

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΜΑΘΗΜΑ: ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2014

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ: 19-02-2014

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ:

A.M.:

ΘΕΜΑΤΑ

ΘΕΜΑ 1 (2.5 μ.)

Μία μηχανή Carnot λειτουργεί με παραμαγνητικό υλικό σταθερού όγκου V εντός ομοιογενούς μαγνητικού πεδίου H . Η καταστατική του εξίσωση δίνεται από την έκφραση $M = NCH/TN_A$ όπου M το μέτρο της μαγνήτισης, N ο αριθμός των μορίων του υλικού, C θετική σταθερά που εξαρτάται από το υλικό, H το μέτρο της έντασης του πεδίου, T η θερμοκρασία και N_A η σταθερά του Avogadro. α) Να γράψετε τη θεμελιώδη ταυτότητα της θερμοδυναμικής του συστήματος λαμβάνοντας υπόψιν και το μαγνητικό έργο. β) Αν θεωρήσουμε ότι η εσωτερική ενέργεια είναι γενικά συνάρτηση της θερμοκρασίας και της μαγνήτισης, να δείξετε ότι μπορεί να εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία. γ) Θεωρώντας ότι η εσωτερική ενέργεια είναι ανάλογη της θερμοκρασίας, να σχεδιάσετε ένα κύκλο Carnot στο επίπεδο M - H (λαμβάνοντας υπόψιν μόνο τα μέτρα των αντίστοιχων διανυσμάτων). δ) Να βρείτε τη θερμότητα και το έργο για τη μηχανή Carnot ως συνάρτηση των κατάλληλων μεγεθών (με βάση τον κύκλο Carnot που έχετε σχεδιάσει παραπάνω) και να σχολιάσετε τα αποτελέσματα. ε) Να υπολογίσετε την απόδοσή της.

ΘΕΜΑ 2 (1.5 μ.)

Κλειστό μακροσκοπικό σύστημα αποτελείται από N μόρια που καταλαμβάνουν τον όγκο δύο δοχείων A και B που συνδέονται με μια βαλβίδα. Θεωρούμε ότι αρχικά το σύστημα βρίσκεται στην κατάσταση όπου $N/2$ μόρια βρίσκονται εντός του κάθε δοχείου ("ιδεατός επιμερισμός μορίων"). Αν θεωρήσουμε ότι το σύστημα μεταβαίνει σε μια κατάσταση όπου ο αριθμός των μορίων στο δοχείο A είναι $N/2+n$ (όπου $n \ll N$), α) να δείξετε ότι το πλήθος των δυνατών διευθετήσεων W των N μορίων του συστήματος στα δύο δοχεία υπακούει σε μια κατανομή Gauss όπου το n συνδέεται με την τυπική απόκλιση της κατανομής και β) να βρείτε την εντροπία του συστήματος, ως συνάρτηση του n . Τι τιμή παίρνει το W και η εντροπία για $n=0$;

ΘΕΜΑ 3 (2 μ.)

Κλειστό μακροσκοπικό σύστημα αποτελείται από δύο υποσυστήματα: ένα με 1 σωματίδιο με spin $1/2$ και μαγνητική ροπή μ_0 και ένα δεύτερο με N σωματίδια ($N \gg 1$) με spin $1/2$ και με μαγνητική ροπή μ_0 το καθένα. Τα δύο υποσυστήματα δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και τοποθετούνται εντός σταθερού μαγνητικού πεδίου έντασης B . Όταν η μαγνητική ροπή του πρώτου υποσυστήματος είναι παράλληλη προς το B , θεωρούμε ότι n_+ πλήθος από το δεύτερο υποσύστημα προσανατολίζονται παράλληλα και οι υπόλοιπες $n_- = N - n_+$ αντιπαράλληλα. α) Να βρείτε το πλήθος των εφικτών μικροκαταστάσεων του συστήματος σε αυτήν την περίπτωση. β) Θεωρούμε ότι τα δύο υποσυστήματα βρίσκονται σε θερμική επαφή και ότι η ολική ενέργεια του συστήματος διατηρείται σταθερή. Αν η μαγνητική ροπή του πρώτου υποσυστήματος προσανατολιστεί αντιπαράλληλα πλέον προς το B , να βρείτε το πλήθος των εφικτών μικροκαταστάσεων του συστήματος (ως συνάρτηση του n_+) και γ) το συνολικό αριθμό τους, λαμβάνοντας υπόψιν και τους δύο

(ισοδύναμους) εφικτούς προσανατολισμούς της μαγνητικής ροπής του πρώτου υποσυστήματος. Να σχολιάσετε το αποτέλεσμα όσον αφορά το πλήθος από τις μαγνητικές ροπές του συστήματος που είναι παράλληλες και αντιπαράλληλες, αντίστοιχα, προς το B.

ΘΕΜΑ 4 (1.5 μ.)

Σύμφωνα με ένα απλό μοντέλο για τη διπλή έλικα του μορίου του DNA, αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως μια αλυσίδα που αποτελείται από N το πλήθος συνδέσεις κάθε μία από τις οποίες μπορεί να είναι κλειστή ή ανοιχτή με δεδομένη ενέργεια ϵ_1 ή ϵ_2 ($\epsilon_2 > \epsilon_1$), αντίστοιχα. Αν θεωρήσουμε ότι η διαδικασία αντιγραφής του ξεκινάει με το άνοιγμα πχ. μίας σύνδεσης από τη μία πλευρά της έλικας (μία σύνδεση μπορεί να ανοίξει μόνο αν όλες οι συνδέσεις αριστερά της ανοίξουν), να υπολογίσετε α) τη συνάρτηση επιμερισμού του και β) το μέσο πλήθος ανοιχτών συνδέσεων $\langle n \rangle$, ως συνάρτηση του N και της θερμοκρασίας T. Τι συμβαίνει στα όρια των πολύ χαμηλών και πολύ υψηλών θερμοκρασιών, αντίστοιχα;

ΘΕΜΑ 5 (2.5μ.)

Σύστημα δύο μη αλληλεπιδρώντων φερμιονίων βρίσκεται σε επαφή με θερμική δεξαμενή θερμοκρασίας T. Κάθε ένα από τα φερμιόνια μπορεί να καταλάβει μία από τις 3 ενεργειακές στάθμες που έχουν ενέργειες $E_n = nE$ όπου $n=0,1,2$. 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 των φερμιονίων και γ) τα μέσα πλήθη κατάληψης των 3 ενεργειακών σταθμών. Τι συμβαίνει στα όρια των πολύ χαμηλών και πολύ υψηλών θερμοκρασιών, αντίστοιχα; (Να απαντήσετε χωρίς μαθηματικές πράξεις)

δ) Να επαναλάβετε τους υπολογισμούς στα παραπάνω ερωτήματα για σύστημα δύο μη αλληλεπιδρώντων μποζονίων.

Δίνονται: Η προσεγγιστική σχέση του Stirling $\ln N! \approx N \ln N - N$ για $N \gg 1$, η σχέση $1/T = (\partial S / \partial E)_{N,V}$, η σχέση Maxwell $(\partial S / \partial M)_T = -(\partial H / \partial T)_M$, το άθροισμα $\sum_{n=0}^{\infty} \lambda^n = 1/(1-\lambda)$ όπου $|\lambda| < 1$, καθώς και η προσεγγιστική σχέση $\ln(1+x) \approx x - x^2/2 + \dots$ ($x \ll 1$).

ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ!