ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΜΑΘΗΜΑ: **<u>ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ</u>**
ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: **ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2017**
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ: **09-02-2017**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: Α.Μ.:

<u>ΘΕΜΑΤΑ</u>

ΘΕΜΑ 1

Ι. Η μεταβολή του όγκου V θερμοδυναμικού συστήματος δίνεται από τη σχέση $dV=V\alpha_p dT-V\kappa_T dP$ όπου α_p, κ_T είναι οι συντελεστές ισοβαρούς διαστολής και ισόθερμης συμπιεστότητας, αντίστοιχα.

α) Να σχεδιάσετε έναν αντιπροσωπευτικό "κύκλο" λειτουργίας στο επίπεδο P-T, λαμβάνοντας υπόψη ότι το σύστημα μεταβαίνει από την αρχική κατάσταση (P_1, T_1) στην τελική κατάσταση (P_2, T_2) όπου $T_2<T_1$ και $P_2<P_1$ με τρεις διαφορετικές διεργασίες: μια ισόθερμη (υπό T_1) ακολουθούμενη από μια ισοβαρή (υπό P_2), μια ισοβαρή (υπό P_1) ακολουθούμενη από μια ισόθερμη (υπό T_2) και μια διεργασία στην οποία $P=\lambda T$ όπου λ=σταθ. εξαρτώμενη από την αρχική και τελική κατάσταση.

β) Να υπολογίσετε το έργο για μετάβαση από την αρχική στην τελική κατάσταση για κάθε μια από τις διεργασίες, λαμβάνοντας υπόψιν ότι η μεταβολή του V είναι αρκετά μικρή ώστε να θεωρηθεί ότι $V=V_1$ στους όρους του dV για όλες τις διεργασίες (V_1 ο όγκος στην αρχική κατάσταση). Να σχολιάσετε τα αποτελέσματα.

ΙΙ. Η καταστατική εξίσωση παραμαγνητικού υλικού δίνεται από τη σχέση $M=cH/(T-T_0)$ όπου M η μαγνήτιση, H το εφαρμοζόμενο μαγνητικό πεδίο και T η θερμοκρασία ($T>T_0$ με c, T_0 σταθερές).

α) Λαμβάνοντας υπόψιν ότι η θερμοχωρητικότητα του υλικού υπό σταθερή μαγνήτιση C_M εξαρτάται γενικά από τα T, M, να δείξετε ότι για σταθερή T είναι ανεξάρτητη του M.
Θεωρείται γνωστή η σχέση Maxwell $(\partial S/\partial M)_T=-(\partial H/\partial T)_M$.

β) Να βρείτε μια έκφραση για την εσωτερική του ενέργεια ως συνάρτηση των T, M και της $C_M(T)$.

ΘΕΜΑ 2

N ανεξάρτητα, διακρίσιμα, μαγνητικά δίπολα (N>>) κάθε ένα με μαγνητική ροπή μέτρου μ και σπιν 1/2 συγκροτούν μακροσκοπικό σύστημα. Η μαγνητική ροπή κάθε διπόλου έχει δύο εφικτούς προσανατολισμούς: έναν προς την θετική και έναν προς την αρνητική κατεύθυνση πχ. του άξονα z.

α) Αν το σύστημα είναι απομονωμένο, να βρείτε τον ολικό αριθμό μικροκαταστάσεων και μακροκαταστάσεων του, την εντροπία του, την πιθανότητα $P(N_1)$ N_1 δίπολα να προσανατολιστούν προς την θετική κατεύθυνση του άξονα z και να δείξετε ότι η $P(N_1)$ ικανοποιεί τη συνθήκη κανονικοποίησης.

