις που ακολουθούν και δίνουν την πίεση ιδανικού αερίου είναι σωστές;

α. $P = \frac{2N\bar{K}}{3V}$ β. $P = \frac{Nm\bar{v}^2}{3V}$ γ. $P = \frac{\rho\bar{v}^2}{2}$ δ. $P = \frac{NRT}{N_A V}$

1.45 Ποιες από τις σχέσεις που ακολουθούν είναι σωστές;

α. $T = \frac{2\bar{K}}{3k}$ β. $\bar{K} = \frac{3RT}{2N_A}$ γ. $\bar{K} = \frac{2kT}{3}$ δ. $m\bar{v}^2 = 3kT$

1.46 Ποιες από τις σχέσεις που δίνουν την ενεργό ταχύτητα των μορίων σε σχέση με την απόλυτη θερμοκρασία είναι σωστές;

α. $v_{\text{ev}} = \sqrt{\frac{3RT}{M_r}}$ β. $v_{\text{ev}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$ γ. $v_{\text{ev}} = \sqrt{\frac{3RT}{m}}$ δ. $v_{\text{ev}} = \sqrt{\frac{3kT}{M_r}}$

1.47 Να αντιστοιχίσετε τα μεταξύ τους ίσα:

α. ρ	1. $\rho\bar{v}^2/3$
β. $\bar{K}$	2. Nm/V
γ. v_{ev}	3. R/N_A
δ. P	4. $3RT/2N_A$
ε. k	5. $\sqrt{3kT/m}$

1.48 Η πίεση ιδανικού αερίου είναι:

- α. Αντιστρόφως ανάλογη της μέσης κινητικής ενέργειας των μορίων.
- β. Συνάρτηση μόνο της μέσης κινητικής ενέργειας των μορίων.

- γ. Ανάλογη του πλήθους των μορίων και της μέσης κινητικής ενέργειας αυτών.
- δ. Ανεξάρτητη της μέσης κινητικής ενέργειας των μορίων.

1.49 Η μέση μεταφορική κινητική ενέργεια των μορίων ενός ιδανικού αερίου είναι:

- α. Ανάλογη του πλήθους των μορίων.
- β. Συνάρτηση της πυκνότητας του αερίου.
- γ. Εξαρτημένη μόνο από την απόλυτη θερμοκρασία.
- δ. Εξαρτημένη από την απόλυτη θερμοκρασία και τη μάζα του κάθε μορίου.

1.50 Κάνοντας χρήση των σχέσεων, $P = \frac{\rho \bar{u}^2}{3}$, και $\bar{K} = \frac{3kT}{2}$ να αποδείξετε ότι: $PV = nRT$.

1.51 Ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι σωστές και γιατί;

- α. Η πίεση ενός αερίου σταθερής θερμοκρασίας είναι ανάλογη του αριθμού των μορίων N και του όγκου V .
- β. Η πίεση ενός αερίου σταθερού όγκου είναι ανάλογη του αριθμού των μορίων και της μέσης κινητικής ενέργειας του κάθε μορίου.
- γ. Η πίεση δεδομένης μάζας αερίου είναι ανάλογη της μέσης κινητικής ενέργειας των μορίων και αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου του όγκου.
- δ. Η πίεση δεδομένης μάζας αερίου εξαρτάται μόνο από τη μέση κινητική ενέργεια των μορίων.

1.52 Μια σταθερή ποσότητα οξυγόνου εκτονώνεται από όγκο V σε όγκο $2V$ υπό σταθερή θερμοκρασία. Ποια από τις ακόλουθες προτάσεις είναι σωστή και γιατί;

- α. Η πίεση P και η μέση κινητική ενέργεια $\bar{K}$ διπλασιάζονται.
- β. Η P υποδιπλασιάζεται και η $\bar{K}$ μένει σταθερή.
- γ. Η P και η $\bar{K}$ υποδιπλασιάζονται.
- δ. Η P και η $\bar{K}$ μένουν σταθερές.

1.53 Μια ποσότητα υδρογόνου συμπιέζεται υπό σταθερή θερμοκρασία T μέχρι διπλάσια πίεση. Ποια από τις ακόλουθες προτάσεις είναι σωστή;

- α. Η μέση κινητική ενέργεια των μορίων $\bar{K}$ αυξάνεται.
- β. Ο όγκος V υποδιπλασιάζεται και η $\bar{K}$ μένει σταθερή.
- γ. Ο όγκος V και $\bar{K}$ υποδιπλασιάζονται.

1.54 Ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι σωστές και ποιες λάθος;

- α. Η κινητική θεωρία των αερίων ισχύει για αέρια που βρίσκονται κοντά στις συνθήκες υγροποίησής τους.
- β. Οι ταχύτητες των μορίων ενός αερίου που βρίσκεται σε σταθερές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας είναι όλες ίσες μεταξύ τους.
- γ. Το άθροισμα των μέσων κινητικών ενεργειών όλων των μορίων ιδανικού αερίου είναι ανάλογο του πλήθους των mol και της απόλυτης θερμοκρασίας, T .
- δ. Η μέση κινητική ενέργεια του μορίου ενός αερίου εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία T .

1.55 Η μέση τετραγωνική ταχύτητα των μορίων ιδανικού αερίου είναι:

- α. Ανάλογη της απόλυτης θερμοκρασίας, T .
- β. Ανάλογη της τετραγωνικής ρίζας της απόλυτης θερμοκρασίας.
- γ. Ανάλογη της μάζας του μορίου.
- δ. Ανεξάρτητη της γραμμομοριακής μάζας του αερίου.

1.56 Αέριο συμπιέζεται ισόθερμα μέχρι το μισό του αρχικού του όγκου. Η μέση κινητική ενέργεια των μορίων του:

α. Διπλασιάζεται. β. Υποδιπλασιάζεται. γ. Διατηρείται σταθερή.

1.57 Ο όγκος ιδανικού αερίου διπλασιάζεται υπό σταθερή πίεση. Η μέση τετραγωνική ταχύτητα, v^2 , των μορίων του:

α. Διπλασιάζεται. β. Υποδιπλασιάζεται. γ. Διατηρείται σταθερή.

1.58 Αν τετραπλασιάσουμε την απόλυτη θερμοκρασία ιδανικού αερίου τότε η μέση τετραγωνική ταχύτητα των μορίων του:

α. Μένει σταθερή β. Διπλασιάζεται γ. Τετραπλασιάζεται.

1.59 Αν εκτονώσουμε ισοβαρώς ένα αέριο μέχρι διπλάσιο του αρχικού του όγκου, τότε η μέση κινητική ενέργεια των μορίων:

α. Διπλασιάζεται β. Μένει σταθερή γ. Υποδιπλασιάζεται.

1.60 Δύο ποσότητες ιδανικών αερίων με μάζες μορίων $m_1 > m_2$ βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία, T . Για τις ενεργές ταχύτητες των μορίων τους ισχύει:

α. $v_{ev1} > v_{ev2}$ β. $v_{ev1} < v_{ev2}$

1.61 Ποια από τις παρακάτω μεταβολές συνοδεύεται από μείωση της μέσης κινητικής ενέργειας των μορίων του αερίου:

α. Ισόθερμη συμπίεση. β. Ισοβαρής εκτόνωση. γ. Ισόχωρη θέρμανση.
δ. Τυχαιά μεταβολή στην οποία ο όγκος διπλασιάζεται και η πίεση υποτετραπλασιάζεται.

1.62 Κατά την ισόθερμη εκτόνωση ποσότητας ιδανικού αερίου η ενεργός ταχύτητα των μορίων:

α. Αυξάνεται β. Μειώνεται γ. Μένει σταθερή

1.63 Αν τετραπλασιάσουμε την απόλυτη θερμοκρασία ενός αερίου υπό σταθερή πίεση η ενεργός ταχύτητα των μορίων του:

α. Μένει σταθερή. β. Διπλασιάζεται γ. Τετραπλασιάζεται

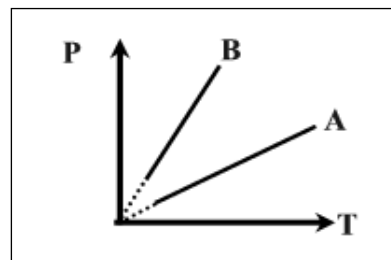
1.64 Σε ποια από τις παρακάτω θερμοκρασίες, τα μόρια του αερίου έχουν διπλάσια ενεργό ταχύτητα από αυτή που έχουν στους 27°C .

α. 54°C β. 108°C γ. 381°C δ. 927°C

1.65 Σε δύο δοχεία ίδιου σταθερού όγκου περιέχονται ίσες μάζες δύο διαφορετικών αερίων Α και Β. Στο διάγραμμα παριστάνεται η μεταβολή της πίεσης του κάθε αερίου συναρτήσει της απόλυτης θερμοκρασίας. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές ή λάθος;

α. Το μόριο του Α έχει μεγαλύτερη μάζα από αυτό του Β.
β. Στην ίδια θερμοκρασία τα μόρια των αερίων έχουν την ίδια ενεργό ταχύτητα.

γ. Στην ίδια θερμοκρασία τα μόρια των αερίων έχουν την ίδια μέση κινητική ενέργεια.



Ασκήσεις και προβλήματα

1.66 Ποσότητα ηλίου (He), $n=3$ moles περιέχεται σε δοχείο, όγκου $V=2\text{m}^3$ και παρουσιάζει πίεση $P=10^6 \text{N/m}^2$. Να υπολογιστούν:

- α. Η μάζα του αερίου.
- β. Η πυκνότητα του αερίου.
- γ. Ο αριθμός των μορίων.
- δ. Η μέση κινητική ενέργεια των μορίων.

ε. Αν υποδιπλασιαστεί ο όγκος υπό σταθερή πίεση, πως θα μεταβληθεί η $\bar{K}$;

Δίνονται η γραμμομοριακή μάζα του He, $M_r=4,10^{-3} \text{kg/mol}$ και $N_A=6,023,10^{23}$ μόρια/mol.

$$\alpha. 12,10^{-3} \text{kg}, \beta. \rho=6,10^{-3} \text{kg/m}^3, \gamma. N=3N_A. \delta. \bar{K}=16,10^{-19} \text{J}$$

1.67 α. Πόση είναι η μέση κινητική ενέργεια του κάθε μορίου ιδανικού αερίου θερμοκρασίας 300K;

β. Πόσα μόρια αερίου πρέπει να εισάγουμε σε δοχείο όγκου 1000L, ώστε η θερμοκρασία να είναι 300K και η πίεση 1atm; Δίνεται $k=1,38,10^{-23} \text{J/K}$ και ότι $1\text{atm}=1,013,10^5 \text{N/m}^2$.

$$\alpha. \bar{K}=621,10^{-23} \text{J} \quad \beta. N=24,5,10^{24} \text{μόρια}$$

1.68 Να υπολογιστεί η ενεργός ταχύτητα u_{ev} των μορίων υδρογόνου και οξυγόνου σε 27°C . Δίνονται $R=8,31 \text{J/mole, K}$ και οι γραμμομοριακές μάζες του H_2 , ίση με 2g/mole και O_2 ίση με 32g/mole .

$$u_{ev, H}=1394 \text{m/s}, \quad u_{ev, O}=483 \text{m/s}$$

1.69 Κύλινδρος περιέχει μίγμα αερίων υδρογόνου και οξυγόνου σε θερμική ισορροπία. Να βρεθούν οι λόγοι:

α. Των μέσων κινητικών ενεργειών των μορίων υδρογόνου προς του οξυγόνου.

β. Των ενεργών ταχυτήτων των μορίων υδρογόνου προς του οξυγόνου.

Δίνονται οι γραμμομοριακές μάζες του H_2 , ίση με 2g/mole και O_2 ίση με 32g/mole .

$$\alpha. 1, \beta. 4$$

1.70 Ποσότητα ιδανικού μονοατομικού αερίου έχει σε θερμοκρασία T , πίεση $P=4,10^5 \text{N/m}^2$ και πυκνότητα $\rho=0,3 \text{kg/m}^3$. Πόση θα γίνει η ενεργός ταχύτητα των μορίων του αερίου αν η θερμοκρασία του τετραπλασιαστεί;

$$u_{ev}=4,10^3 \text{m/s}$$

1.71 Σε δοχείο όγκου 1L περιέχονται $N=3,10^{20}$ μόρια ιδανικού αερίου που κινούνται με ενεργό ταχύτητα $u_{ev}=10^3 \text{m/s}$, ενώ η μάζα του κάθε μορίου είναι $m=10^{-25} \text{kg}$. Να υπολογιστούν:

α. Η πίεση P του αερίου.

β. Η απόλυτη θερμοκρασία T .

γ. Η πυκνότητα ρ του αερίου.

Δίνεται $k=1,38,10^{-23} \text{J/K}$.

$$P=10^4 \text{N/m}^2, \quad T=2415,5 \text{K}, \quad \rho=0,03 \text{kg/m}^3$$

1.72 Σε πόση θερμοκρασία βρίσκεται ποσότητα ιδανικού αερίου A_1 , αν τα μόρια αυτού έχουν την ίδια ενεργό ταχύτητα με τα μόρια άλλου ιδανικού αερίου A_2 το οποίο βρίσκεται σε θερμοκρασία $T_2=400\text{ K}$. Δίνεται η σχέση των γραμμομοριακών μαζών των δύο αερίων, $M_1=2M_2$.

$$T_2=800K$$

Π1.73 Ποσότητα H_2 βρίσκεται σε αρχικές συνθήκες πίεση 1 atm , όγκου 20 L και θερμοκρασία 300 K . Το αέριο συμπιέζεται μέχρι 2 atm υπό σταθερή θερμοκρασία και μετά εκτονώνεται μέχρι τριπλασιασμό του όγκου με σταθερή πίεση. Να γίνουν οι γραφικές παραστάσεις των μεταβολών σε διαγράμματα $P-V$, $V-T$, $P-T$ και να υπολογιστούν:

α. Ο τελικός όγκος του αερίου και η τελική θερμοκρασία του.

β. Η τελική τιμή της ενεργού ταχύτητας v_{ev} των μορίων του.

Δίνεται ότι $1\text{ mol } H_2$ έχει μάζα 2 g και η σταθερά $R=8,31\text{ J/mol}\cdot\text{K}$.

$$\alpha. 30L, 900K, \beta. 3349\text{ m/s}$$

1.74 Σε δοχείο όγκου 1 m^3 περιέχεται αέριο He σε θερμοκρασία 300 K και πίεση 10^4 N/m^2 .

α. Πόσα μόρια He περιέχονται.

β. Πόση είναι η μέση κινητική ενέργεια του κάθε μορίου.

γ. Πόση είναι η v_{ev} ενεργός ταχύτητα των μορίων.

δ. Αν εκτονώσουμε το αέριο σε διπλάσιο όγκο υπό σταθερή θερμοκρασία πόση θα γίνει η μέση κινητική ενέργεια του κάθε μορίου;

Δίνεται ότι $1\text{ mol } He$ έχει μάζα $4,10^{-3}\text{ kg}$ και $R=8,31\text{ J/mole}\cdot\text{K}$, $k=1,38,10^{-23}\text{ J/K}$.

$$\alpha. 24,10^{23}, \beta. 621,10^{-23}\text{ J}, \gamma. 1367\text{ m/s}$$

1.75 Σε δοχείο όγκου $0,2\text{ m}^3$ περιέχονται $n_1=2\text{ mol}$ ηλίου και $n_2=4\text{ mol}$ αργού και η πίεση του μίγματος είναι 10^5 N/m^2 . Να βρεθεί η ενεργός ταχύτητα των μορίων του αργού. Δίνεται η γραμμομοριακή μάζα του αργού, 40 g/mol .

$$v_{ev} = 500\text{ m/s}$$

1.76 Σε μια μεταβολή AB ενός ιδανικού αερίου έχουμε ότι $P_B=32P_A$ και $V_B=V_A/4$. Να υπολογιστεί ο λόγος των μέσων κινητικών ενεργειών, K_B/K_A .

$$K_B/K_A=8$$

1.77 Μια ποσότητα αζώτου με μάζα $m=8,4\text{ kg}$ έχει πυκνότητα $\rho=4,2\text{ kg/m}^3$ και η ενεργός ταχύτητα των μορίων του είναι $v_{ev}=500\text{ m/s}$. Να υπολογιστούν:

α. Η πίεση που ασκεί το αέριο στα τοιχώματα του δοχείου.

