

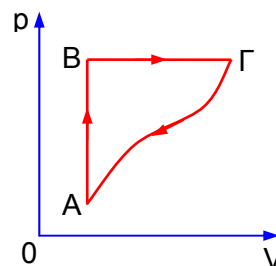
Φυσική Β' Λυκείου

Συγγραφείς : Δρύς κ.λ.π.

Κεφ 2. Θερμοδυναμική

Άσκηση 1

Ιδανικό αέριο εκτελεί διαδοχικά τις αντιστρεπτές μεταβολές AB, ΒΓ, ΓΑ που παριστάνονται στο διάγραμμα $p - V$ του σχήματος.



(α) Αν δίνονται $Q_{ABΓ} = 30\text{J}$ και $W_{BΓ} = 20\text{J}$, να βρεθεί η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου $\Delta U_{ABΓ}$, κατά τη μετάβαση του από την κατάσταση Α στην κατάσταση Γ.

(β) Αν κατά τη μεταβολή ΓΑ μεταφέρεται θερμότητα 22J από το αέριο στο περιβάλλον, να βρεθεί το έργο $W_{ΓΑ}$.

Άσκηση 2

Ποσότητα ιδανικού αερίου βρίσκεται αρχικά στην κατάσταση ισορροπίας $A(p_0, V_0, T_0)$ και ψύχεται ισόχωρα μέχρι θερμοκρασία $T_0/2$. Κατόπιν εκτονώνεται ισοβαρώς μέχρι τη θερμοκρασία T_0 . Στη συνέχεια, θερμαίνεται ισόχωρα μέχρι τη θερμοκρασία $3T_0/2$ και τέλος συμπιέζεται ισοβαρώς, μέχρι την αρχική θερμοκρασία T_0 .

(α) Να παρασταθούν σε διάγραμμα $p - V$ οι μεταβολές που εκτέλεσε το αέριο.

(β) Να αποδειχθεί ότι για την συνολική μεταβολή είναι $W_{ολ} = 0$.

Άσκηση 3

Ποσότητα ιδανικού αερίου εκτονώνεται ισόθερμα αντιστρεπτά από όγκο $V_1 = 0,20\text{m}^3$ σε όγκο $V_2 = 0,80\text{m}^3$. Στην τελική κατάσταση η πίεση είναι $p_2 = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$. Να υπολογισθεί η θερμότητα που μεταφέρθηκε στο αέριο από το περιβάλλον $\ln 2 = 0,69$.

Άσκηση 4

Ποσότητα ύλης $n = 10,0 \text{ mol}$ ιδανικού αερίου, που βρίσκεται σε θερμοκρασία 27°C , εκτονώνεται ισοβαρώς μέχρι το διπλάσιο όγκο. Να βρεθούν :

(α) Η τελική θερμοκρασία του αερίου.

(β) Το ποσό θερμότητας που προσφέρθηκε στο αέριο.

(γ) Το έργο που παρήγαγε το αέριο.

(δ) Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου.

Δίνονται : $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$, $C_p = 20,8 \text{ J/mol.K}$

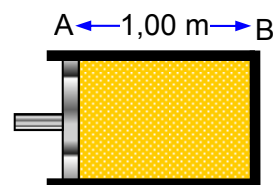
Άσκηση 5

Δοχείο με αμελητέα θερμοχωρητικότητα, αδιαβατικά και άκαμπτα τοιχώματα περιέχει 2,0 mol μονατομικού ($\gamma=5/3$) ιδανικού αερίου, θερμοκρασίας 300K. Μέσα στο δοχείο υπάρχει αντιστάτης, που διαρρέεται από ρεύμα 1,0 A. Αν σε χρόνο 30s η θερμοκρασία του αερίου γίνει 400K, να υπολογισθεί η αντίσταση r του αντιστάτη. $R = 8,3 \text{ J/mol.K}$.

(Σημ: Σύμφωνα με το νόμο Joule, το ποσό θερμότητας που εκλύεται από αντιστάτη αντίστασης r , σταθερής θερμοκρασίας, στο περιβάλλον του σε χρόνο t , δίνεται από τη σχέση: $Q = I^2 \cdot r \cdot t$).

