

Θερμοδυναμική – κινητική θεωρία

1 Νόμοι αερίων

1.1 Αέριο βρίσκεται σε κατάσταση Α με πίεση $P_A = 4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ και όγκο $V_A = 3 \text{ L}$. Διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία διπλασιάζουμε τον όγκο, $V_B = 6 \text{ L}$.

- α) Προσδιορίστε το είδος της μεταβολής και γράψτε το νόμο που ισχύει
- β) Βρείτε την πίεση στην κατάσταση Β
- γ) Αν $n = \frac{3}{R}$ είναι τα mole του αερίου, να βρείτε την απόλυτη θερμοκρασία T
- δ) Να γίνουν τα διαγράμματα P - V , P - T , V - T .

1.2 Μια ποσότητα $n = \frac{2}{R}$ mole ιδανικού αερίου βρίσκεται σε κατάσταση Α με πίεση $P_A = 3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ και απόλυτη θερμοκρασία $T_A = 300 \text{ K}$. Διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία το αέριο μεταβαίνει στην κατάσταση Β όπου $V_B = 4 \text{ L}$.

- α) Να βρείτε τον όγκο V_A
- β) Να βρείτε την P_B
- γ) Να γίνουν τα διαγράμματα P - V , P - T , V - T .

1.3 Αέριο περιέχεται σε δοχείο σταθερού όγκου $V = 2 \text{ L}$. Αρχικά βρίσκεται στην κατάσταση Α με πίεση $P_A = 4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ και θερμοκρασία $\theta_A = 127^\circ \text{C}$ και μεταβαίνει στην κατάσταση Β όπου η πίεση είναι διπλάσια.

- α) Προσδιορίστε το είδος της μεταβολής και γράψτε το νόμο που ισχύει
- β) Βρείτε τη θερμοκρασία στην κατάσταση Β
- γ) Βρείτε τον αριθμό των mole
- δ) Να γίνουν τα διαγράμματα P - V , P - T , V - T .

1.4 Μια ποσότητα $n = \frac{2}{R}$ mole ιδανικού αερίου βρίσκεται σε κατάσταση Α με πίεση $P_A = 3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ και απόλυτη θερμοκρασία $T_A = 300 \text{ K}$. Διατηρώντας σταθερό τον όγκο, το αέριο μεταβαίνει στην κατάσταση Β όπου $T_B = 400 \text{ K}$.

- α) Προσδιορίστε το είδος της μεταβολής και γράψτε το νόμο που ισχύει
- β) Βρείτε τον όγκο V_A
- γ) Να βρείτε την P_B

δ) Να γίνουν τα διαγράμματα P-V, P-T, V-T.

1.5 Αέριο βρίσκεται σε κατάσταση A με απόλυτη θερμοκρασία $T_A=300\text{ K}$ και όγκο $V_A=3\text{ L}$. Διατηρώντας σταθερή την πίεση διπλασιάζουμε τον όγκο, $V_B=6\text{ L}$

α) Προσδιορίστε το είδος της μεταβολής και γράψτε το νόμο που ισχύει

β) Βρείτε την απόλυτη θερμοκρασία στην κατάσταση B

γ) Αν $n = \frac{2}{R}$ είναι τα mole του αερίου, να βρείτε την πίεση

δ) Να γίνουν τα διαγράμματα P-V, P-T, V-T.

1.6 Μια ποσότητα $n = \frac{3}{R}$ mole ιδανικού αερίου βρίσκεται σε κατάσταση A με πίεση $P_A=3 \cdot 10^5\text{ N/m}^2$ και απόλυτη θερμοκρασία $T_A=400\text{ K}$. Διατηρώντας σταθερή την πίεση το αέριο μεταβαίνει στην κατάσταση B όπου $T_B=300\text{ K}$.

α) Προσδιορίστε το είδος της μεταβολής και γράψτε το νόμο που ισχύει

β) Βρείτε τον όγκο V_A

γ) Να βρείτε την P_B

δ) Να γίνουν τα διαγράμματα P-V, P-T, V-T.

Οι ασκήσεις 1.7 ως 1.12 είναι από τη συνεργασία μου με τον Παντελή Κρασαδάκη.

1.7 Ένα δοχείο σταθερού όγκου περιέχει ένα ιδανικό αέριο $n=1\text{ mole}$, σε θερμοκρασία $T_1=300\text{ K}$ και σε πίεση $P_1=5 \times 10^5\text{ N/m}^2$. Αφού τοποθετήσουμε το δοχείο αυτό μέσα σε ένα υγρό σταθερής θερμοκρασίας και αποκαθίσταται η θερμική ισορροπία, η πίεση του αερίου διπλασιάζεται.

Να υπολογίσετε τη θερμοκρασία του αερίου μετά την τοποθέτηση του δοχείου στο υγρό.

1.8 Έχουμε ένα αέριο σταθερού όγκου $V=8\text{ L}$, σε θερμοκρασία $T_A=300\text{ K}$ και πίεση $P_A=1,5 \times 10^5\text{ N/m}^2$.

α) Βρείτε τον αριθμό των mol του αερίου (ως συνάρτηση της σταθεράς R)

β) Έπειτα θερμαίνουμε το αέριο μέχρι να αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά $\Delta T=100\text{ K}$.

Να βρεθεί η πίεση που θα αποκτήσει το αέριο.

1.9 Ένα ιδανικό αέριο έχει όγκο $V_A=10\text{ L}$, πίεση $P_A=2 \times 10^5\text{ N/m}^2$ και θερμοκρασία

$T_A=300\text{ K}$. Το αέριο θερμαίνεται με σταθερή πίεση μέχρι να διπλασιαστεί ο όγκος, $V_B=2V_A$. Στη συνέχεια μειώνεται η θερμοκρασία του με σταθερό όγκο μέχρι την $T_F=200\text{ K}$.

- α) Να χαρακτηρίσετε τις μεταβολές
- β) Να βρείτε τη θερμοκρασία T_B και την πίεση P_T
- γ) Να γίνουν τα διαγράμματα P-V , P-T και V-T.

1.10 Έχουμε ένα αέριο όγκου V_0 , πίεσης P_0 και θερμοκρασίας T_0 . Το αέριο ακολουθεί τις εξής διαδοχικές μεταβολές. Στην αρχή τετραπλασιάζεται η πίεση του με σταθερή θερμοκρασία . Μετά διπλασιάζεται ο όγκος του έχοντας σταθερή πίεση και τέλος υποδιπλασιάζεται η θερμοκρασία του αερίου ,διατηρώντας σταθερό τον όγκο του .

- α) Να υπολογίσετε την θερμοκρασία , την πίεση και τον όγκο του αερίου μετά από κάθε μεταβολή σε συνάρτηση των αρχικών T_0 , P_0 και V_0 αντίστοιχα
- β) Να γίνουν τα διαγράμματα P-V , P-T και V-T.

1.11 Σε ένα ιδανικό αέριο $n = \frac{2}{R}$ mol , με όγκο V_1 , θερμοκρασία $T_1 = 400$ K και πίεση

$P_1 = 5 \times 10^5$ N/m² ,διπλασιάζεται η πίεση του ,διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία του , ενώ στη συνέχεια μειώνεται η θερμοκρασία του κατά 100 K , διατηρώντας σταθερό τον όγκο του.

Να υπολογιστούν :

- α) Ο αρχικός όγκος V_1 του αερίου
- β) Ο τελικός όγκος του αερίου
- γ) Η τελική πίεση του αερίου

1.12 Ένα αέριο βρίσκεται στην κατάσταση Α όπου έχει όγκο $V_A = 8$ L , πίεση $P_A = 2 \times 10^5$ N/m² και η θερμοκρασία του είναι $T_A = 200$ K . Το αέριο ακολουθεί τις εξής διαδοχικές μεταβολές :

Πρώτα συμπίεζεται με σταθερή θερμοκρασία ως την κατάσταση Β όπου ο όγκος του έχει υποδιπλασιαστεί . Στη συνέχεια θερμαίνεται με σταθερή πίεση ως την κατάσταση Γ, μέχρι να ξαναποκτήσει όγκο V_A .Τέλος ψύχεται με σταθερό όγκο μέχρι να έχει πάλι θερμοκρασία T_A .

- α) Να υπολογιστούν για κάθε μεταβολή , ο όγκος , η πίεση και η θερμοκρασία του αερίου.
- β) Να γίνουν τα διαγράμματα P-V , P-T και V-T.

1.13 Μια ποσότητα $n = \frac{2}{R}$ mole ιδανικού αερίου βρίσκεται σε κατάσταση Α με πίεση $P_A = 2 \cdot 10^5$ N/m² και απόλυτη θερμοκρασία $T_A = 400$ K. Διατηρώντας σταθερή την πίεση το

αέριο μεταβαίνει στην κατάσταση Β όπου $T_B = 600 \text{ K}$. Στη συνέχεια εκτονώνεται ισόθερμα μέχρι την κατάσταση Γ όπου ο όγκος είναι διπλάσιος από τον όγκο στην κατάσταση Β. Από εκεί συμπιέζεται ισοβαρώς μέχρι την κατάσταση Δ, από την οποία με ισόθερμη συμπίεση καταλήγει πάλι στην Α.

α) Να βρείτε τις επιμέρους πιέσεις, όγκους και απόλυτες θερμοκρασίες σε κάθε κατάσταση

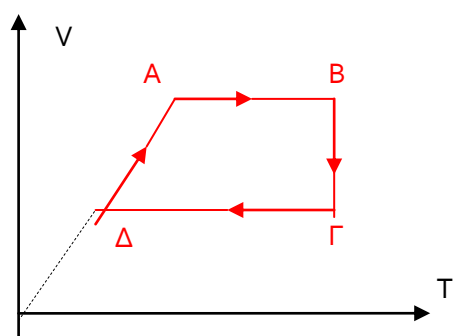
β) Να γίνουν τα διαγράμματα P-V, P-T, V-T.

1.14 Μια ποσότητα ιδανικού αερίου βρίσκεται σε κατάσταση Α με πίεση $P_A = 4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, όγκο $V_A = 4 \text{ L}$ και απόλυτη θερμοκρασία $T_A = 400 \text{ K}$. Διατηρώντας σταθερή την θερμοκρασία το αέριο μεταβαίνει στην κατάσταση Β όπου $V_B = 8 \text{ L}$. Στη συνέχεια ψύχεται ισόχωρα μέχρι την κατάσταση Γ όπου η πίεση είναι η μισή από την πίεση στην κατάσταση Β. Από εκεί συμπιέζεται ισόθερμα μέχρι την κατάσταση Δ, από την οποία με ισόχωρη θέρμανση καταλήγει πάλι στην Α.

α) Να βρείτε τις επιμέρους πιέσεις, όγκους και απόλυτες θερμοκρασίες σε κάθε κατάσταση

β) Να γίνουν τα διαγράμματα P-V, P-T, V-T.

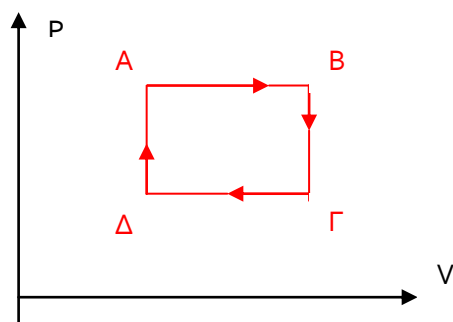
1.15 Στο διάγραμμα του σχήματος φαίνεται η κυκλική μεταβολή που υφίσταται μια ποσότητα ιδανικού αερίου.



α) Να χαρακτηρίσετε κάθε μεταβολή

β) Να κάνετε ποιοτικά τα διαγράμματα P-V και P-T.

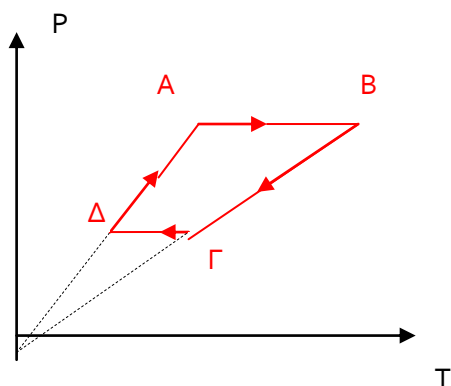
1.16 Στο διάγραμμα του σχήματος φαίνεται η κυκλική μεταβολή που υφίσταται μια ποσότητα ιδανικού αερίου.



α) Να χαρακτηρίσετε κάθε μεταβολή

β) Να κάνετε ποιοτικά τα διαγράμματα P-T και V-T.

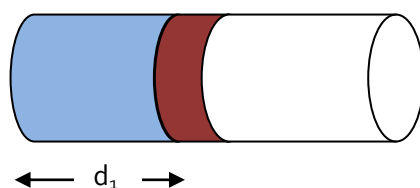
1.17 Στο διάγραμμα του σχήματος φαίνεται η κυκλική μεταβολή που υφίσταται μια ποσότητα ιδανικού αερίου.



- Να χαρακτηρίσετε κάθε μεταβολή
- Να κάνετε ποιοτικά τα διαγράμματα P-V και V-T.

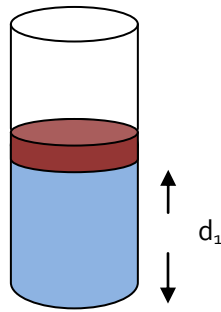
Ασκήσεις με δοχεία

1.18 Σε οριζόντιο κυλινδρικό δοχείο περιέχεται αέριο και το δοχείο κλείνεται στο ένα άκρο με έμβολο εμβαδού $A=2 \text{ cm}^2$ το οποίο μπορεί να κινείται χωρίς τριβές. Η ατμοσφαιρική πίεση είναι $P_{\text{ατμ}}=10^5 \text{ N/m}^2$. Αρχικά το έμβολο ισορροπεί σε θέση τέτοια ώστε το αέριο να καταλαμβάνει τμήμα του δοχείου μήκους $d_1=15 \text{ cm}$.



Θερμαίνουμε το αέριο μέχρι να διπλασιαστεί η απόλυτη θερμοκρασία του και τελικά το έμβολο ισορροπεί σε νέα θέση τέτοια ώστε το αέριο να καταλαμβάνει τμήμα του δοχείου μήκους d_2 . Να χαρακτηρίσετε τη μεταβολή και να βρείτε το d_2 .

1.19 Σε κατακόρυφο κυλινδρικό δοχείο περιέχονται $n = \frac{3}{100R}$ mole ιδανικού αερίου και το δοχείο κλείνεται στο άνω άκρο με έμβολο εμβαδού $A=2 \text{ cm}^2$ και βάρους $w=40 \text{ N}$, το οποίο μπορεί να κινείται χωρίς τριβές. Η ατμοσφαιρική πίεση είναι $P_{\text{ατμ}}=10^5 \text{ N/m}^2$. Αρχικά το έμβολο ισορροπεί σε θέση τέτοια ώστε το αέριο να καταλαμβάνει τμήμα του δοχείου μήκους $d_1=15 \text{ cm}$. Θερμαίνουμε το αέριο και τελικά το έμβολο ισορροπεί σε νέα θέση η οποία βρίσκεται 10 cm ψηλότερα από την προηγούμενη.



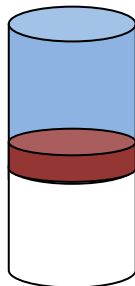
α) Να βρείτε την αρχική πίεση του αερίου

β) Να χαρακτηρίσετε τη μεταβολή

γ) Να βρείτε την αρχική και την τελική απόλυτη θερμοκρασία του αερίου.

1.20 Σε κατακόρυφο κυλινδρικό δοχείο περιέχονται $n = \frac{3}{1000R}$ mole ιδανικού αερίου και το δοχείο κλείνεται στο κάτω άκρο με έμβολο εμβαδού $A = 1 \text{ cm}^2$ και βάρους $w = 2 \text{ N}$, το οποίο μπορεί να κινείται χωρίς τριβές. Η ατμοσφαιρική πίεση είναι $P_{\text{ατμ.}} = 10^5 \text{ N/m}^2$. Αρχικά το έμβολο ισορροπεί σε θέση τέτοια ώστε το αέριο να καταλαμβάνει τμήμα του δοχείου μήκους $d_1 = 15 \text{ cm}$.

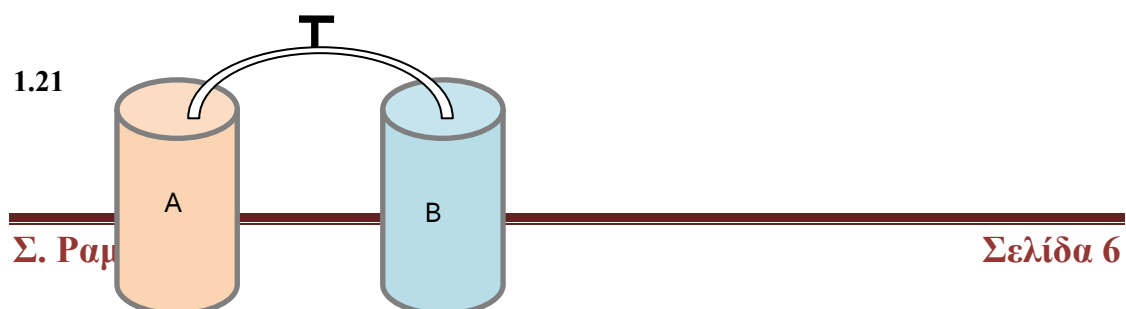
α) Να βρείτε την αρχική πίεση και απόλυτη θερμοκρασία του αερίου



Στη συνέχεια περιστρέφουμε το δοχείο διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία. Να βρείτε το μήκος του τμήματος του δοχείου που θα καταλαμβάνει το αέριο, όταν το δοχείο είναι:

α) οριζόντιο

β) κατακόρυφο με το έμβολο από πάνω.