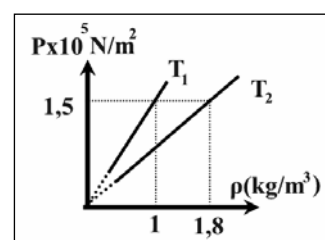
β. Ο όγκος και ο αριθμός των μορίων του αερίου.

γ. Η μέση μεταφορική κινητική ενέργεια των μορίων.

Δίνονται $N_A=6,10^{23}$ μόρια/mol, $k=1,4,10^{-23}\text{ J/K}$ και το μοριακό βάρος του αζώτου $MB=28$.

$$\alpha. 3,5,10^5\text{ N/m}^2, \beta. V=2\text{ m}^3, N=18,10^{25}\text{ μόρια}, \gamma. 5,8,10^{-21}\text{ J}.$$

1.78 Στο διάγραμμα του σχήματος φαίνεται η μεταβολή της πίεσης του αερίου συναρτήσει της πυκνότητας για δύο διαφορετικές θερμοκρασίες T_1 και $T_2=300\text{ K}$. Να βρεθούν:



- α. Οι ενεργές ταχύτητες των μορίων του αερίου στις δύο θερμοκρασίες.
β. Η θερμοκρασία T_1 .

α. 671m/s , 507m/s , β. 525K



B. Θερμοδυναμική των αερίων



2. Ο 1^{ος} θερμοδυναμικός νόμος

3. Ο 2^{ος} θερμοδυναμικός νόμος

ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

□ Το έργο

Έργο σε μια στοιχειώδη αντιστρεπτή διεργασία:

$$dW = PdV$$

Έργο σε μια ισοβαρή αντιστρεπτή διεργασία:

$$W = P(V_{\text{τελ}} - V_{\text{αρχ}})$$

Μονάδα έργου στο SI είναι το 1Joule=1Nm

Το έργο είναι θετικό στην εκτόνωση και αρνητικό στη συμπίεση.

Το έργο εξαρτάται από τη διαδρομή. Ισούται με το εμβαδόν που περικλείεται μεταξύ της γραφικής παράστασης και του άξονα των όγκων στο διάγραμμα P-V.

□ Η εσωτερική ενέργεια

Για τα ιδανικά αέρια:

$$U = \frac{3nRT}{2}$$

Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας:

$$\Delta U = \frac{3nR\Delta T}{2} = nC_V\Delta T$$

Η U αποτελεί καταστατικό μέγεθος του αερίου.

Η μεταβολή ΔU εξαρτάται μόνο από την αρχική και τελική κατάσταση του συστήματος και όχι από τον τρόπο που γίνεται η μεταβολή.

Η ΔU είναι θετική στη θέρμανση και αρνητική στην ψύξη.

Μονάδα U στο SI είναι το 1Joule.

□ Η θερμότητα

Για ισόχωρη αντιστρεπτή διεργασία:

$$Q = nC_V\Delta T$$

Για ισοβαρή αντιστρεπτή διεργασία:

$$Q = nC_p\Delta T$$

Η θερμότητα εξαρτάται από την αρχική και τελική κατάσταση του αερίου αλλά και από τον τρόπο που γίνεται η διεργασία.

Η θερμότητα είναι θετική όταν απορροφάται από το αέριο και αρνητική όταν αποβάλλεται.

Μονάδα Q στο SI είναι το 1Joule.

Τεχνική μονάδα το 1cal. (1cal=4,186J)

□ Γραμμομοριακές θερμότητες αερίων:

Ειδική γραμμομοριακή θερμότητα υπό σταθερό όγκο: $C_V = 3R/2$

Ειδική γραμμομοριακή θερμότητα υπό σταθερό όγκο: $C_p = 5R/2$

Σχέση μεταξύ των C_p και C_V : $C_p = C_V + R$

□ Ο 1^{ος} θερμοδυναμικός νόμος

Είναι αδύνατο να κατασκευαστεί μηχανή που να παράγει έργο χωρίς να καταναλώνει κάποια μορφή ενέργειας.

Μαθηματική γραφή: $Q = \Delta U + W$

□Εφαρμογές του 1^{ου} θερμοδυναμικού νόμου:

Είδος μεταβολής	Ορισμός	Νόμος αερίων	Q	ΔU	W
Ισόθερμη	T=σταθερό	P V=σταθερό	$n R T \ln \frac{V_{\tau}}{V_{\alpha}}$	0	$n R T \ln \frac{V_{\tau}}{V_{\alpha}}$
Ισόχωρη	V=σταθερό	$\frac{P}{T}$ =σταθερό	$n C_v \Delta T$	$n C_v \Delta T$	0
Ισοβαρής	P=σταθερό	$\frac{V}{T}$ =σταθερό	$n C_p \Delta T$	$n C_v \Delta T$	$P \Delta V=nR\Delta T$
Αδιαβατική	Q=0	P V ^γ =σταθερό	0	$n C_v \Delta T$	$- n C_v \Delta T = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-\gamma}$

□Οι θερμικές μηχανές – Ο 2^{ος} Θερμοδυναμικός νόμος:

Ο 2^{ος} νόμος για τις θερμικές μηχανές: Είναι αδύνατο να κατασκευαστεί θερμική μηχανή που να μετατρέπει τη θερμότητα σε μηχανικό έργο κατά 100%.

Συντελεστής απόδοσης θερμικής μηχανής : $e = \frac{W_{ολ}}{Q_h} < 1$

Η απόδοση της ιδανικής μηχανής Carnot: $e_c = 1 - \frac{T_c}{T_h} < 1$

Σχέση θερμοτήτων και θερμοκρασιών στον κύκλο Carnot: $\frac{|Q_c|}{Q_h} = \frac{T_c}{T_h}$

Η μηχανή Carnot είναι η θερμική μηχανή με τη μεγαλύτερη απόδοση σε σχέση με άλλες θερμικές μηχανές ιδανικές ή πραγματικές που εργάζονται στις ίδιες δεξαμενές θερμοκρασίας.

Ο 2^{ος} νόμος για τις ψυκτικές μηχανές: Είναι αδύνατο να κατασκευαστεί ψυκτική μηχανή που να μεταφέρει θερμότητα από δεξαμενή χαμηλότερης προς δεξαμενή υψηλότερης θερμοκρασίας χωρίς την κατανάλωση ενέργειας που της προσφέρεται από το περιβάλλον υπό μορφή μηχανικού έργου.

2. Ο 1ος Θερμοδυναμικός νόμος

Ερωτήσεις

2.1 Να συμπληρώσετε τα κενά στις προτάσεις που ακολουθούν:

- α. Ένα σύστημα χαρακτηρίζεται ως όταν για την περιγραφή του χρησιμοποιούνται μεγέθη όπως η θερμοκρασία, η θερμότητα, η εσωτερική ενέργεια και άλλα.
- β. Μια ποσότητα αερίου βρίσκεται σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας όταν η, η και η έχουν την ίδια τιμή σε όλη την έκτασή του.
- γ. Αντιστρεπτή ονομάζεται εκείνη η μεταβολή κατά την οποία υπάρχει η δυνατότητα επαναφοράς του συστήματος και του του στην τους κατάσταση κάνοντας τους ίδιους χειρισμούς με αντίθετη φορά.
- δ. Οι μεταβολές στη φύση δεν είναι
- ε. Κατά τη διάρκεια μιας αντιστρεπτής μεταβολής το σύστημα περνάει από διαδοχικές καταστάσεις που μπορούμε να τις θεωρήσουμε ως καταστάσεις
- στ. Μια αντιστρεπτή μεταβολή παριστάνεται γραφικά με μια γραμμή σε ένα σύστημα θερμοδυναμικών συντεταγμένων.

2.2 Ιδανικό αέριο βρίσκεται σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας όταν:

- α. Μόνο η πίεση έχει την ίδια σταθερή τιμή σε όλη την έκταση του αερίου.
- β. Το αέριο βρίσκεται σε χαμηλή πίεση και θερμοκρασία 20°C .
- γ. Η πίεση, η θερμοκρασία και η πυκνότητα έχουν την ίδια σταθερή τιμή σε όλη την έκταση του αερίου.
- δ. Το αέριο βρίσκεται σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

2.3 Μια διεργασία ενός ιδανικού αερίου χαρακτηρίζεται ως αντιστρεπτή όταν:

- α. Πραγματοποιείται αυθόρμητα χωρίς εξωτερική επέμβαση.
- β. Πραγματοποιείται σιγά – σιγά.
- γ. Το αέριο βρίσκεται συνεχώς σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας και δεν υπάρχουν τριβές κατά τη μεταβολή του.
- δ. Μπορούμε να επαναφέρουμε το αέριο στην αρχική του κατάσταση με οποιοδήποτε τρόπο.

2.4 Να απεικονιστούν οι ακόλουθες αντιστρεπτές διεργασίες στα αντίστοιχα διαγράμματα:

- α. Ισόθερμη εκτόνωση σε διαγράμματα, $(P-V)$ και $(P-T)$.
- β. Ισόχωρη θέρμανση σε διαγράμματα, $(P-V)$ και $(P-T)$.
- γ. Ισοβαρής συμπίεση σε διαγράμματα, $(P-V)$ και $(V-T)$.

2.5 Να απεικονιστούν σε διαγράμματα $(P-V)$, $(P-T)$ και $(V-T)$ οι ακόλουθες κυκλικές αντιστρεπτές διεργασίες:

- α. AB: ισόχωρη θέρμανση, ΒΓ: ισόθερμη εκτόνωση, ΓΑ: ισοβαρής συμπίεση.
- β. AB: ισοβαρής εκτόνωση, ΒΓ ισόθερμη εκτόνωση, ΓΔ ισοβαρής συμπίεση, ΔΑ: ισόχωρη.
- γ. AB: ισόχωρη θέρμανση, ΒΓ ισοβαρής εκτόνωση, ΓΔ ισόχωρη ψύξη, ΔΑ ισοβαρής.

2.6 Η εσωτερική ενέργεια ιδανικού μονοατομικού αερίου:

- α. Είναι συνάρτηση της ποσότητας των mol και της απόλυτης θερμοκρασίας του.

- β. Αποτελεί άθροισμα όλων των μέσων κινητικών ενεργειών των μορίων του.
 - γ. Δεν μεταβάλλεται, σε μια αντιστρεπτή διεργασία στην οποία ισχύει η σχέση $P, V = \text{σταθερό}$.
 - δ. Εξαρτάται από το είδος του μονοατομικού αερίου.
- Ποιες από τις προηγούμενες προτάσεις είναι σωστές;

2.7 Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας ιδανικού αερίου σταθερής μάζας είναι :

- α. Ανεξάρτητη από τη διαδρομή της διεργασίας.
- β. Ανεξάρτητη από την αρχική και τελικά κατάσταση ισορροπίας.
- γ. Θετική, σε αυξήσεις θερμοκρασίας ανεξάρτητα από το είδος της διεργασίας.
- δ. Μηδενική, στην ισόθερμη διεργασία.

Ποιες από τις προηγούμενες προτάσεις είναι σωστές;

2.8 Ίσος αριθμός μορίων He και Ne βρίσκονται στην ίδια απόλυτη θερμοκρασία. Οι αντίστοιχες εσωτερικές ενέργειες U_1 και U_2 των αερίων συνδέονται με τη σχέση:

α. $U_1 = U_2$

β. $U_1 > U_2$

γ. $U_1 < U_2$

2.9 Ίσες μάζες των αερίων He και Ne βρίσκονται στην ίδια απόλυτη θερμοκρασία. Δίνεται ότι για τις γραμμομοριακές μάζες τους ισχύει, $M_{r(\text{Ne})} = 5M_{r(\text{He})}$. Οι εσωτερικές ενέργειες U_{Ne} και U_{He} των αερίων συνδέονται με τη σχέση:

α. $U_{\text{Ne}} = U_{\text{He}}$

β. $U_{\text{Ne}} = 5U_{\text{He}}$

γ. $U_{\text{He}} = 5U_{\text{Ne}}$

2.10 Το έργο που εκτελεί ένα ιδανικό αέριο σε μια αντιστρεπτή διεργασία είναι:

- α. Ανεξάρτητο της διαδρομής της διεργασίας.
- β. Θετικό όταν απορροφάται από το αέριο και αρνητικό όταν παράγεται από αυτό.
- γ. Ίσο με $P(V_{\text{τελ}} - V_{\text{αρχ}})$ σε κάθε αντιστρεπτή διεργασία.
- δ. Ίσο με το μηδέν στην ισόχωρη διεργασία.
- ε. Ίσο με το εμβαδόν που περικλείεται μεταξύ της γραφικής παράστασης και του άξονα xx' σε κάθε διάγραμμα θερμοδυναμικών συντεταγμένων.

Ποιες από τις προηγούμενες προτάσεις είναι σωστές ή λάθος και γιατί;

2.11 Θερμότητα είναι:

- α. Μέγεθος που δείχνει αν ένα σώμα είναι θερμότερο από ένα άλλο.
- β. Μορφή ενέργειας που μεταφέρεται από ένα σώμα σε άλλο λόγω διαφοράς θερμοκρασίας.
- γ. Μια μορφή ενέργειας που αποθηκεύεται στα θερμά σώματα.
- δ. Μέγεθος ισοδύναμο με τη θερμοκρασία.

2.12 Ποσότητα αερίου μεταβαίνει από την κατάσταση A στην κατάσταση B απορροφώντας ποσό θερμότητας Q και παράγει έργο W. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές ή λάθος; Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

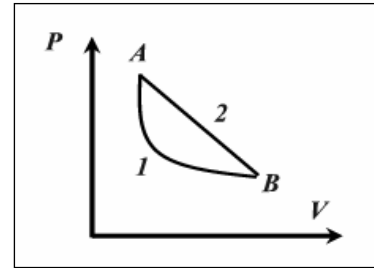
- α. Το παραγόμενο έργο είναι ανεξάρτητο της διαδρομής AB.
- β. Η θερμότητα Q ισούται με το παραγόμενο έργο.
- γ. Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου ισούται με τη διαφορά $Q - W$.
- δ. Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου είναι ανεξάρτητη της διαδρομής AB.
- ε. Τα Q και W έχουν θετική αλγεβρική τιμή.
- στ. Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας μπορεί να είναι και μηδέν.

2.13 Σε μια διεργασία ένα αέριο απορροφά θερμότητα 1000J και παράγει έργο 600J. Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας είναι:

- α. 1600J β. -400J γ. 400J δ. -1600J

2.14 Στο διάγραμμα (P-V) του σχήματος φαίνονται δύο διαφορετικές διαδρομές της ίδιας ποσότητας ιδανικού αερίου από την κατάσταση ισορροπίας A στην αντίστοιχη B. Να συγκριθούν μεταξύ των δύο διεργασιών:

- α. Οι μεταβολές της εσωτερικής ενέργειας.
β. Τα έργα.
γ. Οι θερμότητες.

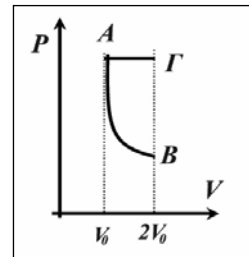


2.15 Δύο ίσες ποσότητες του ίδιου ιδανικού αερίου, που βρίσκονται στην ίδια κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας θερμαίνονται στην ίδια τελική θερμοκρασία, η μια με τρόπο ισόχωρο και η άλλη με ισοβαρή. Να απεικονιστούν οι διεργασίες σε κοινό διάγραμμα (P-V) και να συγκριθούν μεταξύ αυτών:

- α. Οι μεταβολές της εσωτερικής τους ενέργειας.
β. Τα έργα που παράγουν.
γ. Οι θερμότητες που απορροφούν.