Άσκηση 6

Τα τοιχώματα και το έμβολο του δοχείου του σχήματος είναι θερμομονωτικά. Το έμβολο ισορροπεί στη θέση A και μπορεί να κινείται χωρίς τριβές. Όταν το έμβολο είναι στη θέση A, ο όγκος του αερίου που περιέχεται στο δοχείο είναι 1,00L. Πόση ενέργεια θα καταναλώσει ένας άνθρωπος για να μετακινήσει αργά - αργά το έμβολο μέχρι να γίνει ο όγκος του αερίου 0,250L; Δίνεται η ατμοσφαιρική πίεση $1,00 \times 10^5 \text{ Pa}$ και για το αέριο $C_p = 3 \cdot R$.



Άσκηση 7

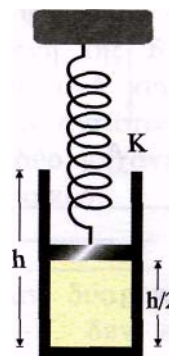
Δοχείο ύψους $h = 1\text{m}$ και διατομής $A = 10^{-3} \text{ m}^2$ περιέχει ιδανικό μονατομικό αέριο ($\gamma=5/3$). Το έμβολο έχει βάρος $B = 50\text{N}$ και ισορροπεί στη θέση που φαίνεται στο σχήμα. Τότε το ελατήριο σταθεράς $k = 100\text{N/m}$ βρίσκεται στο φυσικό του μήκος. Επίσης, η εξωτερική ατμοσφαιρική πίεση είναι $p_0 = 10^5 \text{ N/m}^2$. Θερμαίνουμε το αέριο μέχρι να διπλασιαστεί πολύ αργά ο όγκος του.

(α) Να παραστήσετε γραφικά σε άξονες $p - V$ τη μεταβολή του αερίου (θεωρείται αντιστρεπτή).

(β) Να υπολογίσετε το έργο που παράχθηκε από το αέριο.

(γ) Να υπολογίσετε τη θερμότητα που προσφέρθηκε στο αέριο.

Οι απαντήσεις να δοθούν με τρία σημαντικά ψηφία.



Άσκηση 8

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

(i) ισόχωρη θέρμανση $A \rightarrow B$, (ii) ισόθερμη εκτόνωση $B \rightarrow \Gamma$

(iii) ισοβαρή συμπίεση $\Gamma \rightarrow A$

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

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

Άσκηση 9

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

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

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

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

Άσκηση 10

Το αέριο μιας θερμικής μηχανής εκτελεί αντιστρεπτή κυκλική μεταβολή, που αποτελείται τις παρακάτω επιμέρους μεταβολές.

(i) Ισόχωρη θέρμανση από την κατάσταση A (p_0, V_0, T_0) μέχρι την κατάσταση B, όπου η θερμοκρασία είναι $2T_0$.

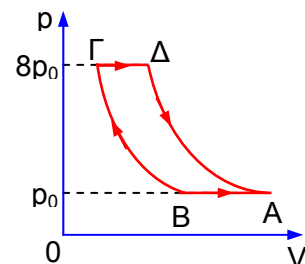
(ii) Αδιαβατική εκτόνωση $B \rightarrow \Gamma$

(iii) Ισόθερμη $\Gamma \rightarrow A$

Αν $\ln 2 = 0,69$, να βρεθεί η απόδοση της μηχανής

Άσκηση 11

Το αέριο ($\gamma = 1,5$) μιας θερμικής μηχανής εκτελεί τον κύκλο του σχήματος, που αποτελείται από δυο ισοβαρείς και δύο αδιαβατικές μεταβολές. Να υπολογισθεί ο συντελεστής απόδοσης της μηχανής.



Άσκηση 12

Το αέριο μηχανής εκτελεί κυκλική μεταβολή που αποτελείται από τις παρακάτω αντιστρεπτές μεταβολές.

(i) Ισοβαρή εκτόνωση από την κατάσταση A ($p_A = 160 \text{ Pa}$) σε κατάσταση B ($V_B = 8 \text{ m}^3$).

(ii) Ισόχωρη ψύξη $B \rightarrow \Gamma$

(iii) Αδιαβατική συμπίεση $\Gamma \rightarrow A$

Για την μεταβολή ΓA δίνεται $pV^\gamma = 160 \text{ N} \cdot \text{m}^3$

(α) Να βρεθεί ο λόγος γ των ειδικών γραμμομοριακών θερμοτήτων του αερίου.

(β) Να υπολογισθεί το έργο και η θερμότητα για κάθε επιμέρους μεταβολή.

(γ) Να βρεθεί η απόδοση της μηχανής.

Άσκηση 13

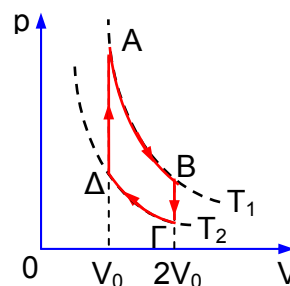
Το αέριο μηχανής εκτελεί κυκλική μεταβολή που αποτελείται από τις παρακάτω επιμέρους αντιστρεπτές μεταβολές.

- (i) Ισοβαρή εκτόνωση από την κατάσταση A (p_0, V_0, T_0) στην κατάσταση B ($V_B = 3V_0$).
- (ii) Ισόχωρη ψύξη από την κατάσταση B στην κατάσταση Γ ($T_\Gamma = T_0$).
- (iii) Ισοβαρής συμπίεση ΓΔ.
- (iv) Ισόχωρη θέρμανση ΔΑ.

Ο συντελεστής απόδοσης του κύκλου είναι $2/13$. Να βρεθεί ο λόγος γ των ειδικών θερμοτήτων του αερίου.

Άσκηση 14

Να βρεθεί η απόδοση μηχανής της οποίας το αέριο ($\gamma = 1,4$) εκτελεί τον κύκλο του σχήματος. Δίνεται ότι η απόδοση της μηχανής Carnot, που λειτουργεί μεταξύ των ίδιων ισόθερμων T και T_2 είναι 50%. Δίνεται $\ln 2 = 0,69$.



Άσκηση 15

Η θερμοκρασία της θερμής δεξαμενής μιας μηχανής Carnot είναι 500K και της ψυχρής δεξαμενής 300K. Το αέριο σε κάθε κύκλο απορροφά από την θερμή δεξαμενή 6000J. Να βρεθούν

- (α) Η θερμότητα που αποβάλλει το αέριο σε κάθε κύκλο στην ψυχρή δεξαμενή.
- (β) Ο συντελεστής απόδοσης της μηχανής.
- (γ) Η ισχύς της μηχανής σε kW, αν εκτελεί 10 κύκλους/s.

Άσκηση 16

Δύο μηχανές συνδέονται έτσι ώστε, το ποσό θερμότητας που αποδίδει η πρώτη να χρησιμοποιείται για τη λειτουργία της δεύτερης. Ο συντελεστής απόδοσης της πρώτης μηχανής είναι $e_1 = 0,40$ και της δεύτερης $e_2 = 0,20$. Να βρεθεί ο συντελεστής απόδοσης του συστήματος των μηχανών.

Άσκηση 17 (OXI)

Η θερμή δεξαμενή μιας μηχανής Carnot έχει θερμοκρασία T_θ και η ψυχρή δεξαμενή έχει θερμοκρασία $T_\psi = 300\text{K}$. Κατά την ισόθερμη εκτόνωση το αέριο απορροφά θερμότητα $Q_\theta = 2000\text{J}$ και αυξάνει την εντροπία του κατά $\Delta S = 4\text{ J/K}$. Να βρεθούν:

- (α) Η απόδοση της μηχανής.
- (β) Το έργο που παράγει σε κάθε κύκλο το αέριο.
- (γ) Η μεταβολή της εντροπίας του αερίου κατά την ισόθερμη συμπίεση.

Άσκηση 18

Θερμική μηχανή χρησιμοποιεί 0,500mol ιδανικού αερίου με $\gamma = 1,40$. Το αέριο εκτελεί κύκλο που αποτελείται από τις παρακάτω αντιστρεπτές μεταβολές:

- (i) Ισοβαρή εκτόνωση από 300K σε 1200K.
- (ii) Αδιαβατική εκτόνωση μέχρι να επανέλθει σε θερμοκρασία 300K.
- (iii) Ισόθερμη συμπίεση.

Να βρεθούν :

- (α) Η θερμότητα σε κάθε μεταβολή.
- (β) Η απόδοση της μηχανής.
- (γ) Η ισχύς της μηχανής αν εκτελεί 10 κύκλους/s.