β) Αν το σύστημα τοποθετηθεί εντός εξωτερικού μαγνητικού πεδίου H στη διεύθυνση του άξονα z, να υπολογίσετε την πιθανότητα $P(N_1)$ N_1 οποιαδήποτε δίπολα να είναι προσανατολισμένα προς την θετική κατεύθυνση του άξονα z λαμβάνοντας υπόψιν ότι η πιθανότητα ένα δίπολο να προσανατολιστεί προς τη συγκεκριμένη κατεύθυνση είναι p. γ) Χρησιμοποιώντας την $P(N_1)$, να υπολογίσετε τη μέση μαγνητική ροπή του (μέση μαγνήτιση) ως συνάρτηση του p. Να σχολιάσετε το αποτέλεσμα για $p\geq 1/2$. δ) Να υπολογίσετε τη μέση ενέργειά του ως συνάρτηση του p.

ΘΕΜΑ 3

Πολυμερική "αλυσίδα" αποτελείται από Ν τμήματα (Ν>>), μοναδιαίου μήκους το καθένα. Οι πιθανές διαμορφώσεις (διευθετήσεις) της σε χώρο δύο διαστάσεων (x,y) μπορούν να προσομοιωθούν με την "κίνησή" κάθε τμήματος της μεταξύ των πλεγματικών θέσεων σε ένα τετραγωνικό πλέγμα. Η απόσταση μεταξύ δύο οποιονδήποτε γειτονικών θέσεων σε έναν άξονα είναι ίση με το μήκος κάθε τμήματός της. Σε κάθε πλεγματική θέση, οποιοδήποτε τμήμα της "αλυσίδας" μπορεί να "κινηθεί" ως την επόμενη πλεγματική θέση είτε προς τον άξονα y είτε προς τον άξονα x (σε γωνία 90° ως προς τον y). Η σχετική "κίνηση" προς τους δύο άξονες μπορεί να γίνει είτε προς τη θετική είτε προς την αρνητική τους κατεύθυνση. Η "κίνηση" κατά μία θέση προς οποιαδήποτε από τις δύο κατευθύνσεις τον άξονα y αντιστοιχεί σε μηδενική ενέργεια ενώ η αντίστοιχη προς οποιαδήποτε από τις δύο κατευθύνσεις του άξονα x αντιστοιχεί σε ενέργεια ε (ε=σταθ., >0). Το σύστημα ισορροπεί θερμοδυναμικά με θερμική δεξαμενή θερμοκρασίας Τ.
Να υπολογίσετε, ως συνάρτηση των Τ, Ν, για το σύστημα α) τη συνάρτηση επιμερισμού του, β) την εσωτερική του ενέργεια, γ) την ελεύθερή του ενέργεια Helmholtz δ) την εντροπία του και ε) την θερμοχωρητικότητά του. στ) Τι τιμές παίρνουν τα παραπάνω μεγέθη στα όρια των πολύ χαμηλών ($T\rightarrow 0$) και πολύ υψηλών θερμοκρασιών, αντίστοιχα; Να σχολιάσετε τα αποτελέσματα.

ΘΕΜΑ 4

I. Για ιδανικό αέριο ηλεκτρονίων (μάζας m και σπιν 1/2) που περιορίζεται σε επιφάνεια εμβαδού S, να βρείτε α) την πυκνότητα ενεργειακών του καταστάσεων. Στη συνέχεια, να βρείτε β) τον αριθμό ηλεκτρονίων του αερίου Ν και τη συγκέντρωσή τους ως συνάρτηση της ενέργειας Fermi E_F και γ) την εσωτερική του ενέργεια ως συνάρτηση των Ν και E_F, στο απόλυτο μηδέν.

II. Σύστημα δύο ανεξάρτητων φερμιονίων είναι σε επαφή με θερμοχημική δεξαμενή θερμοκρασίας Τ και χημικού δυναμικού μ. Τα φερμιόνια μπορεί να καταλάβουν τις 3 δυνατές ενεργειακές καταστάσεις του συστήματος με ενέργειες $E_n=n\varepsilon$ (n=1, 2, 3 και ε=σταθ.). Το σύστημα των φερμιονίων και η δεξαμενή βρίσκονται σε θερμοδυναμική ισορροπία.
α) Να καταγράψετε τις εφικτές μικροκαταστάσεις των φερμιονίων. Να βρείτε β) τη συνάρτηση επιμερισμού και γ) τη μεγάλη συνάρτηση επιμερισμού Z_G του συστήματος.

ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ!