

ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

1. Δύο ίδια σώματα A και B βρίσκονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες $T_A > T_B$. Οι θερμοχωρητικότητές τους είναι ίδιες και ανεξάρτητες της θερμοκρασίας. Τα δύο σώματα (με τη βοήθεια ενός τρίτου βοηθητικού που εκτελεί κυκλικές διαδικασίες) φτάνουν σε ολική θερμοδυναμική ισορροπία υπό συνθήκες άντλησης του μέγιστου έργου (χωρίς ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον). Ποια είναι η τελική θερμοκρασία; Τι ποσοστό της ενέργειας που έχασε το σώμα A έγινε έργο;
2. Θεωρήστε τη σχέση $dG = -SdT + VdP + \mu dN$. Λαμβάνοντας υπόψη αυτή τη σχέση σχεδιάστε την ελεύθερη ενέργεια του Gibbs ως συνάρτηση του T υπό σταθερή πίεση P και αριθμό σωματίων N για τη στερεά, την υγρή και την αέρια φάση μιας ουσίας. Διακρίνετε τρεις περιπτώσεις: πολύ χαμηλή πίεση, ενδιάμεση πίεση και πολύ υψηλή πίεση. Με βάση τα παραπάνω σχεδιάστε το διάγραμμα των τριών φάσεων της ύλης στο επίπεδο T, P.
3. Ποια η θερμοκρασία T_t του τριπλού σημείου του νερού; Είναι η πίεση P_t του τριπλού σημείου του νερού μικρότερη ή μεγαλύτερη της μίας ατμόσφαιρας; Δίνεται ότι η θερμότητα βρασμού είναι περίπου 43 kJ/mol. Μπορείτε να εκτιμήσετε την πίεση του τριπλού σημείου του νερού; Πόση είναι; (Υπόδειξη: Χρησιμοποιήστε το διάγραμμα φάσεων στο επίπεδο P, T.)
4. Ένα ομοιογενές και ισότροπο υλικό όγκου V και μαγνητικής επιδεκτικότητας χ (όπου από τον ορισμό του χ η μαγνήτιση M συνδέεται με το βοηθητικό μαγνητικό πεδίο H μέσω της σχέσης $M = \chi H$) τίθεται σε ένα ομοιογενές πεδίο H. Δίνεται ότι $\chi = A/T$, όπου A είναι μια θετική σταθερά ανεξάρτητη του H ή του M και ότι $dW = -VHdM$. Υπολογίστε την εντροπία $S(H, T)$ μέσω της $S(0, T)$ και των λοιπών σχετικών παραμέτρων. Υπολογίστε επίσης την παράγωγο $(\partial T/\partial H)S$. Έτσι επιτυγχάνονται πολύ χαμηλές θερμοκρασίες με την αδιαβατική μηδένιση του μαγνητικού πεδίου H. Εξηγήστε πώς. (Βλ. [24], σελ.477-485.) Υπόδειξη: Ξεκινήστε με τη σχέση $dU = TdS - dW$ και αλλάξτε το U σε μια άλλη κατάλληλη θερμοδυναμική ποσότητα με διαστάσεις ενέργειας που να έχει τη θερμοκρασία T και το H ως φυσιολογικές μεταβλητές.
5. Για ένα θερμικά μονωμένο σύστημα σε θερμοδυναμική ισορροπία σχεδιάστε την εντροπία S ως συνάρτηση της εσωτερικής ενέργειας U θεωρώντας τις άλλες ανεξάρτητες θερμοδυναμικές ποσότητες σταθερές. Στη συνέχεια στο επίπεδο S, U θεωρήστε ένα σημείο που αντιστοιχεί σε μια κατάσταση του ίδιου συστήματος εκτός θερμοδυναμικής ισορροπίας. Με βάση τα παραπάνω δείξτε ότι το μέγιστο έργο επιτυγχάνεται υπό ισεντροπικές συνθήκες. (Βλ. και 3.2.1, σελ. 55.)

ΔΙΑΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

1. Βρείτε το λεγόμενο τύπο του Poiseuille που δίνει τη ροή υγρού, δηλαδή τον όγκο υγρού ανά μονάδα χρόνου που διέρχεται μέσω μιας οποιασδήποτε νοητής διατομής ενός σωλήνα κυκλικής διατομής ακτίνας r. Το ιξώδες του νερού είναι $\eta = 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$

2. Εκτιμήστε το χρόνο ζωής ενός κλασικού μοντέλου για το άτομο του υδρογόνου θεωρώντας ότι, εάν δεν υπήρχε ακτινοβολία, το ηλεκτρόνιο θα ακολουθούσε μια κυκλική τροχιά ακτίνας ίσης με την ακτίνα του Bohr.

3. Θεωρήστε δύο επίπεδες παράλληλες πλάκες σε απόσταση d μεταξύ τους που αποτελούνται από τέλειο μέταλλο (τέλειοι καθρέφτες) και είναι ηλεκτρικά αφόρτιστες. Ο H. Casimir το 1948 πρότεινε σε μια εργασία του ότι υπάρχει μια ελκτική ΗΜ δύναμη μεταξύ των δύο πλακών καίτοι είναι αφόρτιστες. Η πρόβλεψή του αυτή επαληθεύθηκε πειραματικά αρκετά αργότερα. Με χρήση διαστατικής ανάλυσης βρείτε τον τύπο που δίνει αυτή τη δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας, αφού πρώτα αναρωτηθείτε για το φυσικό μηχανισμό που προκαλεί αυτή την έλξη