Τα δύο δοχεία Α και Β του σχήματος επικοινωνούν μεταξύ τους με λεπτό σωλήνα ο οποίος φέρει στρόφιγγα. Τα δύο δοχεία περιέχουν το ίδιο αέριο. Στο δοχείο Α όγκου $V_A = 3 \text{ L}$ η πίεση είναι $P_A = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ και η απόλυτη θερμοκρασία $T_A = 300 \text{ K}$. Στο δοχείο Β όγκου $V_B = 2 \text{ L}$ η πίεση είναι $P_B = 6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ και η απόλυτη θερμοκρασία $T_B = 600 \text{ K}$. Κάποια στιγμή ανοίγουμε τη στρόφιγγα και τελικά το σύστημα έχει πίεση $P = 4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$.

α) Να βρεθεί η τελική απόλυτη θερμοκρασία

β) Να βρεθεί η μεταβολή του αριθμού των mole του αερίου στο δοχείο Α.

1.22 Μια φιάλη όγκου 10 L περιέχει ήλιο σε πίεση 120 at και απόλυτη θερμοκρασία T . Χρησιμοποιούμε τη μισή ποσότητα του αερίου για να φουσκώσουμε 200 όμοια μπαλόνια. Το αέριο σε κάθε μπαλόνι έχει πίεση $1,5 \text{ at}$ και την ίδια απόλυτη θερμοκρασία T με τη φιάλη. Να βρεθεί ο όγκος κάθε μπαλονιού.

(Απ: 2 L)

Οι ασκήσεις 1.23 ως 1.27 είναι από τη συνεργασία μου με τον Παντελή Κρασαδάκη

1.23 Κατακόρυφο κυλινδρικό δοχείο, που περιέχει ιδανικό αέριο, κλείνεται στο πάνω άκρο με έμβολο εμβαδού $A = 0,2 \text{ cm}^2$ και έχει βάρος $w = 4 \text{ N}$, το οποίο μπορεί να κινείται χωρίς τριβές. Η θερμοκρασία του αερίου μέσα στο δοχείο είναι $T_1 = 200 \text{ K}$ και το έμβολο ισορροπεί σε απόσταση $x = 0,2 \text{ m}$ πάνω από τη βάση του δοχείου

Αν η ατμοσφαιρική πίεση είναι $p_a = 10^5 \text{ N/m}^2$, να βρείτε

α) Την πίεση του αερίου

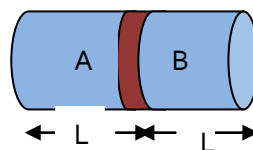
β) Τη μετακίνηση του εμβόλου, αφού αυξήσουμε τη θερμοκρασία του αερίου κατά 300 K .

(Απ: $3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, $0,3 \text{ m}$)

1.24 Οριζόντιο κυλινδρικό δοχείο, που περιέχει ιδανικό αέριο βρίσκεται σε σταθερή θερμοκρασία T_0 . Στο μέσον του δοχείου υπάρχει μονωτικό έμβολο (αμελητέου πάχους), το οποίο μπορεί να κινείται χωρίς τριβές που χωρίζει το δοχείο σε 2 ίδια μέρη μήκους L το καθένα. Αυξάνουμε τη θερμοκρασία του αριστερού μόνο μέρους έτσι ώστε $T_A = 2 T_B$ (όπου $T_B = T_0$)

Να υπολογίσετε τη μετατόπιση του εμβόλου

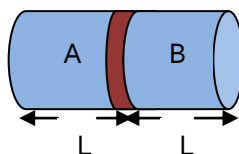
(Απ: $L/3$)



1.25 Οριζόντιο κυλινδρικό δοχείο διατομής $A = 0,01 \text{ m}^2$, που περιέχει ιδανικό αέριο με $n = \frac{2}{R}$ mol συνολικά, σε πίεση $p = 10^5 \text{ N/m}^2$ και απόλυτη θερμοκρασία $T = 300 \text{ K}$. Στο μέσον του δοχείου υπάρχει μονωτικό έμβολο (αμελητέου πάχους), το οποίο μπορεί να κινείται χωρίς

τριβές που χωρίζει το δοχείο σε 2 μέρη . Αυξάνουμε τη θερμοκρασία του αριστερού μέρους σε $T_A = 500 \text{ K}$ και ταυτόχρονα μειώνουμε τη θερμοκρασία του δεξιού μέρους σε T_B . Μετά από αυτές τις μεταβολές το έμβολο μετακινήθηκε κατά $\Delta x = 0,2 \text{ m}$.

Να βρείτε



α) Τον όγκο σε καθένα από τα 2 μέρη του δοχείου , πριν τις μεταβολές των θερμοκρασιών

β) Τη θερμοκρασία T_B

(Απ: $3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, 100 K)

1.26 Δύο δοχεία A και B ίδιου όγκου $V = 5 \text{ L}$ επικοινωνούν μεταξύ τους με λεπτό σωλήνα και περιέχουν το ίδιο ιδανικό αέριο σε πίεση $p = 2 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ και απόλυτη θερμοκρασία $T = 400 \text{ K}$. Διπλασιάζουμε την απόλυτη θερμοκρασία του A και υποδιπλασιάζουμε την απόλυτη θερμοκρασία του B

Να βρεθούν

α) Η τελική πίεση που θα αποκτήσουν τα A και B

β) Το ποσοστό % του αρχικού αριθμού των mol που θα μεταφερθούν από το A στο B

(Απ: $1,6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, 60%)

1.27 Δύο δοχεία A και B επικοινωνούν μεταξύ τους με λεπτό σωλήνα ο οποίος φέρει στρόφιγγα. Τα δύο δοχεία περιέχουν το ίδιο ιδανικό αέριο και έχουν ίδια θερμοκρασία.

Οι όγκοι τους και η πίεση τους αντίστοιχα είναι

$$V_A = 2 \text{ L} , p_A = 10^5 \text{ N/m}^2 \quad \text{και} \quad V_B = 3 \text{ L} , p_B = 2 \times 10^5 \text{ N/m}^2 .$$

Ανοίγουμε τη στρόφιγγα και περιμένουμε να ξαναισορροπήσει το σύστημα .Σε όλη τη μεταβολή η θερμοκρασία παραμένει σταθερή.

Να υπολογιστούν

α) Η τελική πίεση του αερίου στα A και B

β) Το ποσοστό % του αριθμού των mol που θα μεταφερθούν από το B στο A.

(Απ: $1,6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, 20%)

2 Κινητική θεωρία

Θεωρείστε γνωστά : $R=8,31 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$, $N_A=6\cdot 10^{23}$, σταθερά Boltzmann $k=1,38\cdot 10^{-23} \text{ J/(μόριο}\cdot\text{K)}$

2.1 Μια ποσότητα ιδανικού αερίου H_2 , έχει ολική μάζα $m_{\text{ολ}}=10^{-2} \text{ kg}$ και βρίσκεται σε δοχείο όγκου $V=15\text{L}$ και πίεσης $P=8,31\cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Δίνεται $M_{\text{H}_2}=2\cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$.

A/ Να βρεθούν:

- α) ο αριθμός των mole n
- β) ο αριθμός των μορίων N
- γ) η απόλυτη θερμοκρασία T
- δ) η μέση κινητική ενέργεια των μορίων $\bar{K}$
- ε) η ολική κινητική ενέργεια των μορίων
- στ) η ενεργός ταχύτητα των μορίων $u_{\text{εν}}$

B/ Διατηρώντας σταθερή την πίεση, τετραπλασιάζουμε τον όγκο. Να βρεθούν:

- α) η μέση κινητική ενέργεια των μορίων $\bar{K}$
- β) η ενεργός ταχύτητα των μορίων $u_{\text{εν}}$

(Απ: 5 mole, $3\cdot 10^{24}$ μόρια, 300 K, $6,21\cdot 10^{-21} \text{ J}$, $18,63\cdot 10^3 \text{ J}$, $1,93\cdot 10^3 \text{ m/s}$, $24,84\cdot 10^{-21} \text{ J}$, $3,86\cdot 10^3 \text{ m/s}$)

2.2 Μια ποσότητα $N=6\cdot 10^{24}$ μόρια ιδανικού αερίου H_2 , βρίσκεται σε δοχείο όγκου $V=100\text{L}$ και πίεσης $P=6\cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Δίνεται $M_{\text{H}_2}=2\cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$.