2.16 Ποσότητα ιδανικού αερίου βρίσκεται αρχικά σε κατάσταση A(P_0, V_0, T_0) και εκτονώνεται μέχρι όγκο $2V_0$ με δύο διαφορετικούς τρόπους, ισόθερμα, AB και ισοβαρώς ΑΓ. Να συγκριθούν:

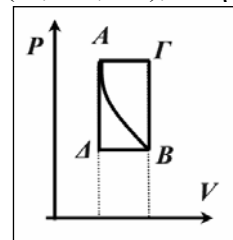
- α. Οι μεταβολές της εσωτερικής ενέργειας.
β. Τα έργα.
γ. Οι θερμότητες.



2.17 Μια ποσότητα ιδανικού αερίου μεταβαίνει από την κατάσταση A (P_1, V_1, T_1), στην κατάσταση B (P_2, V_2, T_2), με τρεις διαφορετικές διαδρομές.

1. Με ισόθερμη εκτόνωση AB.
2. Με ισοβαρή εκτόνωση, ΑΓ και ισόχωρη ψύξη, ΓΒ που εκτελούνται διαδοχικά.
3. Με ισόχωρη ψύξη, ΑΔ και ισοβαρή εκτόνωση, ΔΒ που εκτελούνται διαδοχικά.

Να συγκριθούν μεταξύ των τριών διαδρομών, τα έργα, οι θερμότητες και οι μεταβολές εσωτερικής ενέργειας του αερίου.



2.18 Να αποδειχθεί ότι σε κάθε ιδανικό μονοατομικό αέριο ισχύουν οι σχέσεις:

- α. $C_p - C_v = R$ β. $C_v = 3R/2$ γ. $C_p = 5R/2$ δ. $\gamma = 5/3$

2.19 Να απαντήσετε στις ερωτήσεις που ακολουθούν:

- α. Τι σχέση έχει ο 1^{ος} θερμοδυναμικός νόμος με την αρχή διατήρησης της ενέργειας;
β. Γιατί υπάρχουν δυο ειδικές γραμμομοριακές ειδικές θερμότητες στα αέρια;
γ. Τι εκφράζει η ειδική γραμμομοριακή θερμότητα υπό σταθερό όγκο;
δ. Γιατί είναι $C_p > C_v$;

ε. Γιατί οι θεωρητικές τιμές των C_v , C_p συμφωνούν με τις πειραματικές αν πρόκειται για μονοατομικό αέριο και αποκλίνουν αισθητά αν πρόκειται για διατομικό ή πολυατομικό;

2.20 Ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι σωστές ή λάθος;

α. Η θερμότητα που απορροφά ένα αέριο, υπό σταθερό όγκο, μετατρέπεται σε έργο και εσωτερική ενέργεια.

β. Είναι αδύνατον να ισχύει για κάποιο είδος αερίου η σχέση, $C_p=C_v$.

γ. Η θερμότητα που ανταλλάσσει ένα αέριο με το περιβάλλον του κατά τη διάρκεια μιας αντιστρεπτής διεργασίας είναι ανεξάρτητη από το είδος της διεργασίας και εξαρτάται μόνο από την αρχική και τελική κατάσταση του αερίου.

δ. Η θερμότητα που απαιτείται για να θερμανθούν n mol ιδανικού αερίου κατά ΔT υπό σταθερό όγκο είναι μικρότερη από την αντίστοιχη θερμότητα που απαιτείται για να θερμανθεί η ίδια ποσότητα, του ίδιου αερίου κατά το ίδιο ΔT , υπό σταθερή πίεση.

2.21 Ιδανικό αέριο εκτονώνεται αδιαβατικά από την αρχική κατάσταση A (P_1, V_1, T_1) στην κατάσταση B (P_2, V_2, T_2).

α. Να σχεδιάσετε τη διεργασία σε διάγραμμα (P-V).

β. Να αποδείξετε ότι το παραγόμενο έργο ισούται με το αντίθετο της μεταβολής της εσωτερικής ενέργειας.

γ. Να αποδείξετε ότι η αδιαβατική καμπύλη έχει μεγαλύτερη κλίση από την αντίστοιχη ισόθερμη που περνάει από το σημείο A.

δ. Να αποδείξετε ότι ισχύουν οι σχέσεις: $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$ και $P_1^{1-\gamma} T_1^{\gamma} = P_2^{1-\gamma} T_2^{\gamma}$

ε. Να αποδείξετε ότι το έργο δίνεται από τη σχέση $W = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-\gamma}$ όπου $\gamma = C_p/C_v$.

2.22 Μια ποσότητα ιδανικού αερίου εκτελεί τον εξής αντιστρεπτό θερμοδυναμικό κύκλο. Εκτονώνεται ισόθερμα, ψύχεται ισόχωρα, συμπιέζεται ισοβαρώς και τέλος θερμαίνεται αδιαβατικά μέχρι την αρχική κατάσταση.

α. Να απεικονιστεί ο κύκλος σε ποιοτικό διάγραμμα (P-V).

β. Να βρείτε τα πρόσημα των Q, W και ΔU σε κάθε επιμέρους μεταβολή.

2.23 Απαντήστε με «ναι» ή «όχι» και δώστε το ανάλογο παράδειγμα που θα ενισχύει την απάντησή σας στις ακόλουθες ερωτήσεις:

α. Μπορούμε να αυξήσουμε τη θερμοκρασία αερίου χωρίς να του δώσουμε θερμότητα;

β. Μπορούμε να δώσουμε θερμότητα σε αέριο χωρίς να αυξηθεί η θερμοκρασία του;

γ. Είναι δυνατόν να ψυχθεί αέριο χωρίς να παράγει έργο;

δ. Είναι δυνατόν να αυξηθεί η θερμοκρασία αερίου και ταυτόχρονα να παράγει και έργο;

ε. Μπορεί η εσωτερική ενέργεια του αερίου να επανέλθει στην αρχική τιμή αφού έχει υποστεί διάφορες μεταβολές κατά τη διάρκεια μιας διαδρομής;

2.24 α. Με ποιο τρόπο μπορείτε να θερμάνετε ένα αέριο χωρίς να του προσφέρετε θερμότητα;

β. Με ποιο τρόπο μπορείτε να προσφέρεται σ' ένα αέριο θερμότητα χωρίς να αυξηθεί η θερμοκρασία του;

γ. Με ποιο τρόπο μπορείτε να συμπιέσετε ένα αέριο και να ταυτόχρονα να ψυχθεί;

δ. Με ποιο τρόπο μπορείτε να θερμάνετε ένα αέριο χωρίς να διασταλεί;

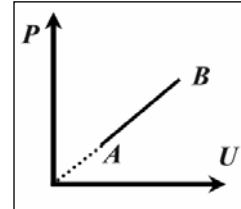
ε. Είναι δυνατόν ένα αέριο αφού ανταλλάξει ενέργεια με το περιβάλλον του να επανέλθει στην αρχική εσωτερική του ενέργεια και αν ναι, πως;

2.25 Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές και ποιες λανθασμένες;

- α. Σε κάθε κυκλική αντιστρεπτή διεργασία το συνολικό ποσό θερμότητας που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον του είναι ίσο με τη μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας.
 β. Κατά την αδιαβατική εκτόνωση το αέριο ψύχεται χωρίς να αποβάλλει θερμότητα.
 γ. Είναι αδύνατον να τέμνονται δύο ισόθερμες καμπύλες.
 δ. Σε μια ισοβαρή συμπίεση το αέριο θερμαίνεται.
 ε. Ένα αέριο σε υψηλή θερμοκρασία περιέχει και μεγάλη ποσότητα θερμότητας.
 στ. Όταν ένα αέριο ψύχεται η εσωτερική του ενέργεια μειώνεται.
 ζ. Σε κάθε ψύξη η πίεση του ιδανικού αερίου μειώνεται.

2.26 Η μεταβολή AB του αερίου που απεικονίζεται σε διάγραμμα πίεσης – εσωτερικής ενέργειας, (p-U) είναι:

- α. Ισόθερμη β. Αδιαβατική
 γ. Ισόχωρη δ. Ισοβαρής
 Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.



2.27 Ιδανικό αέριο εκτονώνεται ισοβαρώς υπό πίεση $P=200\text{N/m}^2$ από $V_1=2\text{m}^3$ σε $V_2=4\text{m}^3$.

1. Η μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας είναι:

- α. 600J β. -600J γ. 400J

2. Η θερμότητα που απορροφά είναι:

- α. 200J β. 400J γ. 1000J

2.28 Ιδανικό αέριο όγκου $V=2\text{m}^3$ ψύχεται ισόχωρα από πίεση $P_1=400\text{N/m}^2$ σε $P_2=200\text{N/m}^2$.

1. Η μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας είναι:

- α. 600J β. -600J γ. 400J

2. Η θερμότητα που ανταλλάσσει με το περιβάλλον του είναι:

- α. 600J β. 400J γ. -600J

2.29 Ιδανικό αέριο βρίσκεται αρχικά σε συνθήκες $P_1=200\text{N/m}^2$ και $V_1=4\text{m}^3$ και εκτονώνεται ισόθερμα μέχρι διπλάσιο όγκο. Το έργο που παράγεται είναι:

- α. 0 β. $800\ln 2$ J γ. $400\ln 2$ J

2.30 Στη τριγωνική κυκλική μεταβολή που φαίνεται στο σχήμα:

1. Η συνολική μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας είναι:

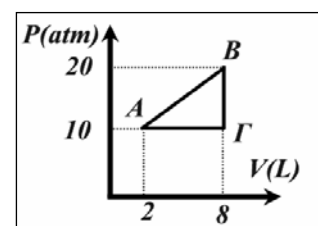
- α. 0 β. 20L,atm γ. -20L,atm

β. Το συνολικά παραγόμενο έργο είναι:

- α. 0 β. 30L,atm γ. 60L,atm

γ. Η θερμότητα στη διεργασία AB είναι:

- α. 0 β. 300L,atm γ. 600L,atm



2.31 Ιδανικό αέριο εκτονώνεται αδιαβατικά και παράγει έργο W_1 . Στη συνέχεια απορροφά ισόχωρα θερμότητα $Q_2=W_1$. Δείξτε ότι το αέριο αποκτά και πάλι την αρχική θερμοκρασία του.

2.32 Η ίδια ποσότητα του ίδιου αερίου εκτελεί δύο ισοβαρείς εκτονώσεις μεταξύ των ίδιων ισοθέμων T_1, T_2 . Κατά την πρώτη εκτόνωση η πίεση είναι P_1 και το παραγόμενο έργο W_1 , ενώ κατά τη δεύτερη εκτόνωση η πίεση είναι $P_2=2P_1$ και το έργο W_2 . Για τα έργα ισχύει:

- α. $W_1=W_2$ β. $W_1=2W_2$ γ. $W_1=W_2/2$ δ. $W_1=W_2/4$

2.33 Να συγκριθούν τα έργα που απαιτούνται για να συμπιεστούν αδιαβατικά δύο ίδιες ποσότητες του ίδιου ιδανικού αερίου των ίδιων αρχικών συνθηκών P_0, V_0, T_0 , η μία στο $1/8$ του αρχικού όγκου και η άλλη στο τετραπλάσιο της αρχικής θερμοκρασίας. Δίνεται ότι $C_v=3R/2$.

2.34 Ιδανικό αέριο με $\gamma=2$ θερμαίνεται ισοβαρώς από θερμοκρασία T_A σε T_B και στη συνέχεια ψύχεται αδιαβατικά σε θερμοκρασία T_Γ αποδίδοντας μηχανικό έργο ίσο με τη μισή θερμότητα που πήρε κατά την ισοβαρή θέρμανση. Να δείξετε ότι: $T_\Gamma=T_A$.

Ασκήσεις και προβλήματα

2.35 Ιδανικό μονοατομικό αέριο εκτονώνεται υπό σταθερή πίεση $P=10^5 \text{ N/m}^2$ από αρχικό όγκο $V_1=2 \text{ m}^3$ σε τελικό $V_2=6 \text{ m}^3$. Να υπολογιστούν:

- Το παραγόμενο έργο.
- Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας.
- Η θερμότητα που απορρόφησε το αέριο.

$$\alpha. W=4,10^5 J, \beta. \Delta U=6,10^5 J \gamma. Q=10,10^5 J$$

2.36 Ιδανικό μονοατομικό αέριο ποσότητας $n=2/R \text{ mol}$ εκτονώνεται ισοβαρώς από αρχική θερμοκρασία $T_1=300 \text{ K}$ σε θερμοκρασία $\theta_2=327^\circ \text{C}$. Να υπολογιστούν:

- Το παραγόμενο έργο.
- Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας.
- Η θερμότητα που απορρόφησε το αέριο.

$$\alpha. W=600 J, \beta. \Delta U=900 J \gamma. Q=1500 J$$

2.37 Ιδανικό μονοατομικό αέριο ποσότητας $n=2/R \text{ mol}$ βρίσκεται σε αρχικές συνθήκες $P_1=10^5 \text{ N/m}^2$, $V_1=2,10^{-2} \text{ m}^3$ και θερμαίνεται ισόχωρα μέχρι διπλάσια πίεση. Να υπολογιστούν:

- Η τελική θερμοκρασία του αερίου.
- Η θερμότητα που απορρόφησε.

$$\alpha. 2000 \text{ K}, \beta. 3,10^3 J$$

2.38 Ιδανικό μονοατομικό αέριο σε αρχικές συνθήκες $V_1=4 \text{ m}^3$, $P_1=4,10^5 \text{ N/m}^2$ ψύχεται υπό σταθερό όγκο μέχρι η θερμοκρασία του να υποδιπλασιαστεί. Να υπολογιστούν:

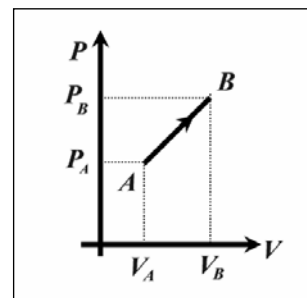
- Το παραγόμενο έργο.
- Η θερμότητα που αντάλλαξε το αέριο με το περιβάλλον του.
- Ο λόγος των ενεργών τιμών των ταχυτήτων των μορίων του αερίου, $v_{\text{ev}1}/v_{\text{ev}2}$ στην αρχική και τελική κατάσταση.

$$\alpha. W=0, \beta. Q=-12,10^5 J, \gamma. \sqrt{2}$$

2.39 Ιδανικό μονοατομικό αέριο εκτελεί μια γραμμική αντιστρεπτή μεταβολή από την κατάσταση Α με $P_A=2,10^5 \text{ N/m}^2$ και $V_A=1 \text{ m}^3$ σε κατάσταση Β με $P_B=6,10^5 \text{ N/m}^2$ και όγκο $V_B=5 \text{ m}^3$. Να υπολογιστούν:

- Το παραγόμενο έργο.
- Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας.
- Η θερμότητα που απορρόφησε το αέριο.

$$\alpha. W=16,10^5 J, \beta. \Delta U=42,10^5 J, \gamma. Q=58,10^5 J$$



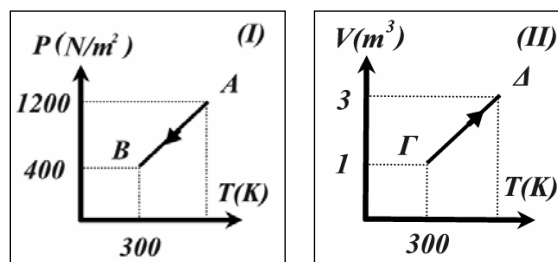
2.40 Ιδανικό μονοατομικό αέριο εκτονώνεται ισόθερμα από την κατάσταση Α με $P_A=2,10^5 \text{ N/m}^2$ και $V_A=1 \text{ m}^3$ μέχρι η πίεσή του να μειωθεί στο μισό της αρχικής. Να βρεθεί το παραγόμενο έργο. Δίνεται $\ln 2=0,7$.

$$W=1,4,10^5 \text{ J}$$

2.41 Ιδανικό μονοατομικό αέριο, $n=2/R \text{ mol}$ συμπιέζεται ισόθερμα υπό σταθερή θερμοκρασία $T=300 \text{ K}$ μέχρι η πίεσή του να διπλασιαστεί. Να βρεθεί η θερμότητα που απέδωσε στο περιβάλλον του. Δίνεται $\ln 2=0,7$.

$$|Q|=420 \text{ J}$$

2.42 Στα διπλανά διαγράμματα βλέπουμε δυο αντιστρεπτές μεταβολές της ίδιας ποσότητας $n=2/R \text{ mol}$, του ίδιου ιδανικού αερίου. Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα. Δίνεται ότι και $C_V=3R/2$.



Μεταβολή	Q (J)	$\Delta U(\text{J})$	W(J)	$\Delta V (\text{ m}^3)$	$\Delta P(\text{N/m}^2)$	$\Delta T(\text{K})$

2.43 Ιδανικό αέριο βρίσκεται σε αρχικές συνθήκες $P_1=4,10^3 \text{ N/m}^2$ και $V_1=2 \text{ m}^3$, $T_1=600 \text{ K}$ και συμπιέζεται ισοβαρώς μέχρι όγκο $0,5 \text{ m}^3$. Δίνονται $C_V=1,5R$ και $\ln 2=0,69$. Να υπολογιστούν:

- Η τελική θερμοκρασία του.
- Η ΔU και τα Q και W που αντάλλαξε το αέριο με το περιβάλλον του.
- Ο λόγος $\lambda=K_1/K_2$ των μέσων κινητικών ενεργειών των μορίων του αερίου στην αρχική και τελική κατάσταση.
- Η θερμότητα που πρέπει να απορροφήσει ώστε να μεταβεί ισόθερμα από τις αρχικές συνθήκες σε πίεση 10^3 N/m^2 , υπό σταθερή θερμοκρασία T_1 .

$$\alpha. 150 \text{ K}, \beta. \Delta U=-9,10^3 \text{ J}, Q=-15,10^3 \text{ J}, W=-6,10^3 \text{ J}, \gamma. \lambda=4, \delta. 2,76,10^3 \text{ J}$$

2.44 Ποσότητα 10 mol ιδανικού αερίου βρίσκεται σε θερμοκρασία 27° C και εκτονώνεται ισοβαρώς μέχρι διπλάσιο όγκο. Δίνονται $R=8,31 \text{ J/mol, K}$, $C_p=20,8 \text{ J/mol, K}$. Να βρεθούν:

- Η τελική θερμοκρασία σε βαθμούς Kelvin.
- Το έργο που παρήγαγε το αέριο.
- Η θερμότητα που απορρόφησε.
- Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας.

$$\alpha. 600 \text{ K}, \beta. 24930 \text{ J}, \gamma. 62400 \text{ J}, \delta. 37470 \text{ J}$$

2.45 Ποσότητα ιδανικού αερίου, όταν θερμαίνεται κατά ΔT υπό σταθερή πίεση απορροφά ποσό θερμότητας 300 J , ενώ όταν θερμαίνεται κατά $\Delta T/2$, όπου $\Delta T=5\Delta T/9$, υπό σταθερό όγκο απορροφά ποσό θερμότητας 100 J . Ποιος είναι ο λόγος, $\gamma=C_p/C_V$;

$$\gamma=5/3$$

2.46 Ιδανικό αέριο με $C_V=3R/2$ καταλαμβάνει αρχικά όγκο 4 m^3 υπό πίεση 10^5 N/m^2 και θερμοκρασία $T=300 \text{ K}$.

- α. Πόση είναι η εσωτερική του ενέργεια;
 β. Αν το αέριο μεταβεί με μία τυχαία αντιστρεπτή μεταβολή σε θερμοκρασία 600K, ποια θα είναι η μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας;
 γ. Ποιος θα είναι ο λόγος των ενεργών τιμών των ταχυτήτων των μορίων του αερίου, $\kappa = v_{\text{ev1}}/v_{\text{ev2}}$ στην αρχική και τελική κατάσταση της προηγούμενης μεταβολής;
 δ. Αν μεταβεί από την αρχική κατάσταση σε μια άλλη υπό σταθερή πίεση, με απορρόφηση θερμότητας $25,10^4\text{J}$, ποιος θα είναι ο τελικός του όγκος;

α. $6,10^5\text{J}$, β. $6,10^5\text{J}$, γ. $\kappa = \sqrt{2/2}$, δ. 5m^3

2.47 Ιδανικό αέριο εκτονώνεται αδιαβατικά από την κατάσταση Α στην κατάσταση Β. Αν δίνονται $P_A = 4,10^5\text{N/m}^2$, $V_A = 0,5\text{m}^3$, $T_A = 400\text{K}$, $V_B = 2\text{m}^3$ και $\gamma = 3/2$, να υπολογιστούν:

- α. Η πίεση και η απόλυτη θερμοκρασία στην κατάσταση Β.
 β. Το παραγόμενο έργο της εκτόνωσης.
 γ. Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου.

α. $0,5,10^5\text{N/m}^2$, 200K , β. $2,10^5\text{J}$, γ. $-2,10^5\text{J}$

2.48 Ιδανικό αέριο σε αρχικές συνθήκες $P_0 = 3200\text{N/m}^2$, $V_0 = 1\text{m}^3$, $T_0 = 800\text{K}$, εκτονώνεται αδιαβατικά έως ότου η πίεσή του να γίνει ίση με $P = 100\text{N/m}^2$. Να βρεθούν:

- α. Οι τελικές τιμές του όγκου και της θερμοκρασίας του αερίου;
 β. Το παραγόμενο έργο.

Δίνεται ότι το αέριο έχει $\gamma = 5/3$.

α. $V = 8\text{m}^3$, $T = 200\text{K}$, β. 3600J

2.49 Ιδανικό αέριο συμπιέζεται αδιαβατικά από την κατάσταση Α με συνθήκες $P_1 = 1/8\text{atm}$, $V_1 = 8\text{L}$, στην κατάσταση Β με συνθήκες $P_2 = 4\text{atm}$ και $V_2 = 1\text{L}$. Να σχεδιαστεί η μεταβολή σε διάγραμμα (P–V) και να υπολογιστούν η σταθερά γ του αερίου και το έργο.

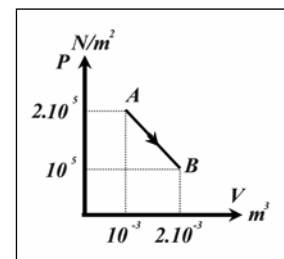
$\gamma = 5/3$, $W = -4,5\text{L,atm}$

2.50 Στη διεργασία που φαίνεται στο σχήμα το αέριο είναι ιδανικό με $C_V = 3R/2$.

Να υπολογιστούν:

- α. Το έργο που παράγεται.
 β. Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας.
 γ. Η θερμότητα που απορροφά.

α. 150J , β. 0 , γ. 150J



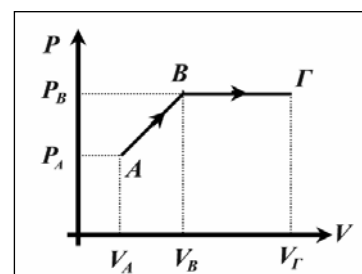
2.51 Σε μια αντιστρεπτή διεργασία ιδανικού αερίου, το οποίο έχει $C_V = 3R/2$, η σχέση που συνδέει τη πίεση με τον όγκο δίνεται από τη συνάρτηση $P = 10^5(1 + 4V)$, το V σε m^3 , το P σε N/m^2 και ο όγκος του αερίου μεταβάλλεται από 1m^3 έως 2m^3 .

- α. Να σχεδιαστεί η μεταβολή σε διάγραμμα (P–V).
 β. Να υπολογιστούν το έργο, η μεταβολή εσωτερικής ενέργειας και η θερμότητα.

$W = 7,10^5\text{J}$, $\Delta U = 19,5,10^5\text{J}$, $Q = 26,5,10^5\text{J}$

2.52 Στο σχήμα φαίνεται η αντιστρεπτή διεργασία ΑΒΓ. Δίνονται $V_A = 1\text{m}^3$, $V_B = 3\text{m}^3$, $V_\Gamma = 5\text{m}^3$, $P_A = 2,10^5\text{N/m}^2$, $P_B = 6,10^5\text{N/m}^2$, $C_V = 3R/2$. Να υπολογιστούν:

- α. Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας $\Delta U_{\text{ΑΓ}}$.



β. Το συνολικό έργο, W_{AG} .

γ. Η θερμότητα Q_{AG} .

$$\Delta U_{AG}=42,10^5 J, \beta. W_{AG}=20^5 J, \gamma. Q=62,10^5 J$$

2.53 Ιδανικό αέριο με $C_v=1,5R$, που καταλαμβάνει αρχικά όγκο $V_0=1L$ και βρίσκεται υπό πίεση $P_0=10^5 N/m^2$, θερμαίνεται υπό σταθερό όγκο έως ότου η πίεση του να διπλασιαστεί και στη συνέχεια εκτονώνεται υπό σταθερή πίεση, έως ότου ο όγκος του να τετραπλασιαστεί.

α. Να παρασταθεί η συνολική διεργασία σε διαγράμματα $P-V$, $V-T$, και $P-T$.

β. Να υπολογιστούν οι συνολικές τιμές της θερμότητας και του έργου που αντάλλαξε το αέριο με το περιβάλλον του, καθώς και της μεταβολής της εσωτερικής του ενέργειας.

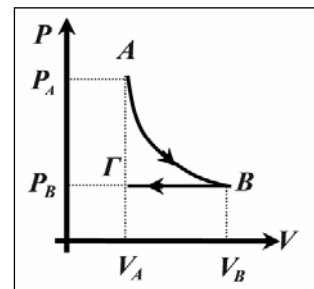
$$Q_{ολ}=1650J, W_{ολ}=600J, \Delta U_{ολ}=1050J$$

2.54 Ιδανικό αέριο βρίσκεται σε αρχικές συνθήκες πίεσης $P_A=2,10^5 N/m^2$, όγκου $V_A=0,5m^3$ εκτονώνεται ισόθερμα μέχρι διπλάσιο όγκο, V_B και στη συνέχεια το αέριο εκτελεί ισοβαρή συμπίεση $B\Gamma$ μέχρι τον αρχικό του όγκο, V_A .

α. Να βρεθούν η πίεση P_B και η θερμότητα που απορρόφησε το αέριο από το περιβάλλον του κατά τη μεταβολή AB .

β. Να υπολογιστούν, τα ΔU , W και Q κατά τη διεργασία $B\Gamma$.

Δίνονται $C_v=3R/2$ και $\ln 2=0,69$.



$$\alpha. P_B=10^5 N/m^2, Q_I=0,69,10^5 J, \beta. \Delta U_2=-0,75,10^5 J, W_2=-0,5,10^5 J, Q_2=-1,25,10^5 J$$

2.55 Ποσότητα $n=2/R$ mol ιδανικού αερίου συμπιέζεται ισόθερμα από την κατάσταση A στην κατάσταση, B υπό σταθερή θερμοκρασία $T_1=600K$ μέχρι η πίεση να διπλασιαστεί. Στη συνέχεια ψύχεται ισόχωρα μέχρι η θερμοκρασία του να γίνει $T_2=300K$.

α. Να σχεδιαστεί η μεταβολή σε ποιοτικό διάγραμμα ($P-V$).

β. Να βρεθεί το συνολικό ποσό θερμότητας που αντάλλαξε το αέριο με το περιβάλλον του σε όλη τη διεργασία. Δίνονται $\ln 2=0,7$, $C_v=3R/2$.

$$\beta. Q_{ολ}=-1740J$$

2.56 Ορισμένη μάζα ιδανικού αερίου μεταβαίνει από την κατάσταση A (P_A, V_A, T_A) στην κατάσταση B (P_B, V_B, T_B) με αντιστρεπτό τρόπο. Κατά τη μεταβολή AB ισχύει συνεχώς $PV=10J$, ενώ $P_B=P_A/2$. Στη συνέχεια το αέριο οδηγείται ισοβαρώς σε κατάσταση Γ όπου ισχύει $P_\Gamma=P_B$ και $T_\Gamma=T_B/2$. Αν δίνεται $\ln 2=0,7$, και $\gamma=5/3$, να βρεθεί το συνολικό έργο.

$$W=2J$$

2.57 Ιδανικό αέριο μπορεί να μεταβεί από κατάσταση A, σε κατάσταση B, μέσω δύο διαδρομών. Στην πρώτη (1) μεταβαίνει με ισόθερμη εκτόνωση και στη δεύτερη (2) με ισοβαρή εκτόνωση από την A στην κατάσταση Γ και μετά ισόχωρα από τη Γ έως την κατάσταση B. Δίνονται $Q_{AGB}=50J$, και $\Delta U_{GB}=-20J$.

α. Να απεικονιστούν οι μεταβολές σε κοινά διαγράμματα ($P-V$), ($V-T$), και ($P-T$).

β. Να υπολογιστούν τα W_{AG} , ΔU_{AG} και Q_{AG} .

$$\beta. 50J, 20J, 70J$$

2.58 Ιδανικό αέριο εκτονώνεται αδιαβατικά από την κατάσταση A με συνθήκες $P_A=400N/m^2$ και $V_A=1m^3$, στην κατάσταση B με $P_B=50N/m^2$ και όγκο V_B . Στη συνέχεια συμπιέζεται ισοβαρώς μέχρι την κατάσταση Γ με όγκο $V_\Gamma=V_A$. Δίνεται $\gamma=3/2$.

α. Να βρεθεί ο όγκος, V_B και να γίνει το διάγραμμα ($P-V$).

- β. Να βρεθεί η συνολική μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας $\Delta U_{\text{ΑΓ}}$.
 γ. Να βρεθεί το συνολικό έργο στη διεργασία ΑΒΓ.

α. 4m^3 , β. -700J , γ. 250J

2.59 Ιδανικό αέριο έχει αρχικά $P_A=35,10^5\text{N/m}^2$ και $V_A=0,12\text{m}^3$ και κάνει την ακόλουθη διεργασία. Συμπιέζεται ισοβαρώς σε όγκο $V_B=0,1\text{m}^3$ και μετά ψύχεται ισόχωρα μέχρι η πίεση να γίνει $P_\Gamma=32,10^5\text{N/m}^2$ και τέλος εκτονώνεται αδιαβατικά μέχρι τελική πίεση $P_\Delta=10^5\text{N/m}^2$. Να υπολογιστούν όλες οι επιμέρους τιμές των θερμοτήτων και των έργων. Δίνεται $\gamma=5/3$.

$Q_{AB}=-175,10^3\text{J}$, $Q_{B\Gamma}=-45,10^3\text{J}$, $Q_{\Gamma\Delta}=0$, $W_{AB}=-70,10^3\text{J}$, $W_{B\Gamma}=0$, $W_{\Gamma\Delta}=360,10^3\text{J}$

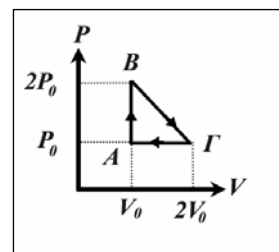
2.60 Ιδανικό αέριο ποσότητας $n=2/R\text{mol}$ βρίσκεται αρχικά στην κατάσταση Α, με πίεση P_0 , όγκο V_0 και θερμοκρασία $T_0=300\text{K}$ και εκτελεί την ακόλουθη αντιστρεπτή κυκλική διεργασία ΑΒΓΑ. (ΑΒ): Ισόχωρη θέρμανση μέχρι πίεση $2P_0$. (ΒΓ): Ισόθερμη εκτόνωση μέχρι την αρχική πίεση P_0 . (ΓΑ): Ισοβαρής συμπίεση μέχρι την αρχική κατάσταση.

- α. Να γίνει το διάγραμμα (P-V).
 β. Να βρεθεί η θερμοκρασία T_B .
 γ. Να βρεθεί η θερμότητα Q_{AB} .
 δ. Να βρεθεί το συνολικό έργο ανά κύκλο.
 Δίνονται $C_v=3R/2$ και $\ln 2=0,7$.

β. $T_B=600\text{K}$, γ. $Q=900\text{J}$, δ. $W_{\text{ολ}}=240\text{J}$

2.61 Δίνεται η κυκλική διεργασία ΑΒΓΑ που φαίνεται στο διάγραμμα (P-V) του σχήματος με $P_0=10^5\text{N/m}^2$ και $V_0=2\text{m}^3$. Να υπολογιστούν:

- α. Το συνολικό παραγόμενο έργο ανά κύκλο.
 β. Οι θερμότητες στις διεργασίες ΑΒ, ΒΓ και ΓΑ.
 Δίνεται ότι αέριο έχει $C_v=3R/2$.



α. 10^5J , β. $Q_{AB}=3,10^5\text{J}$, $Q_{B\Gamma}=3,10^5\text{J}$, $Q_{\Gamma A}=-5,10^5\text{J}$

2.62 Ποσότητα ιδανικού αερίου $n=2/R$ moles με $C_v=3R/2$ βρίσκεται αρχικά υπό πίεση $P_1=2,10^3\text{N/m}^2$ και όγκο $V_1=1\text{m}^3$. Ψύχεται ισόχωρα μέχρι πίεση $P_2=P_1/2$, μετά εκτονώνεται ισοβαρώς μέχρι τριπλάσιο όγκο, θερμαίνεται ισόχωρα μέχρι την αρχική πίεση και τέλος επανέρχεται ισοβαρώς στην αρχική κατάσταση.

- α. Να παρασταθεί η μεταβολή σε διαγράμματα (P-V) και (V-T).
 β. Να υπολογιστεί το συνολικό έργο που αντάλλαξε το αέριο με το περιβάλλον.
 γ. Να υπολογιστούν οι μεταβολές της εσωτερικής ενέργειας του αερίου στις διεργασίες ΑΒ, ΒΓ.
 δ. Να υπολογιστούν οι θερμότητες που αντάλλαξε το αέριο με το περιβάλλον του στις διεργασίες, ΓΔ και ΔΑ.

β. $-2,10^3\text{J}$, γ. $-1,5,10^3\text{J}$, $3,10^3\text{J}$, δ. $4,5,10^3\text{J}$, $-10,10^3\text{J}$

2.63 Ποσότητα ιδανικού αερίου $n=20/R$ moles, με $C_v=3R/2$, θερμαίνεται ισόχωρα από $T_1=300\text{K}$, στη $T_2=600\text{K}$, εκτονώνεται ισοβαρώς μέχρι $T_3=1200\text{K}$, εκτονώνεται ισόθερμα και τέλος επανέρχεται με ισοβαρή συμπίεση στην αρχική κατάσταση. Να υπολογιστούν:

- α. Να παρασταθεί η διεργασία σε διάγραμμα, (P-V).
 α. Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας, ΔU , κατά την μετάβαση του αερίου από την θερμοκρασία T_1 στην θερμοκρασία T_3 .
 β. Το έργο στην ισοβαρή συμπίεση.

γ. Η συνολική θερμότητα που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον του.
 δ. Ο λόγος των ενεργών ταχυτήτων των μορίων του αερίου στις θερμοκρασίες T_1 και T_3 .
 Δίνεται $\ln 2 = 0,69$.

$$\alpha. 27,10^3 J, \beta. -18,10^3 J, \gamma. 10560 J, \delta. 1/2$$

2.64 Ιδανικό αέριο ποσότητα $n=10/R$ mol εκτελεί την ακόλουθη κυκλική διεργασία ΑΒΓΑ.
 ΑΒ: Ισοβαρής συμπίεση από θερμοκρασία $T_A=1200K$ έως $T_B=300K$. ΒΓ: Ισόχωρη θέρμανση έως τη θερμοκρασία $1200K$. ΓΑ: Ισόθερμη εκτόνωση έως την αρχική κατάσταση. Δίνεται $\gamma=5/3$ και $\ln 2=0,7$. Να υπολογιστούν:
 α. Το συνολικό έργο ανά κύκλο.
 β. Η θερμότητα στις διεργασίες ΑΒ και ΒΓ.

$$\alpha. W_{\text{ολ}} = 7800 J, \beta. Q_{AB} = -22.500 J, Q_{BG} = 13500 J$$

2.65 Συμπιέζουμε ισόθερμα μια ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου δίνοντάς του έργο $56J$, μέχρι ό όγκος του να γίνει το $1/8$ του αρχικού. Μετά ψύχουμε ισόχωρα μέχρι να αποκτήσει την αρχική πίεση με αποτέλεσμα να μειωθεί η εσωτερική ενέργεια κατά $35J$. Τέλος επαναφέρουμε το αέριο στην αρχική του κατάσταση με μια ισοβαρή εκτόνωση.

α. Να βρεθεί η C_v του αερίου.
 β. Να υπολογιστεί το έργο στην ισοβαρή εκτόνωση.
 Δίνονται η παγκόσμια σταθερά R και $\ln 2 = 0,7$.

$$\alpha. C_v = 3R/2, W_{\Gamma A} = 23,33 J$$

2.66 Μια κυκλική αντιστρεπτή διεργασία ΑΒΓΔΑ αποτελείται από τις ακόλουθες επιμέρους μεταβολές:

ΑΒ: Ισόχωρη θέρμανση από $P_A = 10^5 \text{ N/m}^2$, $V_A = 1 \text{ m}^3$, $T_A = 200K$, έως την κατάσταση Β στην οποία $T_B = 3T_A$.

ΒΓ: Ισόθερμη εκτόνωση μέχρι πίεση $P_\Gamma = P_A/2$.

ΓΔ: Ισόχωρη ψύξη έως τη θερμοκρασία T_A .

ΔΑ: Ισόθερμη συμπίεση έως την αρχική κατάσταση.

α. Να γίνουν τα διαγράμματα ($P-V$) και ($P-T$) και να υπολογιστεί η πίεση P_Δ .
 β. Να υπολογιστεί η συνολική θερμότητα ανά κύκλο, που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον του. Δίνονται $\ln 6 = 1,8$, $C_v = 3R/2$.

$$\alpha. P_\Delta = 10^5/6 \text{ N/m}^2, \beta. Q_{\text{ολ}} = 3,6,10^5 J$$

2.67 Ποσότητα ιδανικού αερίου βρίσκεται αρχικά στην κατάσταση Α με $P_A = 3200 \text{ N/m}^2$ και $V_A = 1 \text{ m}^3$ και πραγματοποιεί την ακόλουθη αντιστρεπτή κυκλική διεργασία ΑΒΓΑ. Εκτονώνεται αδιαβατικά μέχρι την κατάσταση Β στην οποία $P_B = 100 \text{ N/m}^2$, μετά συμπίεζεται ισόθερμα μέχρι την αρχικό όγκο και τέλος θερμαίνεται ισόχωρα μέχρι την αρχική κατάσταση.

α. Να απεικονιστεί η διεργασία σε διάγραμμα ($P-V$).
 β. Να βρεθούν όλα τα επιμέρους έργα καθώς και το συνολικό έργο ανά κύκλο.
 γ. Να βρεθεί η θερμότητα που απορροφά κατά την ισόχωρη θέρμανση.
 δ. Να βρεθεί ο λόγος των ενεργών ταχυτήτων $v_{\text{εVΑ}}/v_{\text{εVΓ}}$.
 Δίνονται $\ln 2 = 0,7$ και $\gamma = 5/3$.

$$\beta. W_{\text{ολ}} = 1920 J, \gamma. Q_{\Gamma A} = 3600 J, \delta. 2$$

2.68 Ποσότητα ιδανικού αερίου βρίσκεται αρχικά στην κατάσταση Α με $U_A = 20J$. Το αέριο απορροφά θερμότητα $Q_1 = 180J$ και μεταβαίνει ισόχωρα σε κατάσταση Β. Μετά παίρνει ενέργεια μέσω έργου, $W_2 = -50J$ από το περιβάλλον του και μεταβαίνει ισοβαρώς στην

κατάσταση Γ, ενώ ταυτόχρονα αποβάλλει στο περιβάλλον θερμότητα $Q_2 = -200\text{J}$. Από την κατάσταση Γ επιστρέφει στην Α χωρίς ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον του.

α. Να απεικονιστεί η διεργασία σε διάγραμμα (P-V).

β. Να βρεθούν οι εσωτερικές ενέργειες, U_B και U_Γ .

γ. Να βρεθεί το έργο $W_{\Gamma A}$.

$$\beta. 200\text{J}, 50\text{J}, \gamma. 30\text{J}$$

2.69 Ιδανικό αέριο με $C_v = 1,5R$ εκτελεί την ακόλουθη κυκλική αντιστρεπτή διεργασία. Θερμαίνεται ισόχωρα με $Q_1 = 1200\text{J}$ σε διπλάσια θερμοκρασία, εκτονώνεται ισόθερμα σε οκταπλάσιο όγκο, ψύχεται ισόχωρα και τέλος με αδιαβατική συμπίεση επανέρχεται στην αρχική κατάσταση.

α. Πόσο είναι το συνολικό έργο που παρήγαγε το αέριο ανά κύκλο;

β. Πόση θερμότητα απέβαλε το αέριο στην ισόχωρη ψύξη; Δίνεται $\ln 2 = 0,7$

$$\alpha. 2460\text{J}, \beta. -2100\text{J}$$

2.70 Ιδανικό αέριο κάνει μια αντιστρεπτή κυκλική διεργασία ABΓΑ που αποτελείται από μια αδιαβατική εκτόνωση AB, ισοβαρή συμπίεση BΓ και ισόχωρη θέρμανση ΓΑ. Δίνονται ότι $V_A = 1\text{m}^3$, $V_B = 8\text{m}^3$ και $P_B = 10^5\text{N/m}^2$. Δίνονται ακόμα $C_v = 3R/2$, $C_p = 5R/2$.

α. Να γίνει το διάγραμμα (P-V) και να υπολογιστεί η πίεση P_A .

β. Να βρεθεί ο λόγος των μέσων κινητικών ενεργειών στα Β και Γ, $\bar{K}_B/\bar{K}_\Gamma$.

γ. Να υπολογιστεί το συνολικό έργο του κύκλου.

$$\alpha. 32,10^5\text{N/m}^2, \beta. \bar{K}_B/\bar{K}_\Gamma = 8, \gamma. 29,10^5\text{J}$$

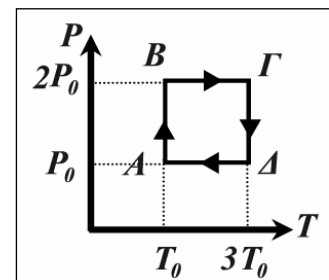
2.71 Δίνεται η κυκλική αντιστρεπτή διεργασία ιδανικού αερίου που φαίνεται στο διάγραμμα (P-T) με $P_0 = 0,5, 10^5\text{N/m}^2$ και $V_A = 0,1\text{m}^3$.

α. Να γίνει το διάγραμμα (P-V).

β. Να υπολογιστεί το συνολικό έργο ανά κύκλο.

γ. Να υπολογιστεί το άθροισμα των θερμοτήτων στις διεργασίες BΓ και ΔΑ. Δίνεται $\ln 2 = 0,69$.

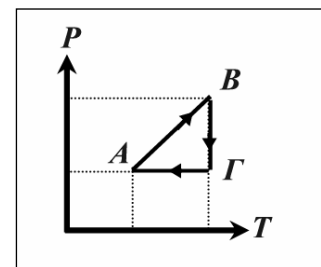
$$\beta. W_{\text{ολ}} = 6900\text{J}, \gamma. Q_{B\Gamma} + Q_{\Delta A} = 0$$



2.72 Στο διάγραμμα (P-T) του σχήματος φαίνεται μια κυκλική αντιστρεπτή διεργασία ιδανικού αερίου του οποίου γνωρίζουμε ότι $C_v = 3R/2$. Το συνολικό έργο που παράγεται κατά τη διάρκεια ενός κύκλου είναι 500J και η θερμότητα που απορροφά το αέριο κατά τη διεργασία BΓ είναι 1000J .

α. Να γίνουν τα αντίστοιχα διαγράμματα (P-V) και (V-T).

β. Να υπολογιστούν οι θερμότητες που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον του στις διεργασίες AB και ΓΑ.



$$\beta. Q_{AB} = 750\text{J}, Q_{\Gamma A} = -1250\text{J}$$

2.73 Ποσότητα ιδανικού αερίου που βρίσκεται αρχικά σε κατάσταση ισορροπίας με $P_A = 6,10^5\text{N/m}^2$, $V_A = 0,5\text{m}^3$, $T_A = 300\text{K}$ εκτελεί την ακόλουθη αντιστρεπτή κυκλική μεταβολή ABΓΑ. Εκτονώνεται ισοβαρώς μέχρι όγκο $V_B = 1\text{m}^3$, μετά εκτονώνεται αδιαβατικά μέχρι όγκο V_Γ και τέλος επανέρχεται στην αρχική κατάσταση με μια ισόθερμη συμπίεση. Δίνονται $\gamma = 3/2$, $\ln 2 = 0,69$. Να απεικονιστεί η διεργασία σε διάγραμμα (P-V) και να υπολογιστούν:

α. Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου από την κατάσταση Α στη Β.

β. Ο όγκος του αερίου στην κατάσταση Γ.

γ. Το συνολικά παραγόμενο έργο.

δ. Το ποσοστό της θερμότητας που απορροφά το αέριο από το περιβάλλον του ανά κύκλο που μετατρέπεται σε συνολικό έργο.

$$\alpha. 6,10^5 J, \beta. 4m^3, \gamma. 2,79,10^5 J, \delta. 31\%$$

□2.74 Ιδανικό αέριο θερμικής μηχανής εκτελεί τον ακόλουθο αντιστρεπτό θερμοδυναμικό κύκλο ΑΒΓΑ. (ΑΒ): Ισοβαρής εκτόνωση από πίεση $P_A=160\text{N/m}^2$ έως όγκο $V_B=8\text{m}^3$. (ΒΓ): Ισόχωρη ψύξη έως την κατάσταση Γ. (ΓΑ): αδιαβατική συμπίεση έως την αρχική κατάσταση κατά την οποία ισχύει $PV^\gamma=160\text{N}\cdot\text{m}$ με $\gamma=5/3$.

1) Να παρασταθεί η κυκλική διεργασία σε διάγραμμα P–V.

2) Να υπολογιστούν:

α. Το έργο σε κάθε επιμέρους διεργασία καθώς και το ολικό έργο.

β. Η θερμότητα που απορροφά το αέριο από το περιβάλλον του.

$$\alpha. 1120J, 0, -180J, W_{ολ}=940J, \beta. 2800J$$

□2.75 Ιδανικό αέριο με $C_v=3R/2$, ποσότητας $n=2/R\text{mol}$, όπου R η παγκόσμια σταθερά των αερίων, εκτελεί τον ακόλουθο θερμοδυναμικό κύκλο ΑΒΓΑ. (ΑΒ): Αδιαβατική εκτόνωση από όγκο V_1 και θερμοκρασία $T_1=800\text{K}$ σε όγκο $V_2=8V_1$. (ΒΓ): Ισόθερμη συμπίεση μέχρι τον αρχικό όγκο V_1 . (ΓΑ): Ισόχωρη θέρμανση μέχρι την αρχική κατάσταση. Να υπολογιστούν:

α. Το συνολικά παραγόμενο έργο ανά κύκλο.