(δ) Η μεταβολή της εντροπίας του αερίου κατά την ισόβαρη εκτόνωση.

$R = 8,31 \text{ J/mol.K}$, $\ln 2 = 0,693$

Άσκηση 19

Ιδανικό αέριο εκτελεί κυκλική μεταβολή , που αποτελείται από τις παρακάτω αντιστρεπτές μεταβολές :

- (i) Ισόθερμη εκτόνωση από την κατάσταση A (p_0, V_0, T_0) , ως την κατάσταση B ($V_B = 4 V_0$).
- (ii) Ισόχωρη ψύξη $B \rightarrow \Gamma$.
- (iii) Αδιαβατική συμπίεση $\Gamma \rightarrow A$.

Να βρεθούν:

- (α) Το συνολικό έργο που παράγει το αέριο κατά την κυκλική μεταβολή.

(β) Η μεταβολή της εντροπίας του αερίου κατά την ισόχωρη ψύξη.

Δίνονται : $p_0 = 8,0 \times 10^4 \text{ Pa}$, $V_0 = 2,0 \text{ m}^3$, $T_0 = 300\text{K}$, $\gamma = 1,5$ και $\ln 2 = 0,69$.

Άσκηση 20

Ιδανικό αέριο βρίσκεται αρχικά στην κατάσταση A (p_0, V_0, T_0) και εκτονώνεται ισόθερμα μέχρι όγκο $2V_0$. Στη συνέχεια θερμαίνεται ισόχωρα μέχρι να γίνει η πίεση του $2p_0$. Να βρεθεί η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου για τη συνολική μεταβολή.

Δίνονται: $n = 2,0\text{mol}$, $T_0 = 500\text{K}$, $R = 8,3 \text{ J/mol.K}$, $\gamma = 5/3$.

[Απ. 12450J]

Άσκηση 21

Ιδανικό αέριο βρίσκεται στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας A (p_A, V_A, T_A) με $V_A = 0,200\text{m}^3$ και $T_A = 320\text{K}$. Το αέριο εκτονώνεται αντιστρεπτά μέχρι την κατάσταση B (p_B, V_B, T_B), με $V_B = 0,500\text{m}^3$. Αν η αντιστρεπτή μεταβολή AB περιγράφεται απ' τον εμπειρικό νόμο

$$p = (-5 V + 3,5) \cdot 10^5 \quad (\text{Το } V \text{ είναι σε } \text{m}^3 \text{ και το } p \text{ σε Pa})$$

να βρεθούν :

(α) Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου.

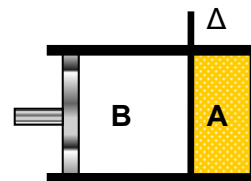
(β) Η θερμότητα που απορρόφησε το αέριο,

(γ) Η μεταβολή της εντροπίας του αερίου.

Δίνονται $\ln 2 = 0,693, \ln 5 = 1,61$.

Άσκηση 22

Τα τοιχώματα και το έμβολο του δοχείου του σχήματος είναι θερμομονωτικά. Ένα διάφραγμα Δ χωρίζει το δοχείο σε δύο μέρη A, B. Στο A περιέχεται αέριο σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας (p_0, V_0, T_0). Το μέρος B είναι κενό και ο όγκος του είναι $3V_0$. Αφαιρούμε απότομα το διάφραγμα και μετά από λίγο αρχίζουμε να πιέζουμε το έμβολο, ώστε αυτό αργά-αργά να έλθει στη θέση που ήταν το διάφραγμα. Να βρεθούν :



(α) Η τελική πίεση και θερμοκρασία.

(β) Η μεταβολή της εντροπίας του αερίου για τη συνολική μεταβολή.

Δίνονται : $p_0 = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}, V_0 = 1,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3, T_0 = 300\text{K}, \gamma = 1,5, \ln 2 = 0,69$.

Άσκηση 23

Πόση θερμότητα πρέπει να προσφερθεί, ισοβαρώς, σε 1 mol αερίου με $\gamma = 1,4$, που βρίσκεται στους 27°C ώστε να διπλασιαστεί η ενεργός τιμή των ταχυτήτων των μορίων ; $R = 8,314 \text{ J/mol.K}$

Η απάντηση να δοθεί με 4 σημαντικά ψηφία.

Άσκηση 24

Ιδανικό αέριο εκτονώνεται αδιαβατικά μέχρι να οκταπλασιαστεί ο όγκος του. Αν η ενεργός ταχύτητα u_r των μορίων υποδιπλασιάστηκε, να βρεθούν:

(α) Ο λόγος γ των ειδικών γραμμομοριακών θερμοτήτων του αερίου.

(β) Η μεταβολή ΔS της εντροπίας του αερίου.

Άσκηση 25

Δύο δοχεία ίδιου όγκου επικοινωνούν με σωλήνα αμελητέου όγκου που φέρει στρόφιγγα. Το ένα δοχείο περιέχει 1,00mol He και το άλλο 1,00mol H₂ στην ίδια θερμοκρασία. Ανοίγουμε κατόπιν την στρόφιγγα και τα αέρια αναμιγνύονται. Αν τα τοιχώματα των δοχείων είναι θερμομονωτικά, να βρεθούν για το σύστημα των αερίων :

(α) Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας.

(β) Η μεταβολή της εντροπίας. $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$, $\ln 2 = 0,693$.

Άσκηση 26

Δοχείο με θερμομονωτικά τοιχώματα χωρίζεται με διάφραγμα σε δύο διαμερίσματα A, B, με όγκους $V_B = 2V_A$. Στο A περιέχεται 1,00mol He σε πίεση $p_1 = 1,00\text{atm}$ και θερμοκρασία $T_1 = 300\text{K}$. Στο B περιέχεται 1,00mol H₂ σε πίεση $p_2 = 1,00\text{atm}$.

(α) Ποια η θερμοκρασία T_2 του H₂ στο B διαμέρισμα ;

(β) Ποια η τελική θερμοκρασία T και η τελική πίεση p του μίγματος που θα προκύψει, αν αφαιρέσουμε το διάφραγμα;

Για το He είναι $\gamma_1 = 5/3$ και για το H₂ $\gamma_2 = 1,4$.

Άσκηση 27

Σε δοχείο περιέχεται , μίγμα ίσων ποσοτήτων ύλης (σε mol) He ($f_1 = 3$) και H₂ ($f_2 = 5$). Να βρεθεί ο λόγος $\gamma = C_p/C_v$ για το μίγμα των αερίων. $\left(\gamma = \frac{f+2}{f} \right)$

Άσκηση 28

Υποθέτουμε ότι ένα αέριο εκτελεί αντιστρεπτή μεταβολή με νόμο $\frac{p}{V} = \text{σταθ.}$

Δείξτε ότι η ειδική γραμμομοριακή θερμότητα για την παραπάνω μεταβολή είναι : $C = \frac{C_p + C_v}{2}$

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

- 1) (α) 10 J, (β) -12 J
- 2) -
- 3) $1,1 \times 10^5$ J
- 4) (α) 600 K, (β) 62400 J, (γ) 24930 J
(δ) 37470 J
- 5) 83 Ω
- 6) 125 J
- 7) (β) 87,5 J, (γ) 275 J
- 8) (β) 370 J
- 9) (β) 45 J
- 10) 31%
- 11) 0,5
- 12) (α) $\gamma = 5/3$,
(β) $W_{AB} = 1120$ J, $W_{BG} = 0$, $W_{GA} = -180$ J,
 $Q_{AB} = 2800$ J, $Q_{BG} = -1860$ J, $Q_{GA} = 0$
(γ) 33,6%
- 13) $f = 5$
- 14) 18%
- 15) (α) 3600 J, (β) 0,4, (γ) 24 KW
- 16) 0,52
- 17) (α) 40%, (β) 800 J, (γ) -4 J/K
- 18) (α) 13 100 J, 0, -6050 J, (β) 53,8%
(δ) 70,5 KW, (δ) 20,2 J/K
- 19) (α) $6,1 \times 10^4$ J, (β) -740 J/K
- ~~20) 46 J/K~~
- 21) (α) 0, (β) 52 500 J, (γ) 143 J/K
- 22) (α) $2,0 \times 10^5$ Pa, 600 K, (β) 0,46 J/K
- 23) 26 190 J
- 24) (α) $f = 3$, (β) $\Delta S = 0$
- 25) (α) 0, (β) 11,5 J/K
- 26) (α) 600 K, (β) 488 K, 1,08 atm
- 27) 1,5
- 28) -