A/ Να βρεθούν:

- α) ο αριθμός των mole n
- β) η μάζα m του αερίου
- γ) η πυκνότητα ρ
- δ) η ενεργός ταχύτητα των μορίων $u_{\text{εν}}$
- ε) η ολική κινητική ενέργεια των μορίων $K_{\text{ολ}}$
- στ) η μέση κινητική ενέργεια των μορίων $\bar{K}$

B/ Διατηρώντας σταθερό τον όγκο, τετραπλασιάζουμε την πίεση. Να βρεθούν:

- α) η μέση κινητική ενέργεια των μορίων $\bar{K}$
- β) η ενεργός ταχύτητα των μορίων $u_{\text{εν}}$

(Απ: 10 mole, $2\cdot 10^{-2} \text{ kg}$, $0,2\text{kg/m}^3$, $3\cdot 10^3 \text{ m/s}$, $9\cdot 10^4 \text{ J}$, $1,5\cdot 10^{-20} \text{ J}$, $6\cdot 10^{-20} \text{ J}$, $6\cdot 10^3 \text{ m/s}$)

2.3 Μια ποσότητα ιδανικού αερίου H_2 , βρίσκεται σε κατάσταση Α όπου έχει ενεργό ταχύτητα μορίων $6 \cdot 10^3$ m/s. Δίνεται $M_{H_2} = 2 \cdot 10^{-3}$ kg/mol. Το αέριο εκτονώνεται ισοβαρώς στην κατάσταση Β όπου ο όγκος είναι τετραπλάσιος $V_B = 4V_A$. Στη συνέχεια εκτονώνεται ισόθερμα στην κατάσταση Γ με τετραπλασιασμό του όγκου $V_I = 4V_B$ και από εκεί καταλήγει με ισόχωρη θέρμανση στην κατάσταση Δ όπου $P_\Delta = 4P_\Gamma$. Να βρείτε σε κάθε κατάσταση την ενεργό ταχύτητα των μορίων u_{ev} και τη μέση κινητική ενέργεια των μορίων $\bar{K}$.

(Απ: $6 \cdot 10^{-20}$ J, $12 \cdot 10^3$ m/s, $24 \cdot 10^{-20}$ J, $12 \cdot 10^3$ m/s, $24 \cdot 10^{-20}$ J, $24 \cdot 10^3$ m/s, $96 \cdot 10^{-20}$ J)

2.4 Μια ποσότητα ιδανικού αερίου βρίσκεται σε ένα δοχείο πίεσης $P = 3 \cdot 10^3$ N/m² και θερμοκρασία $T = 300$ K. Η πυκνότητα του αερίου είναι $\rho = 10^{-3}$ kg/m³.

Να υπολογίσετε

Α) Την ενεργό ταχύτητα των μορίων U_{ev} .

Β) Τη μέση μεταφορική κινητική ενέργεια των μορίων.

Γ) Αν τετραπλασιάσουμε την ποσότητα του αερίου, διατηρώντας σταθερή την πίεση και τον όγκο, ποια θα είναι η νέα ενεργός ταχύτητα των μορίων U_{ev} ;

(Απ: $3 \cdot 10^3$ m/s, $6,21 \cdot 10^{-21}$ J, $1,5 \cdot 10^3$ m/s)

2.5 Μία ποσότητα $n = \frac{1}{R}$ mole ιδανικού αερίου έχει πίεση $P = 10^5$ N/m² και θερμοκρασία T . Η πυκνότητα του αερίου είναι $\rho = 3 \cdot 10^{-3}$ kg/m³ και η μάζα του $m = 12 \cdot 10^{-6}$ kg.

Να βρείτε :

Α) Την ενεργό ταχύτητα των μορίων U_{ev} .

Β) Τη μέση μεταφορική κινητική ενέργεια των μορίων.

Γ) Τη νέα θερμοκρασία του αερίου ώστε η μέση κινητική ενέργεια να υποδιπλασιαστεί.

(Απ: 10^4 m/s, $8,28 \cdot 10^{-21}$ J, 200 K)

2.6 Μια ποσότητα $N = 3 \cdot 10^{23}$ μόρια ιδανικού αερίου, βρίσκεται σε δοχείο όγκου $V = 10$ L και τα μόριά του έχουν μέση κινητική ενέργεια $\bar{K} = 6 \cdot 10^{-21}$ J.

Να υπολογίσετε

Α) Την πίεση του αερίου

Β) Τη θερμοκρασία του αερίου

Γ) Αν η ενεργός ταχύτητα των μορίων είναι $U_{ev} = 10^3$ m/s, να βρείτε τη μάζα του.

(Απ: $1,2 \cdot 10^4$ N/m², 290 K, $1,2 \cdot 10^{-26}$ kg)

2.7 Ιδανικό αέριο , βρίσκεται σε δοχείο όγκου $V=1\text{ L}$,θερμοκρασίας $T=600\text{ K}$ και πίεσης $P=8,314\cdot 10^5\text{ N/m}^2$.

A) Να βρείτε τον αριθμό των μορίων του αερίου

B) Ποια η μέση μεταφορική κινητική ενέργεια των μορίων ;

Γ) Διατηρώντας σταθερή την πίεση του αερίου ,αυξάνουμε τον όγκο του σε $V'=2\text{ L}$

Ποια είναι η νέα μέση μεταφορική κινητική ενέργεια των μορίων ;

(Απ: 10^{23} μόρια, $12,42\cdot 10^{-21}\text{ J}$, $24,84\cdot 10^{-21}\text{ J}$)

2.8 Ένα ιδανικό αέριο έχει όγκο V_1 , πίεση P_1 και θερμοκρασία T_1 . Το αέριο αρχικά θερμαίνεται με σταθερό όγκο μέχρι το διπλασιασμό της ενεργούς ταχύτητας των μορίων του και στη συνέχεια ψύχεται με σταθερή πίεση μέχρι να υποδιπλασιαστεί η μέση μεταφορική κινητική ενέργεια των μορίων του αερίου .

α) Σε συνάρτηση των V_1 , P_1 και T_1 να υπολογίσετε μετά από κάθε μεταβολή τον όγκο V , την πίεση P και τη θερμοκρασία T του αερίου .

β) Να γίνουν ποιοτικά τα διαγράμματα P - V , P - T , V - T .

Οι ασκήσεις 3.1 ως 3.5 είναι από τη συνεργασία μου με τον Παντελή Κρασαδάκη

3. Έργο, εσωτερική ενέργεια , θερμότητα – 1^{ος} Θερμοδυναμικός νόμος.

Θεωρείστε γνωστά : $\ln 2=0,7$, $\ln(1/2)=-0,7$, για το ιδανικό μονατομικό αέριο $C_V=\frac{3}{2}R$, $C_P=\frac{5}{2}R$.

3.1 Ιδανικό αέριο έχει όγκο $V_1=10\text{ L}$ και πίεση $P_1=10^5\text{ N/m}^2$. Αυξάνουμε ισόθερμα την πίεση του αερίου μέχρι να διπλασιαστεί η αρχική του πίεση .

Να βρεθούν

α) Ο όγκος μετά την αύξηση της πίεσης

β) Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου

γ) Η θερμότητα που αποβάλλει το αέριο στην ατμόσφαιρα

δ) Το έργο του αερίου

(Απ: 5 L , 0 , -700 J , -700 J)

3.2 Ποσότητα $n = 1/R$ mol ιδανικού αερίου έχει όγκο V_1 και θερμοκρασία $T_1=300$ K . Το αέριο θερμαίνεται ισόχωρα μέχρι να διπλασιαστεί η πίεσή του . Δίνεται $C_V = \frac{3}{2} R$.

Να βρείτε

- α) Την τελική θερμοκρασία του αερίου
- β) Την θερμότητα που απορρόφησε το αέριο
- γ) Την μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου .

(Απ: 600K, 450 J, 450 J)

3.3 Ιδανικό αέριο έχει όγκο $V_1=2$ L και θερμοκρασία $T=300$ K . Μετά από μία ισόθερμη μεταβολή αποκτά πίεση $P_2=3 \cdot 10^5$ N/m² . Δίνεται επίσης ότι $n = 1/R$ mol .