β. Η θερμότητα που απορροφά το αέριο ανά κύκλο.

Δίνεται ότι $\ln 8=3, \ln 2$, όπου $\ln 2=0,693$.

$$\alpha. 968,4J, \beta. 1800J$$

□2.76 Ιδανικό αέριο με $C_v=3R/2$ εκτελεί την ακόλουθη κυκλική αντιστρεπτή διεργασία. Θερμαίνεται ισοβαρώς με $Q_1=600J$ σε τετραπλάσια θερμοκρασία, εκτονώνεται ισόθερμα σε διπλάσιο όγκο, ψύχεται ισόχωρα και τέλος με αδιαβατική συμπίεση επανέρχεται στην αρχική κατάσταση.

α. Πόσο είναι το συνολικό έργο που παρήγαγε το αέριο ανά κύκλο;

β. Πόση θερμότητα απέβαλε το αέριο στην ισόχωρη ψύξη; Δίνεται $\ln 2=0,7$.

$$\alpha. 374J, \beta. -450J$$

□ 2.77 Ιδανικό αέριο, ποσότητας $n=2/R$ moles, με $\gamma=5/3$, εκτελεί τον ακόλουθο θερμοδυναμικό κύκλο, ΑΒΓΑ. Στην κατάσταση Α έχει, $P_A=10^5\text{N/m}^2$, και θερμαίνεται ισόχωρα μέχρι την κατάσταση Β στην οποία η θερμοκρασία φτάνει στους 3200K . Στη συνέχεια ψύχεται αδιαβατικά μέχρι τη θερμοκρασία $T_1=800\text{K}$ και μετά συμπιέζεται ισοβαρώς μέχρι την αρχική κατάσταση. Να υπολογιστούν:

α. Η θερμοκρασία στην κατάσταση Α και η πίεση στην κατάσταση Β.

β. Τα Q, W και ΔU για κάθε μία από τις μεταβολές του αερίου.

γ. Το συνολικά παραγόμενο έργο.

$$\alpha. 100K, 32,10^5\text{N/m}^2, \beta. Q_{AB}=9300J, W_{BI}=7200J, Q_{GA}=-3500J, W_{GA}=-1400J, \Delta U_{GA}=-2100J$$

□2.78 Ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου με $V_A=10\text{m}^3$, $T_A=200\text{K}$ και $P_A=10,10^5\text{N/m}^2$ εκτελεί τις ακόλουθες αντιστρεπτές μεταβολές.

ΑΒ. Ισοβαρής εκτόνωση με $T_B=600\text{K}$.

ΒΓ: Αδιαβατική εκτόνωση με $T_1=300\text{K}$.

ΓΔ: Ισοβαρής συμπίεση με $T_\Delta=200\text{K}$.

ΔΑ: Ισόθερμη συμπίεση.

α. Να απεικονίσετε τις παρακάτω μεταβολές σε διάγραμμα P–V.

β. Να βρείτε το έργο του αερίου στην κυκλική μεταβολή. Δίνονται $C_v=3R/2$, $\ln 2=0,7$.

$$\beta. W_{ολ}=2,10^7 J$$

□ 2.79 Ιδανικό αέριο βρίσκεται αρχικά σε συνθήκες $V_A=4m^3$, $T_A=800K$ και $P_A=10^5 N/m^2$ και εκτελεί τις ακόλουθες αντιστρεπτές μεταβολές.

AB: Αδιαβατική εκτόνωση με $T_B=400K$.

ΒΓ: Ισόχωρη ψύξη με $T_\Gamma=200K$.

ΓΔ: Ισόθερμη συμπίεση με $V_\Delta=V_A$.

ΔΑ: Ισόχωρη θέρμανση.

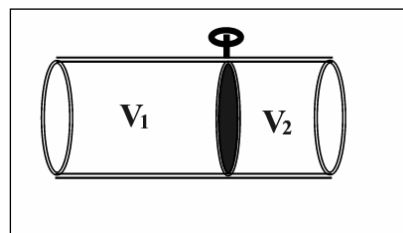
α. Να απεικονίσετε τις παρακάτω μεταβολές σε διάγραμμα P–V.

β. Να βρείτε την ολική θερμότητα που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον του στην κυκλική μεταβολή.

Δίνονται $C_v=3R/2$, $\ln 2=0,7$.

$$\beta. Q_{ολ}=4,95,10^5 J$$

2.80 Δοχείο με θερμομονωτικά τοιχώματα όγκου $V=40L$ χωρίζεται με τη βοήθεια θερμομονωτικού διαφράγματος σε δύο μέρη με όγκους $V_1=10L$ και $V_2=30L$. Στο ένα μέρος περιέχεται ήλιο υπό πίεση $P_1=4,92atm$ και θερμοκρασία $T_1=300K$ και στο δεύτερο το ίδιο αέριο με μάζα $n_2=1mol$ και πίεση $P_2=1,23atm$. Αφαιρούμε το διάφραγμα και κάποια στιγμή αποκαθίσταται η θερμική ισορροπία σε όλο το δοχείο. Τότε, να υπολογιστούν:



α. Η απόλυτη θερμοκρασία και η πίεση.

β. Η μέση κινητική ενέργεια του κάθε μορίου.

Δίνονται οι σταθερές, $R=0,082L,atm/mol,K$ και $k=1,38,10^{-23} J/K$.

$$\alpha. T=350K, P=2,15atm, \beta. K=742,5,10^{-23} J$$

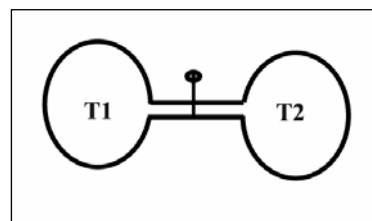
2.81 Δύο δοχεία όγκου $V=1m^3$ το καθένα συνδέονται με σωλήνα αμελητέου όγκο ο οποίος έχει στρόφιγγα η οποία είναι αρχικά κλειστή. Στο κάθε δοχείο περιέχεται ήλιο (He) στην ίδια πίεση P και θερμοκρασίες $T_1=300K$ και $T_2=400K$ αντιστοίχως.

Ανοίγουμε τη στρόφιγγα και όταν το σύστημα έρθει σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας παρατηρούμε ότι βρίσκεται υπό πίεση $P=2,10^5 N/m^2$ και θερμοκρασία $T=350K$.

Να υπολογιστούν:

α. Η αρχική πίεση P.

β. Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του συστήματος.

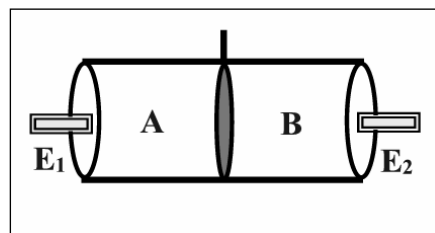


$$\alpha. 1,96,10^5 N/m^2, \beta. 12000J$$

□ 2.82 Κύλινδρος με θερμομονωτικά τοιχώματα χωρίζεται σε δύο ίσα μέρη A και B, με ένα ακλόνητο τοίχωμα που είναι τέλειος αγωγός της θερμότητας. Τα πλευρικά τοιχώματα του κυλίνδρου είναι θερμομονωτικά έμβολα E_1 και E_2 τα οποία μπορούν να κινούνται χωρίς τριβές, όπως φαίνεται και στο σχήμα.

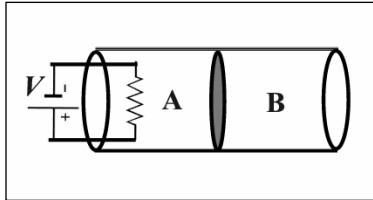
Στα δύο μέρη εισάγεται ποσότητα υδρογόνου, από

$n=20/Rmol$ σε κάθε μέρος, και το σύστημα ισορροπεί αρχικά υπό πίεση P_0 , ίση με την



εξωτερική και θερμοκρασία $T_0=300\text{K}$. Πόση ενέργεια πρέπει να προσφέρουμε μέσω του μηχανικού έργου συμπιέζοντας το αέριο στο χώρο A με τρόπο αντιστρεπτό έτσι ώστε, όταν αποκατασταθεί η θερμική ισορροπία στο σύστημα, η τελική θερμοκρασία να είναι 600K . Δίνεται $C_V=2,5R$.

$$W=36,10^3\text{J}$$



□2.83 Το κυλινδρικό δοχείο, που φαίνεται στο σχήμα, έχει σταθερά και θερμομονωτικά τοιχώματα και χωρίζεται σε δύο ίσα μέρη με τη βοήθεια θερμομονωτικού εμβόλου το οποίο μπορεί να κινείται χωρίς τριβές. Στο κάθε μέρος, όγκου 8L περιέχονται $n=2/\text{Rmol}$ ιδανικού αερίου στην ίδια πίεση και ίδια θερμοκρασία $T=100\text{K}$. Με τη βοήθεια ωμικής αντίστασης

θερμαίνουμε το αέριο στο χώρο A δίνοντας ποσό θερμότητας Q και παρατηρούμε ότι το έμβολο μετατοπίζεται, ενώ όταν ισορροπεί και πάλι, οι θερμοκρασίες στο χώρο A είναι $T_1=800\text{K}$ και στο χώρο B, $T_2=400\text{K}$. Δίνεται ότι το αέριο έχει $\gamma=3/2$. Να υπολογιστούν:

- Το ποσό θερμότητας Q .
- Ο τελικός όγκος του αερίου στο χώρο B.

$$\alpha. 1000\text{J}, \beta. 0,5\text{L}$$



3. Ο 2ος θερμοδυναμικός νόμος

Ερωτήσεις

3.1 Να συμπληρώσετε τα κενά στις προτάσεις που ακολουθούν:

- α. Θερμικές μηχανές ονομάζουμε τις διατάξεις που μετατρέπουν τη σε μηχανικό
- β. Το αέριο μιας ιδανικής θερμικής μηχανής διαγράφει αντιστρεπτή μεταβολή
- γ. Κατά τη διάρκεια ενός θερμοδυναμικού κύκλου το αέριο της θερμικής μηχανής:
 - i: Απορροφά από μια δεξαμενή θερμοκρασίας,
 - ii: παράγει
 - iii: Αποβάλλει σε μια δεξαμενή θερμοκρασίας.
- δ. Ο συντελεστής απόδοσης κάθε θερμικής μηχανής είναι το πηλίκο του έργου που μας δίνει η μηχανή προς τη που απορροφά η μηχανή από τη δεξαμενή θερμοκρασίας.
- ε. Ο συντελεστής απόδοσης κάθε θερμικής μηχανής είναι του 1.

3.2 Να συμπληρώσετε τα κενά στις προτάσεις που ακολουθούν:

- α. Είναι αδύνατο να κατασκευαστεί θερμική μηχανή που να μετατρέπει όλη τη θερμότητα σε
- β. Είναι αδύνατο να κατασκευαστεί μηχανή που να μεταφέρει θερμότητα από το ψυχρότερο στο θερμότερο σώμα, χωρίς δαπάνη την οποία απορροφά η μηχανή από το περιβάλλον της.
- γ. Δεν μπορεί να υπάρξει θερμική μηχανή που να έχει απόδοση μεγαλύτερη μιας μηχανής η οποία εργάζεται ανάμεσα στις θερμοκρασίες.
- δ. Ο συντελεστής απόδοσης μιας μηχανής Carnot εξαρτάται μόνο από τις των δύο δεξαμενών θερμότητας.

3.3 Θερμική μηχανή είναι μια διάταξη η οποία μετατρέπει:

- α. Την ενέργεια από μια μορφή σε μια άλλη.
- β. Την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανικό έργο.

γ. Το έργο σε θερμότητα.

δ. Τη θερμότητα σε μηχανικό έργο.

3.4 Ιδανική θερμική μηχανή χρησιμοποιεί ιδανικό αέριο το οποίο καθώς εκτελεί μια κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή απορροφά θερμότητα Q_h παράγει συνολικό έργο $W_{ολ}$ και αποβάλλει θερμότητα Q_c . Ο συντελεστής απόδοσης, e , της μηχανής αυτής είναι το πηλίκιο:

α. $\frac{W_{ολ}}{Q_h+Q_c}$

β. $\frac{Q_h}{Q_c}$

γ. $\frac{W_{ολ}}{Q_h}$

δ. $\frac{W_{ολ}}{Q_c}$

3.5 Οι τιμές του συντελεστή απόδοσης μιας ιδανικής θερμικής μηχανής είναι:

α. $0 < e < 1$

β. $0 < e : 1$

γ. $e > 1$

δ. $e < 1$

3.6 Ποιες από τις παρακάτω διατάξεις λειτουργούν ως θερμικές μηχανές. Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

α. Η μηχανή του βενζινοκίνητου αυτοκινήτου.

β. Το καλοριφέρ που καίει πετρέλαιο.

γ. Ο ηλεκτρικός φούρνος.

δ. Η μηχανή του ηλεκτρικού τρένου.

ε. Η μηχανή του πετρελαιοκίνητου τρένου.

3.7 Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές ή λάθος και γιατί;

α. Μια ιδανική θερμική μηχανή έχει απόδοση μικρότερη του 1.

β. Θερμική μηχανή μπορεί να παράγει έργο, αν αντλεί θερμότητα από δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας και αποδίδει μέρος της θερμότητας σε δεξαμενή υψηλότερης θερμοκρασίας.

γ. Θα μπορούσαμε να θερμάνουμε ένα σπίτι αν χρησιμοποιούσαμε το χώρο του ως δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας μιας θερμικής μηχανής.

δ. Το αέριο κάθε θερμικής μηχανής εκτελεί μια κυκλική αντιστρεπτή διεργασία με τη φορά των δεικτών του ρολογιού.

3.8 Ακούσαμε τις πληροφορίες:

α. «Θερμική μηχανή εργάζεται στη Σαχάρα και αντλεί θερμότητα από δεξαμενή θερμοκρασίας 313K, αποδίδει θερμότητα στο περιβάλλον που έχει θερμοκρασία 45 °C και έτσι παράγει έργο». Είναι η πληροφορία που ακούσαμε λογική;

β. «Εργοστάσιο στη Χαβάη αντλεί θερμότητα από τα επιφανειακά νερά του ωκεανού, θερμοκρασίας 25°C παράγει έργο και αποδίδει ποσό θερμότητας στα νερά του ωκεανού που βρίσκονται σε βάθος 1000m και έχουν θερμοκρασία 280K. Είναι η πληροφορία που ακούσαμε λογική;

3.9 Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές ή λάθος και γιατί;

α. Θερμοδυναμικό σύστημα που δεν ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον του είναι αδύνατο να λειτουργεί ως θερμική μηχανή.

β. Κατά τη διάρκεια μια κυκλικής αντιστρεπτής διεργασίας ισχύει, $Q_{ολ}=W_{ολ}$ και αυτό σημαίνει ότι ο συντελεστής απόδοσης του κύκλου είναι 1.

γ. Στην ισόθερμη εκτόνωση ισχύει $Q=W$, σχέση που είναι αντίθετη με 2ο θερμοδυναμικό νόμο.

δ. Θερμική μηχανή απορροφά θερμότητα από δεξαμενή θερμοκρασίας 1000K, αποδίδει θερμότητα σε δεξαμενή θερμοκρασίας 1000K και παράγει έργο.

3.10 Ο κύκλος του Carnot αποτελείται από:

α. Δύο ισόθερμες και δύο ισόχωρες διεργασίες.

β. Δύο ισοβαρείς και δύο αδιαβατικές διεργασίες.

- γ. Δύο ισόθερμες και δύο αδιαβατικές διεργασίες.
δ. Δύο αδιαβατικές και δύο ισόχωρες διεργασίες.

3.11 Θερμική μηχανή Carnot εργάζεται μεταξύ των θερμοκρασιών T_h και T_c . Ο συντελεστής απόδοσης της μηχανής είναι:

α. $e = 1 - \frac{T_c}{T_h}$ β. $e = 1 - \frac{T_h}{T_c}$ γ. $e = \frac{T_c}{T_h}$

3.12 Ιδανική μηχανή Carnot απορροφά θερμότητα από δεξαμενή θερμοκρασίας T_h και αποδίδει ποσό θερμότητας σε δεξαμενή θερμοκρασίας T_c . Να δώσετε απάντηση στις ερωτήσεις που ακολουθούν:

- α. Με ποιους τρόπους θα μπορούσαμε να αυξήσουμε την απόδοση μιας τέτοιας μηχανής;
β. Πόση απόδοση θα είχε η μηχανή αν, $T_h = T_c$.
γ. Αν η απόδοση της μηχανής αυτής ήταν 100%, πόση θα ήταν η χαμηλή θερμοκρασία T_c ;
δ. Ποιο ποσοστό της θερμότητας που απορροφά η μηχανή μετατρέπεται σε έργο, αν $T_h = 2T_c$;

3.13 Δύο μηχανές Carnot αντλούν ανά κύκλο θερμότητες Q_h , Q_h' αντιστοίχως από την ίδια δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας T_h και παράγουν το ίδιο ολικό έργο $W_{ολ}$ αποδίδοντας θερμότητα σε περιβάλλοντα διαφορετικής θερμοκρασίας T_c , T_c' ($T_c < T_c'$). Να συγκριθούν οι θερμότητες Q_h και Q_h' .

3.14 Δύο μηχανές Carnot αντλούν την ίδια θερμότητα Q από δεξαμενές διαφορετικών θερμοκρασιών $2T_0$ και $3T_0$ αντιστοίχως, παράγουν έργο και αποδίδουν θερμότητα στο ίδιο περιβάλλον θερμοκρασίας T_0 . Να συγκριθούν οι αποδόσεις και τα έργα που παράγουν.

3.15 Ιδανικό αέριο που εκτελεί τον κύκλο του Carnot απορροφά θερμότητα Q_h υπό θερμοκρασία T_h και αποδίδει θερμότητα Q_c υπό θερμοκρασία T_c .

- α. Να δείξετε ότι ισχύει, $Q_h/T_h = |Q_c|/T_c$.
β. Να υπολογίσετε το συντελεστή απόδοσης του κύκλου σε σχέση με τις θερμοκρασίες T_h , T_c .
γ. Να διατυπώσετε το 2^ο θερμοδυναμικό νόμο κατά Kelvin–Plank.

3.16 Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν για μια μηχανή Carnot είναι αληθείς, ποιες ψευδείς και γιατί;

- α. Μια μηχανή Carnot θα είχε απόδοση 100% , αν ήταν $T_h = T_c$.
β. Αν η μηχανή Carnot είχε συντελεστή απόδοσης $e = 1$, τότε θα έπρεπε η δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας να είχε θερμοκρασία -273°C .
γ. Αν ο κύκλος του Carnot διαγραφεί αντίστροφα, η μηχανή που τον εκτελεί γίνεται ψυκτική.
δ. Ο συντελεστής απόδοσης της θερμικής μηχανής Carnot είναι μεγαλύτερος από το συντελεστή απόδοσης κάθε άλλης ιδανικής ή πραγματικής μηχανής, που εργάζεται μεταξύ των ίδιων θερμοκρασιών.

3.17 Ακούσαμε ότι μια πραγματική θερμική μηχανή εργάζεται μεταξύ θερμοκρασιών 300 K και 500K και έχει απόδοση 48%. Είναι δυνατόν η πληροφορία μας να είναι αληθής; Δικαιολογήστε όποια απάντηση δώσετε.

3.18 Θερμική μηχανή Carnot εργάζεται μεταξύ δύο δεξαμενών θερμοκρασίας $T_h = 600\text{K}$ και $T_c = 400\text{K}$. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές και γιατί;

- α. Ο συντελεστής απόδοσης της μηχανής είναι 1/3.

β. Ο λόγος της θερμότητας που απορροφά προς την απόλυτη τιμή της θερμότητας που αποβάλλει, το αέριο της μηχανής, είναι $3/2$.

γ. Αν η θερμότητα που απορροφά ανά κύκλο είναι 1000J , τότε το έργο που παράγει είναι 400J .

δ. Αν η θερμότητα που αποβάλλει, ανά κύκλο είναι 200J , τότε το έργο που παράγει είναι 100J .

3.19 Δύο ανεξάρτητες κυκλικές διεργασίες που εκτελούνται από την ίδια ποσότητα, του ίδιου ιδανικού αερίου μεταξύ, των ίδιων ισόθερμων καμπυλών και αποτελούνται από, ισόθερμη εκτόνωση, ισοβαρή συμπίεση και ισόχωρη θέρμανση έχουν:

α. Τον ίδιο συντελεστή απόδοσης.

β. Συντελεστή απόδοσης που εξαρτάται από τις τιμές των πιέσεων του αερίου.

γ. Συντελεστή απόδοσης που εξαρτάται από το συντελεστή γ του αερίου.

Ποια είναι η σωστή απάντηση; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

3.20 Να δικαιολογήσετε:

α. Γιατί δύο ισόθερμες καμπύλες σε διάγραμμα $P-V$ δεν είναι δυνατόν να τέμνονται.

β. Γιατί δύο αδιαβατικές καμπύλες σε διάγραμμα $P-V$ δεν είναι δυνατόν να τέμνονται.

3.21 Θερμική μηχανή Carnot χρησιμοποιεί ιδανικό αέριο με $\gamma=5/3$. Ποια από τις παρακάτω διαδικασίες θα επιλέγατε για να αυξήσετε περισσότερο την απόδοση της μηχανής;

α. Να αυξήσετε κατά 40K τη θερμοκρασία της θερμής δεξαμενής

β. Να ελαττώσετε κατά 40K τη θερμοκρασία της ψυχρής δεξαμενής.

γ. Να αυξήσετε κατά 20K τη θερμοκρασία της θερμής δεξαμενής και ταυτόχρονα να ελαττώσετε κατά 20K τη θερμοκρασία της ψυχρής δεξαμενής.

δ. Να αντικαταστήσετε το αέριο με άλλο που έχει $\gamma=7/5$.

3.22 α. Ποιες μηχανές ονομάζονται ψυκτικές;

β. Να διατυπωθεί ο $2^{\text{ος}}$ θερμοδυναμικός νόμος κατά Clausius.

3.23 Ποια από τις προτάσεις που ακολουθούν αφορά τη λειτουργία της ψυκτικής μηχανής είναι σωστές;

α. Η ψυκτική μηχανή αντλεί θερμότητα από δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας και τη μεταφέρει σε δεξαμενή υψηλότερης θερμοκρασίας με ταυτόχρονη κατανάλωση ενέργειας την οποία απορροφά από το περιβάλλον υπό μορφή μηχανικού έργου.

β. Το ψυγείο είναι ψυκτική μηχανή.

γ. Κατά τη λειτουργία του ψυγείου ισχύει ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος αλλά όχι και ο πρώτος.

δ. Είναι δυνατό με το ψυγείο να θερμάνουμε ένα κλειστό χώρο.

3.24 Ποιες από τις μηχανές που ακολουθούν είναι θερμικές ή ψυκτικές.

α. Ηλεκτρικός ανεμιστήρας.

β. Καυστήρας καλοριφέρ.

γ. Ηλεκτρικό ψυγείο.

δ. Ντιζελομηχανή τρένου.

ε. Κλιματιστικό ψύξης – θέρμανσης.

στ. Ατμομηχανή παλαιού τρένου.

3.25 «Το πτητικό υγρό του κλιματιστικού αντλεί θερμότητα από το εξωτερικό περιβάλλον θερμοκρασίας 6°C και με τη βοήθεια έργου που απορροφά από τον κινητήρα του μεταφέρει θερμότητα στο εσωτερικό του σπιτιού θερμοκρασίας 12°C και το θερμαίνει». Είναι δυνατή η λειτουργία της μηχανής που αναφέρεται στην προηγούμενη πρόταση; Τι μηχανή είναι αυτή;

3.26 Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές;

- α. Μπορούμε να ψύξουμε το χώρο ενός θερμικά απομονωμένου δωματίου, αν ανοίξουμε την πόρτα ενός ψυγείου που λειτουργεί μέσα σ' αυτό.
- β. Είναι γενικώς αδύνατη η μεταφορά θερμότητας από ένα ψυχρότερο προς ένα θερμότερο σώμα.
- γ. Οι ψυκτικές μηχανές διαγράφουν θερμοδυναμικούς κύκλους με φορά αντίθετη από τη φορά των δεικτών του ρολογιού.
- δ. Το κλιματιστικό ψύξης μεταφέρει θερμότητα από μια ψυχρότερη δεξαμενή θερμοκρασίας (το δωμάτιο) προς το θερμότερο εξωτερικό περιβάλλον.

3.27 Ιδανική ψυκτική μηχανή, η οποία λειτουργεί ως ψυκτήρας, απορροφά θερμότητα Q_c από δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας με τη βοήθεια έργου $W_{ολ}$ που της προσφέρεται από το περιβάλλον και αποδίδει θερμότητα Q_h σε δεξαμενή υψηλότερης θερμοκρασίας. Ο συντελεστής επίδοσης της μηχανής αυτής είναι το πηλίκο:

$$\alpha. \frac{W_{ολ}}{Q_h} \quad \beta. \frac{|Q_c|}{|W_{ολ}|} \quad \gamma. \frac{|Q_h|}{|W_{ολ}|} \quad \delta. \frac{|Q_h|+Q_c}{|Q_h|}$$

Ασκήσεις και προβλήματα

3.28 Μια μηχανή Carnot απορροφά ανά κύκλο θερμότητα 500J και παράγει ανά κύκλο συνολικό έργο 400 J.

- α. Πόση είναι η θερμότητα που αποδίδει ανά κύκλο η μηχανή στη ψυχρή δεξαμενή;
- β. Ποιος είναι ο λόγος $\lambda = T_h/T_c$ των θερμοκρασιών T_h της θερμής δεξαμενής και T_c της ψυχρής.
- γ. Ποιος είναι ο ιδανικός συντελεστής απόδοσης της μηχανής;

$$\alpha. 100J, \beta. \lambda=5, \gamma. 0,8$$

3.29 Μηχανή Carnot εργάζεται μεταξύ των θερμοκρασιών $T_1=600\text{K}$, $T_2=400\text{K}$ αποδίδοντας ανά κύκλο θερμότητα 800J στη ψυχρή δεξαμενή.

α. Πόσο έργο παράγεται κατά τη διάρκεια της ισόθερμης εκτόνωσης;

β. Πόσο είναι το συνολικά παραγόμενο έργο;

γ. Ποιος είναι ο ιδανικός συντελεστής απόδοσης του κύκλου;

α. 1200J , β. 400J , γ. $1/3$

3.30 Σ' ένα κύκλο Carnot το παραγόμενο έργο κατά την ισόθερμη εκτόνωση είναι 1000J , ενώ κατά την αδιαβατική είναι 200J . Αν η απόδοση του κύκλου είναι 80% να βρεθούν:

α. Το συνολικό έργο της μηχανής

β. Τα έργα κατά την αδιαβατική και ισόθερμη συμπίεση.

γ. Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου στην αδιαβατική εκτόνωση.

α. 800J , β. -200J , γ. -200J , δ. -200J

3.31 Το αέριο μιας ιδανικής μηχανής Carnot απορροφά ανά κύκλο 6000J από δεξαμενή θερμοκρασίας $T_h=500\text{K}$ και αποδίδει θερμότητα Q_c σε δεξαμενή θερμοκρασίας $T_c=300\text{K}$. Να βρεθούν:

α. Η θερμότητα Q_c και το συνολικά παραγόμενο έργο ανά κύκλο.

β. Ο συντελεστής απόδοσης της μηχανής.

γ. Η ισχύς σε kW αν η μηχανή κάνει 10 κύκλους ανά 1sec .

α. -3600J , β. 2400J , γ. $0,4$, δ. 24kW

3.32 Ιδανικό αέριο με $\gamma=5/3$ κάνει μια αντιστρεπτή κυκλική διεργασία $AB\Gamma\Delta A$ που αποτελείται από μια ισοβαρή εκτόνωση AB , μια ισόχωρη ψύξη $B\Gamma$, μια ισοβαρή συμπίεση $\Gamma\Delta$ και μια ισόχωρη θέρμανση ΔA . Αν δίνονται $P_A=2,10^5\text{N/m}^2$, $V_A=3,10^{-3}\text{m}^3$, $T_A=300\text{K}$, $T_B=500\text{K}$, $T_\Gamma=250\text{K}$ και $T_\Delta=150\text{K}$ να υπολογιστούν:

α. Το συνολικά παραγόμενο έργο.

β. Η θερμότητα που απορροφά το αέριο κατά τη διάρκεια του κύκλου.

γ. Η απόδοση του κύκλου.

α. 200J , β. 1450J , γ. $4/29$

3.33 Ιδανικό αέριο κάνει μια αντιστρεπτή κυκλική διεργασία $AB\Gamma A$ που αποτελείται από μια αδιαβατική εκτόνωση AB , ισοβαρή συμπίεση $B\Gamma$ και ισόχωρη θέρμανση ΓA . Δίνονται ότι, το συνολικό έργο που παράγεται ανά κύκλο είναι 400J , η θερμότητα που αποβάλλεται κατά την ισοβαρή συμπίεση είναι 480J και η μείωση της εσωτερικής ενέργειας στη διεργασία $B\Gamma$ είναι 300J . Να υπολογιστούν:

α. Ο συντελεστής απόδοσης του κύκλου.

β. Το έργο που παράγεται κατά την αδιαβατική εκτόνωση.

α. $e=0,45$, β. 580J

3.34 Ιδανικό αέριο θερμαίνεται ισόχωρα από θερμοκρασία T σε θερμοκρασία $2T$, μετά εκτονώνεται ισόθερμα και τέλος επανέρχεται στην αρχική κατάσταση με μια ισοβαρή συμπίεση. Αν δίνεται για το αέριο ότι $\gamma=5/3$ και $\ln 2=0,7$, να βρεθεί η απόδοση της θερμικής μηχανής που εκτελεί τον αντίστοιχο κύκλο.

$e=4/29$

3.35 Ιδανικό αέριο, με $\gamma=5/3$, βρίσκεται σε αρχική κατάσταση Α με πίεση $P_A=4,10^5 \text{ N/m}^2$, όγκο $V_A=0,1 \text{ m}^3$, και απόλυτη θερμοκρασία T_A , εκτελεί την ακόλουθη κυκλική αντιστρεπτή διεργασία ΑΒΓΔΑ.

ΑΒ: Ισοβαρής εκτόνωση μέχρι όγκο $2V_A$.

ΒΓ: Ισόχωρη ψύξη μέχρι πίεση $P_A/4$.

ΓΔ: Ισοβαρής συμπίεση μέχρι όγκο V_A .

ΔΑ: Ισόχωρη θέρμανση μέχρι την αρχική κατάσταση.

α. Να παρασταθεί η διεργασία σε διαγράμματα P-V, P-T και V-T.

β. Να υπολογιστεί το συνολικό έργο ανά κύκλο.

γ. Να υπολογιστεί ο ιδανικός συντελεστής απόδοσης του κύκλου.

$$\beta. 0,3, 10^5 \text{ J}, \gamma. e=0,207$$

3.36 Ποσότητα ιδανικού αερίου, με $C_v=3R/2$, καταλαμβάνει αρχικά όγκο $V=0,2 \text{ m}^3$ και βρίσκεται υπό πίεση 10^5 N/m^2 και στη συνέχεια θερμαίνεται ισοβαρώς έως διπλασιασμό της θερμοκρασίας, ψύχεται ισόχωρα και επανέρχεται στην αρχική κατάσταση με μια ισόθερμη συμπίεση. Δίνεται $\ln 2=0,69$. Να υπολογιστούν:

α. Η πίεση στο τέλος της ισόχωρης διεργασίας.

