

# ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΜΑΘΗΜΑ: ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2014

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ: 24-09-2014

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ:

A.M.:

## ΘΕΜΑΤΑ

### **ΘΕΜΑ 1 (2.5 μ.)**

**I.** Έστω μία θερμική μηχανή που χρησιμοποιεί ιδανικό αέριο σε αντιστρεπτό κύκλο λειτουργίας. Το αέριο έχει σταθερή θερμοχωρητικότητα υπό σταθερή πίεση. Ο κύκλος λειτουργίας της θερμικής μηχανής αποτελείται από δύο αδιαβατικές διεργασίες και από δύο διεργασίες υπό σταθερή πίεση (έστω  $P_1$  και  $P_2$ ,  $P_1 < P_2$ ). α) Να σχεδιάσετε το κύκλο λειτουργίας στο επίπεδο P-V. Σε ποιο σημείο του κύκλου η θερμοκρασία είναι υψηλότερη και σε ποιο χαμηλότερη; β) Να υπολογίσετε την απόδοση της μηχανής ως συνάρτηση των  $P_1$  και  $P_2$ . γ) Να δείξετε ότι μια μηχανή Carnot που χρησιμοποιεί το ίδιο ιδανικό αέριο και λειτουργεί ανάμεσα στην ίδια υψηλότερη και χαμηλότερη θερμοκρασία όπως της θερμικής μηχανής (στον αντίστοιχο κύκλο λειτουργίας της) έχει υψηλότερη απόδοση από την θερμική μηχανή.

**II.** Έστω ότι η παραπάνω θερμική μηχανή λειτουργούσε με ελαστική ταινία της οποίας η καταστατική εξίσωση δίνεται από την έκφραση:  $F=CdT$ , όπου C σταθερά, T η θερμοκρασία, d το μήκος ανά μονάδα μάζας και F η “δύναμη” που μπορεί να ασκηθεί πάνω στην ταινία. Η θερμοχωρητικότητα της ταινίας ανά μονάδα μάζας και υπό σταθερό μήκος είναι σταθερή. α) Να σχεδιάσετε το κύκλο λειτουργίας της μηχανής στο επίπεδο F-d θεωρώντας ότι αποτελείται από μία ισόθερμη διεργασία που λαμβάνει χώρα μεταξύ  $F_1$  και  $2F_1$  και  $d_1$  και  $2d_1$  και από δύο άλλες διαδοχικές διεργασίες, μία υπό σταθερό μήκος και μία υπό σταθερή “δύναμη” (κύκλος σε μορφή τριγώνου) β) Να υπολογίσετε την απόδοσή της.

### **ΘΕΜΑ 2 (3 μ.)**

Διατομικό αέριο βρίσκεται εντός κύβου πλευράς d. Το αέριο βρίσκεται σε θερμοδυναμική ισορροπία με θερμική δεξαμενή θερμοκρασίας T και η ροπή αδρανείας του είναι I. Να βρείτε α) μια γενική σχέση που να δίνει τη συνάρτηση επιμερισμού των μορίων του αερίου, λαμβάνοντας υπόψιν τη συνεισφορά των μεταφορικών, περιστροφικών και ταλαντωτικών βαθμών ελευθερίας του καθώς και τον εκφυλισμό των αντίστοιχων ενεργειακών σταθμών του και β) την αντίστοιχη έκφραση για την μέση τους ενέργεια και την ελεύθερη ενέργεια Helmholtz. γ) Αν θεωρήσουμε ότι το αέριο βρίσκεται σε θερμοκρασία  $T \gg T_0 = \hbar^2/2IK_B$  ( $K_B$ : σταθερά του Boltzmann), να βρείτε τη συνάρτηση επιμερισμού λόγω περιστροφής και τη μέση ενέργεια περιστροφής του. δ) Να επαναλάβετε τους υπολογισμούς του ερωτήματος γ για  $T \ll T_0$ , θεωρώντας ότι το κάθε μόριο μπορεί να καταλαμβάνει πλέον μόνο τις τρεις χαμηλότερες ενεργειακές στάθμες περιστροφής του. ε) Να βρείτε τη συνάρτηση επιμερισμού λόγω ταλάντωσης και τη μέση ενέργεια ταλάντωσης του, θεωρώντας ότι το αέριο βρίσκεται είτε σε θερμοκρασία  $T \gg T_1 = \hbar\omega/K_B$  ( $\omega$ : συχνότητα ταλάντωσης) ή σε  $T \ll T_1$ . Να σχολιάσετε τα αποτελέσματα.

**ΘΕΜΑ 3 (2 μ.)**

Μια ελαστική ταινία όπως αυτή του θέματος 1.Π μπορεί να προσομοιωθεί με μια μονοδιάστατη αλυσίδα μορίων που συνδέονται μεταξύ τους. Ο συνολικός αριθμός συνδέσεων είναι  $2N$  ενώ το μήκος κάθε τμήματος της αλυσίδας μεταξύ δύο οποιονδήποτε, διαδοχικών, συνδέσεων είναι  $d$ . Αν ασκώντας κατάλληλη “δύναμη” μπορούμε να αυξήσουμε (ή να μειώσουμε, αντίστοιχα) το μήκος της στην τιμή  $2td$  (“διπλώνοντας” πχ. μια σύνδεση), να υπολογίσετε α) την εντροπία της ταινίας, μέσω του αριθμού των δυνατών μικροκαταστάσεων και β) την ασκούμενη “δύναμη”, ως συνάρτηση του  $t$ .

**ΘΕΜΑ 4 (2.5 μ.)**

Σύστημα τριών (μη αλληλεπιδρώντων) φερμιονίων βρίσκεται σε επαφή με θερμική δεξαμενή θερμοκρασίας  $T$ . Τα φερμιόνια μπορεί να καταλάβουν τις 2 ενεργειακές στάθμες του συστήματος με ενέργειες  $E_n = n\epsilon$  με  $n=0$  και 1. Το σύστημα των φερμιονίων και της δεξαμενής βρίσκεται σε θερμοδυναμική ισορροπία.

α) Να καταγράψετε τις εφικτές μικροκαταστάσεις των φερμιονίων. Στη συνέχεια, να βρείτε β) τη συνάρτηση επιμερισμού του συστήματος και γ) τα μέσα πλήθη κατάληψης των 2 σταθμών.

δ) Να επαναλάβετε τους υπολογισμούς στα παραπάνω ερωτήματα για σύστημα τριών (μη αλληλεπιδρώντων) μποζονίων καθώς και για την περίπτωση συστήματος τριών διακρίσιμων σωματιδίων. Τι συμβαίνει στα όρια των πολύ χαμηλών και πολύ υψηλών θερμοκρασιών, αντίστοιχα, για κάθε είδος σωματιδίων;

**Δίνονται:** Η προσεγγιστική σχέση του Stirling  $\ln N! \approx N \ln N - N$  για  $N \gg 1$ , η σχέση Maxwell  $(\partial S / \partial d)_T = -(\partial F / \partial T)_d$ , η σειρά  $\sum \exp(-ax) = a_1(1-\lambda)$  για τιμές του  $x$  από 0 έως άπειρο (όπου  $a_1$  ο πρώτος όρος της,  $\lambda$  ο λόγος της ( $|\lambda| < 1$ ) και  $a$ : σταθερά), η σχέση  $1/T = (\partial S / \partial E)_{N,V}$  και η προσεγγιστική σχέση  $\ln(1 \pm x) \approx \pm x$  ( $x \ll 1$ ).

**ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ!**