Να βρείτε

- α) Την αρχική πίεση και τον τελικό όγκο του αερίου .
- β) Το έργο και την μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου .

(Απ: $1,5 \cdot 10^5$ N/m², 1L, -210 J, 0)

3.4 Ιδανικό μονατομικό αέριο βρίσκεται σε θερμοκρασία $T_1=300$ K και πίεση $p_1= 2 \cdot 10^5$ N/m² . Γνωρίζουμε επίσης ότι $nR=2$ J/K . Το αέριο απορροφά ισοβαρώς από το περιβάλλον θερμότητα ίση με 500 J .

Να βρεθούν:

- α) ο αρχικός όγκος V_1 του αερίου
- β) η τελική απόλυτη θερμοκρασία T_2
- γ) η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου .
- δ) το έργο W .

(Απ: 3L, 400 K, 300 J, 200 J)

3.5 Ποσότητα $n = 5/R$ mol ιδανικού μονατομικού αερίου βρίσκεται σε θερμοκρασία $T_1=300$ K και πίεση $p_1= 5 \cdot 10^5$ N/m² . Διπλασιάζουμε τη θερμοκρασία του αερίου διατηρώντας σταθερή την πίεσή του και κατά την μεταβολή αυτή απορροφά από το περιβάλλον θερμότητα Q .

Να υπολογιστούν

- α) ο αρχικός και τελικός όγκος του αερίου

β) η θερμότητα Q

γ) το έργο W στην παραπάνω μεταβολή

δ) η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου.

(Απ: 3L, 6 L, 3750 J, 1500 J, 2250 J)

3.6 Ιδανικό μονατομικό αέριο βρίσκεται στην κατάσταση Α με πίεση $P_A=10^5 \text{ N/m}^2$ και όγκο $V_A=8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$. Από την κατάσταση αυτή συμπιέζεται αδιαβατικά στην κατάσταση Β όπου ο όγκος είναι $V_B=10^{-3} \text{ m}^3$. Να βρείτε:

α) την τελική πίεση P_B

β) το έργο, τη θερμότητα και τη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας στην παραπάνω μεταβολή.

Δίνεται $\gamma=5/3$

(Απ: $32 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, -3600J, 3600J)

3.7 Ποσότητα $n=\frac{2}{R}$ mole ιδανικού μονατομικού αερίου βρίσκεται στην κατάσταση Α με απόλυτη θερμοκρασία $T_A=200\text{K}$ και όγκο $V_A=8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$. Από την κατάσταση αυτή συμπιέζεται αδιαβατικά στην κατάσταση Β όπου ο όγκος είναι $V_B=10^{-3} \text{ m}^3$. Να βρείτε:

α) την τελική θερμοκρασία T_B

β) το έργο, τη θερμότητα και τη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας στην παραπάνω μεταβολή.

Δίνεται $\gamma=5/3$ και $C_V=\frac{3}{2} R$

(Απ: 800 K, -1800J, 1800J)

3.8 Ποσότητα $n=\frac{2}{R}$ mole ιδανικού μονατομικού αερίου βρίσκεται στην κατάσταση Α με $P_A=32 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ και απόλυτη θερμοκρασία $T_A=1600\text{K}$. Από την κατάσταση αυτή εκτονώνεται αδιαβατικά στην κατάσταση Β όπου η πίεση είναι $P_B=10^5 \text{ N/m}^2$. Να βρείτε:

α) την τελική θερμοκρασία T_B

β) το έργο, τη θερμότητα και τη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας στην παραπάνω μεταβολή.

Δίνεται $\gamma=5/3$ και $C_V=\frac{3}{2} R$

(Απ: 400 K, 3600J, -3600J)

3.9 Ορισμένη ποσότητα ιδανικού μονατομικού αερίου βρίσκεται σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α σε θερμοκρασία $T_A=400\text{K}$, πίεση $P_A=32 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ και όγκο

$V_A=10^{-3}\text{m}^3$. Από την κατάσταση αυτή το αέριο υποβάλλεται στις παρακάτω διαδοχικές μεταβολές:

- α) ισοβαρή θέρμανση ΑΒ, μέχρι την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Β με όγκο $V_B=2\cdot 10^{-3}\text{m}^3$.
- β) αδιαβατική ψύξη ΒΓ, μέχρι την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Γ με όγκο $V_\Gamma=16\cdot 10^{-3}\text{m}^3$ και πίεση $P_\Gamma=10^5\text{N/m}^2$.

3.Α Να παρασταθούν γραφικά (ποιοτικά) οι παραπάνω μεταβολές σε διάγραμμα P-V.

Μονάδες 5

3.Β Να υπολογιστεί η θερμοκρασία του αερίου στην κατάσταση Β.

Μονάδες 5

3.Γ Να υπολογιστεί το παραγόμενο έργο κατά την ισοβαρή μεταβολή ΑΒ.

Μονάδες 6

3.Δ Να υπολογιστεί η συνολική μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου.

Μονάδες 9

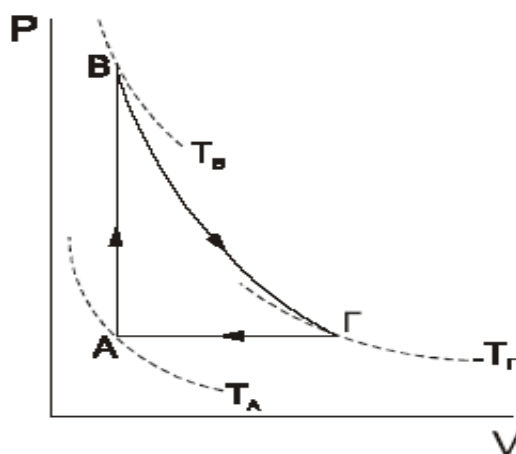
Δίνονται: $\gamma=5/3$ και $C_V=\frac{3}{2}R$.

Πανελλήνιες 2003

3.10 Ιδανικό μονοατομικό αέριο βρίσκεται στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α υπό πίεση $P_A=10^5\text{N/m}^2$ και όγκο $V_A=10^{-3}\text{m}^3$. Από την κατάσταση Α το αέριο υποβάλλεται στις πιο κάτω τρεις διαδοχικές ιδεατές αντιστρεπτές μεταβολές:

- ♦ ισόχωρη θέρμανση μέχρι την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Β
- ♦ αδιαβατική εκτόνωση από την κατάσταση Β μέχρι την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Γ με όγκο $V_\Gamma=8\cdot 10^{-3}\text{m}^3$
- ♦ ισοβαρή ψύξη από την κατάσταση Γ μέχρι να επανέλθει στην αρχική κατάσταση Α.

Το ποιοτικό διάγραμμα πίεσης-όγκου των πιο πάνω μεταβολών φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Να υπολογίσετε:

- α. το έργο που καταναλώνει το αέριο σύστημα κατά την ισοβαρή ψύξη ΓΑ

Μονάδες 6

β. το ποσό της θερμότητας που αποβάλλει το αέριο σύστημα στο περιβάλλον κατά την ισοβαρή ψύξη ΓΑ

Μονάδες 7

γ. την πίεση του αερίου στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Β

Μονάδες 5

δ. την τιμή του λόγου $\frac{\overline{K}_\Gamma}{\overline{K}_A}$, όπου

$$\overline{K}_\Gamma = \frac{1}{2} m \overline{u}_\Gamma^2 \quad \text{και} \quad \overline{K}_A = \frac{1}{2} m \overline{u}_A^2$$

η μέση μεταφορική κινητική ενέργεια των μορίων του αερίου στις καταστάσεις Γ και Α αντίστοιχα, όπου m είναι η μάζα του μορίου.

Μονάδες 7

Δίνεται: η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα υπό σταθερή πίεση

$C_p = \frac{5}{2} R$ (R η παγκόσμια σταθερά των αερίων) και ο λόγος των γραμμομοριακών ειδικών θερμότητων, υπό σταθερή πίεση και σταθερό όγκο, είναι $\gamma = 5/3$.