β. Το συνολικό έργο.

γ. Ο ιδανικός συντελεστής απόδοσης του κύκλου.

δ. Ο ιδανικός συντελεστής απόδοσης μιας μηχανής Carnot η οποία θα εργαζότανε μεταξύ των ίδιων θερμοκρασιών.

$$\alpha. P=0,5, 10^5 \text{ N/m}^2 \quad \beta. W=6200 \text{ J} \quad \gamma. e=0,124 \quad \delta. e_c=0,5$$

3.37 Σε μηχανή Carnot, που χρησιμοποιεί ιδανικό αέριο με $\gamma=3/2$, ο όγκος του αερίου κατά την αδιαβατική εκτόνωση τετραπλασιάζεται. Ποιος είναι ο συντελεστής απόδοσης της μηχανής;

$$e=0,5$$

3.38 Ιδανικό αέριο βρίσκεται αρχικά στη κατάσταση Α, όπου $V_A=2,10^{-3} \text{ m}^3$, $P_A=8,10^5 \text{ N/m}^2$, $T_A=600 \text{ K}$ και εκτελεί τον ακόλουθο αντιστρεπτό θερμοδυναμικό κύκλο ΑΒΓΔΑ:

Εκτονώνεται ισόθερμα από την κατάσταση Α στην κατάσταση Β, με $V_B=4V_A$ μετά ψύχεται ισόχωρα έως την κατάσταση Γ με $T_\Gamma=300 \text{ K}$, στη συνέχεια συμπιέζεται ισόθερμα μέχρι την κατάσταση Δ, όπου $V_\Delta=V_A$ και τέλος επανέρχεται ισόχωρα στην αρχική κατάσταση. Να βρεθούν:

α. Η πίεση στην κατάσταση Δ.

β. Το συνολικά παραγόμενο έργο ανά κύκλο.

γ. Η θερμότητα που απορροφά το αέριο ανά κύκλο.

δ. Ο ιδανικός συντελεστής απόδοσης της κυκλικής διεργασίας.

Δίνονται $C_v=3R/2$ και $\ln 4=1,4$.

$$\alpha. P=4,10^5 \text{ N/m}^2, \quad \beta. W=1120 \text{ J}, \quad \gamma. Q_h=3440 \text{ J}, \quad \delta. e=0,33$$

3.39 Ιδανικό αέριο καταλαμβάνει αρχικά όγκο $V_A=0,1 \text{ m}^3$ και εκτελεί αντιστρεπτή διεργασία κατά την οποία η πίεση μεταβάλλεται ως προς τον όγκο σύμφωνα με τη σχέση $P=(2+40V), 10^5 \text{ N/m}^2$ έως ότου ο όγκος να γίνει $0,2 \text{ m}^3$. Στη συνέχεια ψύχεται ισόχωρα και επανέρχεται στην αρχική κατάσταση με μια ισοβαρή συμπίεση. Δίνεται $C_v=3R/2$.

α. Να σχεδιαστεί η διεργασία ΑΒΓΑ σε διάγραμμα P-V.

β. Να βρεθεί το συνολικό έργο ανά κύκλο;

γ. Να βρεθεί η θερμότητα που απορροφά το αέριο ανά κύκλο;

δ. Να βρεθεί ο ιδανικός συντελεστής απόδοσης του κύκλου;

$$\beta. 2,10^4 J, \gamma. 29,10^4 J, \delta. e=2/29$$

□3.40 Ιδανικό μονοατομικό αέριο ποσότητας $n=2/R$ moles βρίσκεται αρχικά στην κατάσταση A όπου $P_A=10^5 \text{ N/m}^2$ και $T_A=100\text{K}$ και θερμαίνεται ισόχωρα μέχρι την κατάσταση B, μετά εκτονώνεται αδιαβατικά μέχρι όγκο $V_B=8V_A$ και τέλος επανέρχεται στην αρχική κατάσταση με μια ισοβαρή συμπίεση.

α. Να γίνει το διάγραμμα P-V.

β. Να υπολογιστούν P_B και T_B και T_A .

γ. Να υπολογιστεί το ολικό έργο ανά κύκλο.

δ. Να υπολογιστεί ο συντελεστής απόδοσης.

Δίνονται $C_v=3R/2$ και $C_p=5R/2$.

$$\beta. 32,10^5 \text{ N/m}^2, 3200\text{K}, 800\text{K}, \gamma. 5800\text{J}, \delta. 0,62$$

□ 3.41 Ιδανικό μονοατομικό αέριο βρίσκεται σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας A με όγκο V_A και πίεση $P_A=10^6 \text{ N/m}^2$. Από την κατάσταση A υποβάλλεται στις εξής αντιστρεπτές διεργασίες.

AB: Ισοβαρής εκτόνωση μέχρι την κατάσταση ισορροπίας B με $V_B=4V_A$ κατά την οποία παράγει έργο $W_{AB}=3,10^3 \text{ J}$.

BΓ: Αδιαβατική εκτόνωση μέχρι την κατάσταση Γ με όγκο V_Γ και πίεση P_Γ με $\ln \frac{V_A}{V_\Gamma} = -5,25$.

ΓΑ: Ισόθερμη συμπίεση μέχρι την αρχική κατάσταση A.

Ζητούνται:

α. Ο όγκος V_A .

β. Ο λόγος των ενεργών ταχυτήτων $v_{\text{ενB}}/v_{\text{ενA}}$ στις καταστάσεις B και Γ.

γ. Η θερμότητα που απορροφά το αέριο στη διεργασία AB.

δ. Ο συντελεστής απόδοσης.

Δίνονται $C_v=3R/2$, $C_p=5R/2$.

$$\alpha. 10^{-3} \text{ m}^3, \beta. 2, \gamma. 7,5,10^3 \text{ J}, \delta. e=0,3$$

□3.42 Ποσότητα $n=10/R$ moles ιδανικού αερίου, όπου R η παγκόσμια σταθερά των αερίων, με $\gamma=5/3$, που βρίσκεται σε αρχική κατάσταση A (P_A, V_A, T_A) εκτελεί τον ακόλουθο θερμοδυναμικό κύκλο:

AB: ισόχωρη θέρμανση από πίεση P_A σε $3P_A$.

BΓ: ισοβαρή εκτόνωση από όγκο V_A σε $2V_A$.

ΓΔ: ισόχωρη ψύξη στην αρχική πίεση P_A .

ΔΑ: ισοβαρή συμπίεση στην αρχική κατάσταση.

α. Αν το αέριο απορροφά ανά κύκλο, θερμότητα 52.500 J να υπολογιστεί η θερμοκρασία T_0 .

β. Πόσο είναι το καθαρό έργο που παράγεται ανά κύκλο;

γ. Πόση είναι η απόδοση του κύκλου.

δ. Πόση θα ήταν η απόδοση μιας μηχανής Carnot που θα λειτουργούσε μεταξύ των ακραίων τιμών θερμοκρασίας του ανωτέρω κύκλου ABΓΔΑ;

$$\alpha. T_A=500\text{K} \beta. 10000\text{J}, \gamma. 19\%, \delta. 83,3\%$$

□3.43 Ιδανικό αέριο θερμικής μηχανής εκτελεί τον ακόλουθο αντιστρεπτό θερμοδυναμικό κύκλο ABΓΑ:

AB: Ισοβαρής εκτόνωση από πίεση $P_A=160 \text{ N/m}^2$ έως όγκο $V_B=8 \text{ m}^3$.

BΓ: Ισόχωρη ψύξη έως την κατάσταση Γ.

ΓΑ: αδιαβατική συμπίεση έως την αρχική κατάσταση κατά την οποία ισχύει $PV^\gamma = 160 \text{ N}\cdot\text{m}$ με $\gamma = 5/3$.

1) Να παρασταθεί η κυκλική διεργασία σε διάγραμμα P-V.

2) Να υπολογιστούν:

α. Το έργο σε κάθε επιμέρους διεργασία καθώς και το ολικό έργο.

β. Η θερμότητα που απορροφά το αέριο.

γ. Η απόδοση της μηχανής.

$$\alpha. 1120 \text{ J}, 0, -180 \text{ J}, W_{\text{ολ}} = 940 \text{ J}, \beta. 2800 \text{ J}, \gamma. 33,57\%$$

□3.44 Ιδανικό αέριο βρίσκεται σε αρχική κατάσταση ισορροπίας Α με θερμοδυναμικές μεταβλητές P_0, V_0, T_0 και εκτελεί τον ακόλουθο αντιστρεπτό θερμοδυναμικό κύκλο ΑΒΓΔΑ, που αποτελείται από τις εξής διεργασίες:

ΑΒ: Ισοβαρή εκτόνωση μέχρι θερμοκρασία $4T_0$.

ΒΓ: Ισόθερμη εκτόνωση μέχρι πίεση $P_0/3$.

ΓΔ: Ισοβαρή συμπίεση.

ΔΑ: Ισόθερμη συμπίεση μέχρι την αρχική κατάσταση.

1) Να παρασταθεί η διεργασία ΑΒΓΔΑ σε διαγράμματα P-V και P-T.

2) Να υπολογιστούν:

α. Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου από την κατάσταση Α έως την Γ.

β. Ο ιδανικός συντελεστής απόδοσης του κύκλου.

Δίνονται $nR=2$, όπου R η παγκόσμια σταθερά των αερίων, $T_0=600 \text{ K}$, $\gamma=5/3$ και $\ln 3=1,1$.

$$\alpha. \Delta U_{AG} = 5400 \text{ J}, \beta. e = 0,277$$

□3.45 Ιδανικό αέριο βρίσκεται αρχικά σε κατάσταση Α με $V_A = 0,2 \text{ m}^3$ και $P_A = 3,2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Το αέριο εκτελεί τις εξής διεργασίες:

ΑΒ: Ισοβαρή εκτόνωση μέχρι τετραπλασιασμό της θερμοκρασίας.

ΒΓ: Αδιαβατική εκτόνωση.

ΓΑ: Ισόθερμη συμπίεση μέχρι την αρχική κατάσταση.

Να γίνει το διάγραμμα P-V και να υπολογιστούν:

α. Οι όγκοι V_B και V_Γ και η πίεση P_Γ .

β. Η θερμότητα που απορροφά το αέριο και το συνολικό έργο που παράγεται ανά κύκλο.

γ. Ο ιδανικός συντελεστής απόδοσης του κύκλου.

Δίνεται $\ln(1/32) = -\ln 32 = -5\ln 2 = -3,5$.

$$\alpha. 0,8 \text{ m}^3, 6,4 \text{ m}^3, 10^4 \text{ N/m}^2, \beta. 3,84 \cdot 10^5 \text{ J}, 1,6 \cdot 10^5 \text{ J} \gamma. e = 0,41$$

□3.46 Ιδανικό αέριο μάζας $n=1/R$ moles, όπου R η παγκόσμια σταθερά των αερίων, διαγράφει τον ακόλουθο αντιστρεπτό θερμοδυναμικό κύκλο ΑΒΓΑ. ΑΒ: ισόχωρη θέρμανση, ΒΓ: Αδιαβατική εκτόνωση και ΓΑ ισοβαρή συμπίεση. Δίνονται ότι κατά την αδιαβατική εκτόνωση ΒΓ ισχύει $T, V^{\gamma-1} = 1600$ με $\gamma=3/2$, $V_A=4 \text{ m}^3$ και $T_\Gamma=400 \text{ K}$. Να υπολογιστούν:

α. Οι θερμοκρασίες στις καταστάσεις Α και Β.

β. Το συνολικά παραγόμενο έργο ανά κύκλο.

γ. Η θερμότητα που απορροφά το αέριο ανά κύκλο.

δ. Ο ιδανικός συντελεστής απόδοσης του κύκλου.

$$\alpha. T_A = 100 \text{ K}, T_B = 800 \text{ K}, \beta. W_{\text{ολ}} = 500 \text{ J}, \gamma. Q = 1400 \text{ J}, \delta. e = 0,357$$

□3.47 Ιδανικό αέριο που αρχικά βρίσκεται σε πίεση P_0 , καταλαμβάνει όγκο V_0 και έχει θερμοκρασία T_0 εκτελεί κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή ΑΒΓΑ η οποία αποτελείται από τις ακόλουθες επιμέρους μεταβολές.

ΑΒ Ισοβαρής εκτόνωση μέχρι τη θερμοκρασία $4T_0$.

ΒΓ: Αδιαβατική εκτόνωση μέχρι την αρχική θερμοκρασία, στην οποία δίνεται ότι $V_{\Gamma}=32V_0$.

ΓΑ: Ισόθερμη συμπίεση μέχρι την αρχική κατάσταση.

α. Να σχεδιαστεί η διεργασία σε διάγραμμα P–V και να υπολογιστεί το πηλίκο, $\gamma=C_p/C_v$.

β. Να υπολογιστεί ο ιδανικός συντελεστής απόδοσης του κύκλου. Δίνεται $\ln 2=0,7$.

$$\alpha. \gamma=5/3, \beta. e=8/15$$

3.48 Ποσότητα ιδανικού αερίου, με $\gamma=3/2$, που βρίσκεται αρχικά στη κατάσταση Α με $P_A=10^5 \text{ N/m}^2$, $V_A=0,01 \text{ m}^3$, και $T_A=200 \text{ K}$, εκτελεί τον ακόλουθο αντιστρεπτό θερμοδυναμικό κύκλο ΑΒΓΔΑ.

ΑΒ: Ισοβαρής εκτόνωση έως $T_B=1000 \text{ K}$

ΒΓ: Αδιαβατική εκτόνωση έως $T_{\Gamma}=250 \text{ K}$.

ΓΔ: Ισόχωρη ψύξη έως $T_{\Delta}=T_A$.

ΔΑ: Ισόθερμη συμπίεση μέχρι την αρχική κατάσταση.

Να υπολογιστούν:

α. Οι όγκοι V_B και V_{Γ} .

β. Ο ιδανικός συντελεστής απόδοσης του κύκλου.

Δίνεται $\ln 80=4,38$.

$$\alpha. V_B=0,05 \text{ m}^3, V_{\Gamma}=0,8 \text{ m}^3, \beta. 0,593$$

□3.49 Ιδανική θερμική μηχανή χρησιμοποιεί ιδανικό αέριο που εκτελεί τον ακόλουθο αντιστρεπτό θερμοδυναμικό κύκλο ΑΒΓΑ που αποτελείται από αδιαβατική εκτόνωση ΑΒ, ισόχωρη ψύξη ΒΓ, αδιαβατική συμπίεση ΓΔ και ισόχωρη θέρμανση ΔΑ. Αν ο κύκλος γίνεται μεταξύ των όγκων V_1 , V_2 με $V_1/V_2=\lambda=1/8$ να απεικονιστεί σε διάγραμμα (P–V) και να υπολογιστεί ο ιδανικός συντελεστής απόδοσης. Δίνεται $\gamma=5/3$. (Μηχανή Otto)

$$e=3/4$$

□3.50 Ιδανική θερμική μηχανή χρησιμοποιεί ιδανικό αέριο που εκτελεί τον ακόλουθο αντιστρεπτό κύκλο, ΑΒΓΔΑ.

ΑΒ: Ισοβαρής εκτόνωση υπό πίεση P_1 .

ΒΓ: Αδιαβατική εκτόνωση έως πίεση P_2 .

ΓΔ: Ισοβαρής συμπίεση υπό πίεση P_2 .

ΔΑ: Αδιαβατική συμπίεση μέχρι την αρχική κατάσταση.

Αν δίνεται ότι, $P_1=8P_2$, και $\gamma=3/2$ να υπολογιστεί ο ιδανικός συντελεστής απόδοσης του κύκλου.

$$e=0,5$$