Πανελλήνιες 2004

3.11 Ιδανικό αέριο βρίσκεται στην κατάσταση Α με όγκο $V_A = 10^{-3} \text{ m}^3$ και απόλυτη θερμοκρασία $T_A = 900 \text{ K}$ από την οποία υποβάλλεται σε σειρά διαδοχικών αντιστρεπτών μεταβολών:

A→B: ισόθερμη εκτόνωση με $V_B = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

B→Γ: ισόχωρη ψύξη με $T_\Gamma = 600 \text{ K}$

Γ→Δ: ισοβαρή συμπίεση με όγκο ίσο με τον αρχικό V_A

Δ→Α: ισόχωρη θέρμανση μέχρι την αρχική κατάσταση Α

Αν η ποσότητα του αερίου είναι $n = \frac{1}{R} \text{ mole}$ και κατά την ισόθερμη εκτόνωση το αέριο απορροφά θερμότητα $Q_{AB} = 365 \text{ J}$:

α) Να παρασταθεί η παραπάνω μεταβολή σε διάγραμμα P-V

β) Να βρεθούν η πίεση P_B και η θερμοκρασία T_Δ

γ) Να υπολογιστεί το ολικό έργο $W_{ολ}$

δ) Να βρεθεί η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου κατά τη μετάβασή του από την κατάσταση Ζ στην κατάσταση Γ, αν Ζ είναι σημείο της ισόχωρης ΔΑ στο οποίο η πίεση είναι ίση με την P_B .

Εξετάσεις

3.12 Ποσότητα $n = \frac{2}{R} \text{ mole}$ ιδανικού μονατομικού αερίου βρίσκεται στην κατάσταση Α με όγκο $V_A = 10^{-3} \text{ m}^3$ από την οποία υποβάλλεται σε σειρά διαδοχικών αντιστρεπτών μεταβολών:

A→B: ισόθερμη εκτόνωση με $V_B = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

B→Γ: ισόχωρη ψύξη

Γ→Α: αδιαβατική συμπίεση μέχρι την αρχική κατάσταση Α.

Αν κατά την ισόθερμη εκτόνωση ΑΒ το αέριο παράγει έργο $W_{AB}=3360\text{ J}$:

α) να βρείτε τον όγκο , την πίεση και την απόλυτη θερμοκρασία στις καταστάσεις Α, Β, Γ

β) να βρείτε το έργο , τη θερμότητα, και τη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας σε κάθε επιμέρους μεταβολή.

(Απ: $16\cdot 10^5\text{ N/m}^2$, 800 K , $2\cdot 10^5\text{ N/m}^2$, $0,5\cdot 10^5\text{ N/m}^2$, 200 K -1800J, -1800J)

3.13 Μια ποσότητα n mole ιδανικού αερίου υφίσταται τις διαδοχικές αντιστρεπτές

μεταβολές που

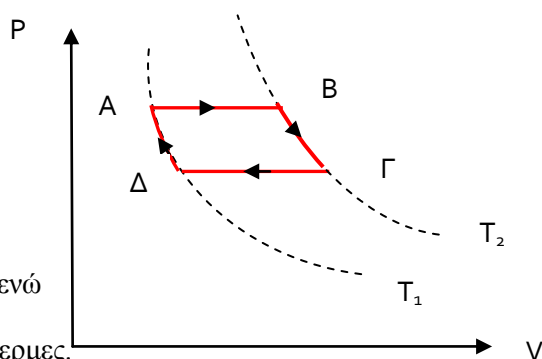
φαίνονται στο

διπλανό διάγραμμα

P-V. Οι μεταβολές ΑΒ

Και ΓΔ είναι ισοβαρείς ενώ

οι ΒΓ και ΔΑ είναι ισόθερμες.



Κατά την ισοβαρή εκτόνωση ΑΒ προσφέρουμε στο αέριο θερμότητα 800 J και το αέριο παράγει έργο 500 J . Στην ισόθερμη ΒΓ το αέριο παράγει έργο 400 J και στην ισόθερμη συμπίεση ΔΑ απορροφά θερμότητα 200 J . Να βρείτε :

α) τη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας στην ΑΒ

β) τα $Q_{\Gamma\Delta}$, $W_{\Gamma\Delta}$, $\Delta U_{\Gamma\Delta}$

γ) τα $Q_{ολ}$ και $W_{ολ}$ στην κυκλική μεταβολή.

(Απ: 300 J , 800 J , 500 J , 300 J , 200 J , 200 J)

3.14 Ιδανικό αέριο έχει όγκο $V_A=2\text{ L}$, πίεση $P_A=5\cdot 10^5\text{ N/m}^2$ και θερμοκρασία $T_A=300\text{ K}$.

Διπλασιάζουμε τη θερμοκρασία του αερίου κρατώντας σταθερή την πίεση του ,με αποτέλεσμα να απορροφηθεί από το περιβάλλον θερμότητα $Q_{AB}=1000\text{ J}$

α) Να βρείτε τον όγκο του αερίου μετά την αύξηση της θερμοκρασίας του .

β) Να βρείτε τη μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας και το παραγόμενο έργο.

Δίνονται $C_V=3R/2$ και $C_P=5R/2$

(Απ: 4 L , 600 J , 400 J)

3.15 Ιδανικό αέριο έχει όγκο $V_A=1 \text{ L}$, πίεση $P_A= 32 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ και θερμοκρασία $T_A= 800 \text{ K}$. Το αέριο εκτονώνεται αδιαβατικά , μέχρι τον οκταπλασιασμό του όγκου του . Δίνεται επίσης $\gamma = 5/3$.

Να βρείτε :

α) Την πίεση και τη θερμοκρασία του αερίου μετά την εκτόνωση.

β) Το έργο του αερίου

γ) Τη μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας .

(Απ: 10^5 N/m^2 , 200 K , 3600 J , -3600 J)

3.16 Ιδανικό αέριο έχει όγκο $V_1=5 \text{ L}$, πίεση p_1 και θερμοκρασία $T_1= 800\text{K}$. Το αέριο εκτονώνεται αδιαβατικά , μέχρι ο όγκος του να οκταπλασιαστεί .

Να υπολογίσετε

α) Την τελική θερμοκρασία του αερίου

β) Αν η αρχική πίεση του αερίου είναι $p_1=32 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, να βρείτε το έργο του αερίου .

(Απ: 200 K , 18000 J)

3.17 Ιδανικό αέριο ποσότητας $n = \frac{2}{R} \text{ mol}$ έχει όγκο V_A , πίεση $p_A = 1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ και θερμοκρασία $T_A = 300 \text{ K}$. Το αέριο υποβάλλεται στις εξής διαδοχικές αντιστρεπτές μεταβολές :

$A \rightarrow B$: Ισόθερμη εκτόνωση ,όπου $V_B = 3 V_A$.

$B \rightarrow \Gamma$: Ισόχωρη ψύξη ,όπου $P_B = 2 P_\Gamma$.

α) Να υπολογιστούν τα V_A, P_B και T_Γ .

β) Να γίνουν τα διαγράμματα P - V και V - T ,των παραπάνω μεταβολών

Γ) Να υπολογίσετε τη θερμότητα που ανταλλάσει το αέριο με το περιβάλλον κατά τις μεταβολές $A \rightarrow B$ και $B \rightarrow \Gamma$.

Δίνεται ότι $C_v=3R/2$ και $\ln 3 = 1,1$.

(Απ: $6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, $\frac{1}{3} \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, 660 J , 900 J)

3.18 Ιδανικό αέριο έχει όγκο $V_A = 3 \text{ L}$, πίεση $P_A = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ και θερμοκρασία $T_A = 200 \text{ K}$. Το αέριο υποβάλλεται στις εξής διαδοχικές αντιστρεπτές μεταβολές :

$A \rightarrow B$: Ισοβαρή μεταβολή, μέχρι $V_B = 4 V_A$

$B \rightarrow \Gamma$: Ισόθερμη μεταβολή, όπου $P_\Gamma = 2 P_B$

$\Gamma \rightarrow \Delta$: Ισόχωρη μεταβολή, όπου $T_\Delta = 3 T_\Gamma$.

α) Να υπολογιστούν η θερμοκρασία T_B , ο όγκος V_Γ και η πίεση P_Δ του αερίου.

β) Να γίνει το διάγραμμα P - V , όλων των μεταβολών σε κοινούς, αριθμημένους άξονες.

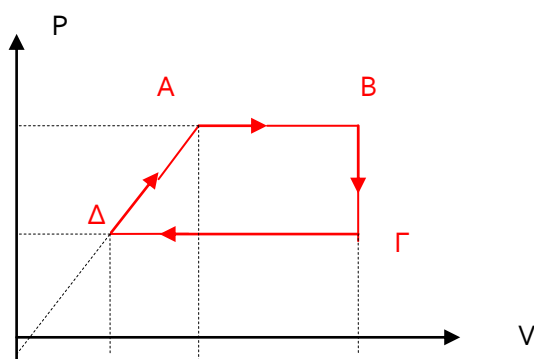
γ) Να υπολογιστούν η μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας κατά τη μεταβολή $A \rightarrow B$ και το έργο του αερίου κατά τη μεταβολή $B \rightarrow \Gamma$.

δ) Να υπολογιστεί η συνολική θερμότητα που ανταλλάσει το αέριο με το περιβάλλον κατά τις μεταβολές αυτές.

Δίνονται $C_v = 3R/2$, $C_p = 5R/2$ και $\ln\left(\frac{1}{2}\right) = -0,7$.

(Απ: 800 K , $6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, $12 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, 2700 J , -1680 J , 10020 J)

3.19 Στο διάγραμμα του σχήματος φαίνεται η κυκλική μεταβολή που υφίσταται μια ποσότητα ιδανικού μονατομικού αερίου.



η οποία αποτελείται από :

$A \rightarrow B$ ισοβαρής εκτόνωση σε πίεση $4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ μέχρι διπλασιασμού της απόλυτης θερμοκρασίας

$B \rightarrow \Gamma$ ισόχωρη ψύξη

$\Gamma \rightarrow \Delta$ ισοβαρής συμπίεση σε πίεση $2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

$\Delta \rightarrow A$ αντιστρεπτή μεταβολή στην οποία ισχύει $P = 10^8 \cdot V$ (S.I.)

α) Να βρείτε τον όγκο σε κάθε κατάσταση A,B,Γ,Δ

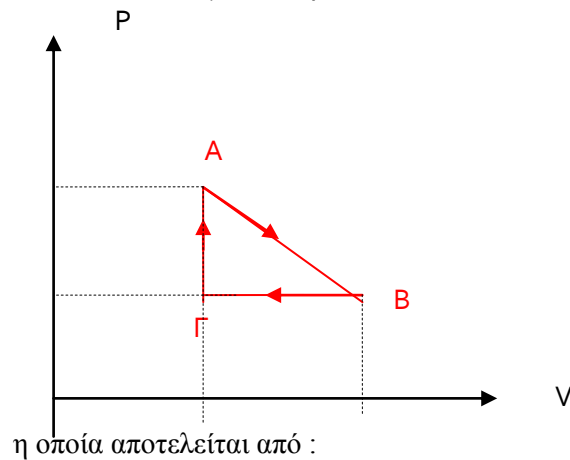
β) Να βρείτε το συνολικό έργο στην παραπάνω κυκλική μεταβολή

γ) Να βρείτε το ποσό θερμότητας που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον σε κάθε μεταβολή.

Δίνονται $C_v=3R/2$, $C_p=5R/2$

(Απ: $2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, $4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, $8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, 4000 J, -2400 J, -3000 J, 2400 J)

3.20 Στο διάγραμμα του σχήματος φαίνεται η κυκλική μεταβολή που υφίσταται μια ποσότητα ιδανικού μονατομικού αερίου



A→B αντιστρεπτή μεταβολή στην οποία ισχύει $P = 6 \cdot 10^5 - 5 \cdot 10^7 \cdot V$ (S.I.)

B→Γ ισοβαρής συμπίεση σε πίεση $2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

Γ→A ισόχωρη ψύξη σε όγκο $4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

α) Να βρείτε τον όγκο και την πίεση σε κάθε κατάσταση A,B,Γ

β) Να βρείτε το έργο και το ποσό θερμότητας που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον σε κάθε μεταβολή.

γ)* Να βρεθεί η μέγιστη θερμοκρασία του αερίου κατά τη διάρκεια του παραπάνω κύκλου.

Δίνονται $C_v=3R/2$, $C_p=5R/2$

(Απ: $4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, $8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, $2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, $4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, 1200 J, -800 J, 1200 J, -2000 J, 1200 J, 1200 J, 1800 K)

4. 2^{ος} Θερμοδυναμικός νόμος – θερμικές μηχανές – μηχανή Carnot.

4.1 Μια θερμική μηχανή λειτουργεί ακολουθώντας κυκλική μεταβολή κατά τη διάρκεια της οποίας απορροφά θερμότητα 800 J και παράγει έργο 200 J . Να βρείτε:

- α) τη θερμότητα που αποβάλλει στο περιβάλλον σε κάθε κύκλο
- β) το συντελεστή απόδοσης της μηχανής
- γ) την ισχύ της μηχανής αν γνωρίζουμε ότι κάνει 30 κύκλους σε ένα min.

(Απ: -600 J , $0,25$, 100 W)

4.2 Μια θερμική μηχανή λειτουργεί ακολουθώντας κυκλική μεταβολή κατά τη διάρκεια της οποίας απορροφά θερμότητα 1600 J και αποβάλλει στο περιβάλλον θερμότητα 1400 J . Να βρείτε:

- α) το έργο που παράγει σε κάθε κύκλο
- β) το συντελεστή απόδοσης της μηχανής
- γ) την ισχύ της μηχανής αν γνωρίζουμε ότι κάνει 20 κύκλους σε 5 sec.

(Απ: 200 J , $0,125$, 800 W)

4.3 Μια θερμική μηχανή λειτουργεί ακολουθώντας κυκλική μεταβολή κατά τη διάρκεια της οποίας απορροφά θερμότητα 3000 J . Ο συντελεστής απόδοσης της μηχανής είναι 0,4. Να βρείτε:

- α) το έργο που παράγει σε κάθε κύκλο
- β) τη θερμότητα που αποβάλλει στο περιβάλλον
- γ) την ισχύ της μηχανής αν γνωρίζουμε ότι κάνει 50 κύκλους σε ένα min.

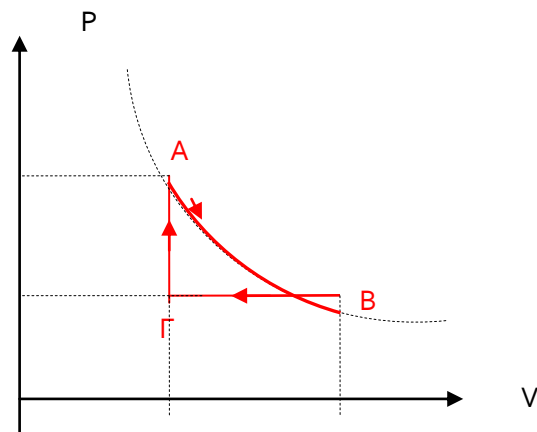
(Απ: 1200 J , -1800 J , 1000 W)

4.4 Μια θερμική μηχανή λειτουργεί ακολουθώντας κυκλική μεταβολή. Η μηχανή έχει ισχύ 200 W , συντελεστή απόδοσης 0,2 και εκτελεί 30 κύκλους ανά λεπτό. Να βρείτε:

- α) το έργο που παράγει σε κάθε κύκλο
- β) τη θερμότητα που απορροφά
- γ) τη θερμότητα που αποβάλλει στο περιβάλλον

(Απ: 400 J , 2000 J , -1600 J)

4.5 Μια θερμική μηχανή λειτουργεί ακολουθώντας την κυκλική μεταβολή του σχήματος



η οποία αποτελείται από :

A→B ισόθερμη εκτόνωση

B→Γ ισοβαρής συμπίεση σε πίεση $2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ μέχρι υποδιπλασιασμού του όγκου

Γ→A ισόχωρη ψύξη σε όγκο $4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

Να βρείτε :

α) τη θερμότητα που απορροφά η μηχανή κατά τη διάρκεια της παραπάνω κυκλικής μεταβολής

β) τη θερμότητα που αποβάλλει στο περιβάλλον

γ) το συντελεστή απόδοσης της μηχανής.

Δίνονται $C_v = 3R/2$, $C_p = 5R/2$ και $\ln(2) = 0,7$.

(Απ: 2320J, -2000 J , 0,138)

Οι ασκήσεις 4.6 ως 4.10 είναι από τη συνεργασία μου με τον Παντελή Κρασαδάκη

4.6 Μια θερμική μηχανή λειτουργεί ακολουθώντας κυκλική μεταβολή κατά τη

διάρκεια της οποίας απορροφά θερμότητα 1000 J και αποβάλλει στο περιβάλλον θερμότητα 400 J .

Να βρεθούν :

α) το έργο που παράγει η μηχανή σε κάθε κύκλο της

β) αν η ισχύς της μηχανής είναι 1000 W , να βρείτε πόση θερμότητα απορροφά η μηχανή σε χρόνο $t = 10 \text{ min}$.

(Απ: 600 J, 10^6 J)

4.7 Ιδανικό αέριο έχει όγκο $V_A = 2 \text{ L}$ και πίεση $p_A = 10^5 \text{ N/m}^2$. Το αέριο υποβάλλεται στις εξής διαδοχικές αντιστρεπτές μεταβολές :

$A \rightarrow B$: Ισόθερμη εκτόνωση, μέχρι $V_B = 4 V_A$.

$B \rightarrow \Gamma$: Ισοβαρή συμπίεση, μέχρι ο όγκος να γίνει ίσος με τον αρχικό V_A

$\Gamma \rightarrow A$: Ισόχωρη θέρμανση μέχρι την κατάσταση A .

Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου κατά τη μεταβολή $B \rightarrow \Gamma$ είναι

$$\Delta U_{B\Gamma} = -225 \text{ J} . \text{ Δίνεται } \ln 4 = 1,4$$

α) Να γίνει το ποιοτικό διάγραμμα $p - V$ της παραπάνω κυκλικής μεταβολής .

β) Να υπολογίσετε τη θερμότητα που απορροφά και αποβάλλει στο περιβάλλον .

γ) Να βρείτε το συντελεστή απόδοσης της μηχανής που δουλεύει με βάση τον παραπάνω κύκλο .

(Απ: 505 J, -375 J, 0,257)

4.8 Ιδανικό αέριο έχει όγκο $V_A = 1 \text{ L}$, πίεση $p_A = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ και θερμοκρασία

$T_A = 300 \text{ K}$. Το αέριο υποβάλλεται στις εξής διαδοχικές αντιστρεπτές μεταβολές :

$A \rightarrow B$: Ισόχωρη θέρμανση μέχρι $T_B = 600 \text{ K}$.

$B \rightarrow \Gamma$: Ισοβαρή εκτόνωση μέχρι $V_\Gamma = 2 V_B$.

$\Gamma \rightarrow \Delta$: Ισόχωρη ψύξη

$\Delta \rightarrow A$: Ισόθερμη μεταβολή μέχρι την κατάσταση A .

α) Να υπολογίσετε την πίεση στο B , τη θερμοκρασία στο Γ και την πίεση στο Δ .

β) Να υπολογίσετε το έργο του αερίου κατά την κυκλική μεταβολή $AB\Gamma\Delta A$.

γ) Να βρείτε το συντελεστή απόδοσης της μηχανής που δουλεύει με βάση τον παραπάνω κύκλο .

(Απ: $4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, 1200 K, 10^5 N/m^2 , 260 J, 0,2)

4.9 Ιδανικό αέριο κάνει κύκλο Carnot . Για την ισόθερμη εκτόνωση AB ισχύει $T_h = 500 \text{ K}$, ενώ για την ισόθερμη συμπίεση $\Gamma\Delta$, $T_c = 300 \text{ K}$. Το ποσό θερμότητας που αποβάλλεται σε κάθε κύκλο είναι $Q_c = -600 \text{ J}$.

Να βρεθούν :

α) Ο συντελεστής απόδοσης του κύκλου Carnot .

β) Το Q_h και το έργο που παράγει το αέριο σε κάθε κύκλο .

(Απ: 0,4 , 1000 J, 400 J)

4.10 Ιδανικό αέριο κάνει κύκλο Carnot με $T_h = 400 \text{ K}$ και $T_c = 300 \text{ K}$. Το ποσό θερμότητας που απορροφά σε κάθε κύκλο είναι $Q_h = 1200 \text{ J}$. Η μηχανή γνωρίζουμε ότι κάνει 20 κύκλους σε ένα min. Να υπολογίσετε :

- α) Το συντελεστή απόδοσης του κύκλου Carnot.
- β) Τη θερμότητα που αποβάλλει σε κάθε κύκλο η μηχανή.
- γ) Την ισχύ της μηχανής και το ρυθμό με τον οποίο αποβάλλει θερμότητα.

(Απ: 0,25 , -900 J, 100 w, -300 J/s)

4.11 Ιδανικό μονατομικό αέριο βρίσκεται σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α με όγκο V_A και πίεση $P_A = 10^6 \text{ N/m}^2$. Από την κατάσταση Α, υποβάλλεται διαδοχικά στις παρακάτω αντιστρεπτές μεταβολές:

- α. Ισοβαρή εκτόνωση μέχρι την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Β με όγκο $V_B = 4V_A$, κατά την οποία το αέριο παράγει έργο $W_{A \rightarrow B} = 3 \cdot 10^3 \text{ J}$.
- β. Αδιαβατική εκτόνωση μέχρι την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Γ με όγκο V_Γ και πίεση P_Γ .
- γ. Ισόθερμη συμπίεση μέχρι την αρχική κατάσταση Α.

Ζητείται:

Α. Να παραστήσετε (ποιοτικά) τις παραπάνω μεταβολές σε διάγραμμα πίεσης - όγκου (p - V).

Μονάδες 6

Β. Να υπολογίσετε την τιμή του όγκου V_A .

Μονάδες 6

Γ. Να υπολογίσετε την τιμή του λόγου $U_{\text{ε}ν\text{B}}/U_{\text{ε}ν\text{Γ}}$, όπου $U_{\text{ε}ν\text{B}}$

και $U_{\text{ε}ν\text{Γ}}$ οι ενεργές ταχύτητες των ατόμων του αερίου στις καταστάσεις Β και Γ αντίστοιχα.

Μονάδες 6

Δ. Να υπολογίσετε το ποσό θερμότητας που αποδίδεται από το αέριο στο περιβάλλον κατά την ισόθερμη συμπίεση $\Gamma \rightarrow A$, όταν ο συντελεστής απόδοσης θερμικής μηχανής που λειτουργεί διαγράφοντας τον παραπάνω κύκλο είναι $\alpha = 0,538$.

Μονάδες 7

(Δίνονται: $C_p = \frac{5}{2} R$, $C_v = \frac{3}{2} R$)

Πανελλήνιες 2002

4.12 Μια θερμική μηχανή Α απορροφά θερμότητα 1000 J και παράγει μηχανικό έργο 200 J σε κάθε κύκλο. Στην έξοδο της μηχανής Α συνδέουμε θερμική μηχανή Β η οποία λειτουργεί απορροφώντας τη μισή από τη θερμότητα που αποβάλλει η μηχανή Α. Η μηχανή Β παράγει μηχανικό έργο 100 J σε κάθε κύκλο. Να βρείτε:

- α) Το συντελεστή απόδοσης κάθε μηχανής χωριστά
- β) το συντελεστή απόδοσης του συστήματος των δύο μηχανών
- γ) τη συνολική θερμότητα που αποβάλλεται από το σύστημα των δύο μηχανών.

(Απ: 0,2 0,25 0,3 -700J)

4.13 Μια ποσότητα ιδανικού αερίου ακολουθεί κυκλική μεταβολή ΑΒΓΑ η οποία αποτελείται από:

ΑΒ : ισοβαρή εκτόνωση σε πίεση $P_A = 160 \text{ N/m}^2$

ΒΓ : ισόχωρη ψύξη με όγκο $V_B = 8 \text{ m}^3$

ΓΑ : αδιαβατική συμπίεση στην οποία ισχύει η σχέση $P \cdot V^\gamma = 160 \text{ N} \cdot \text{m}^3$

- α) Να βρείτε τα γ , C_p , C_v
- β) Να γίνει το διάγραμμα P-V
- γ) Να βρείτε το συντελεστή απόδοσης μιας μηχανής που δουλεύει με τον παραπάνω κύκλο.

(Απ: 5/3, 5R/2, 3R/2, 0,34)

4.14 Μια μηχανή Carnot έχει ισχύ 100KW και δουλεύει κάνοντας 3000 κύκλους το λεπτό. Σε κάθε κύκλο απορροφά θερμότητα 5000 J και αποδίδει θερμότητα σε ψυχρή δεξαμενή θερμοκρασίας 300 K. Να βρείτε:

- α) Το ωφέλιμο έργο που παράγει η μηχανή σε κάθε κύκλο
- β) Το συντελεστή απόδοσης της μηχανής
- γ) Τη θερμοκρασία της θερμής δεξαμενής.

(Απ: 2000 J, 0,4, 500 K)

4.15 Μηχανή Carnot Α λειτουργεί απορροφώντας θερμότητα 2000 J σε κάθε κύκλο, από δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας $T_1 = 800 \text{ K}$. Η μηχανή παράγει μηχανικό έργο και αποβάλλει θερμότητα σε δεξαμενή θερμοκρασίας $T_2 = 500 \text{ K}$. Μια δεύτερη μηχανή Carnot Β είναι συνδεδεμένη στην έξοδο της Α ώστε να απορροφά θερμότητα από τη δεξαμενή στην οποία αποβάλλει η Α. Η μηχανή Β απορροφά σε κάθε κύκλο το 80% της θερμότητας που αποβάλλει η Α, παράγει μηχανικό έργο και αποβάλλει θερμότητα σε δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας $T_3 = 300 \text{ K}$. Να βρείτε :

- α) Το συντελεστή απόδοσης κάθε μηχανής
- β) Το συντελεστή απόδοσης του συστήματος των δύο μηχανών

(Απ: 0,375, 0,4, 0,575)

5. Τράπεζα Θεμάτων