

## Θερμοδυναμική και Στατιστική Φυσική

10.01.2013

(1) Σε μία μηχανή Stirling γίνονται οι ακόλουθες διεργασίες σε  $N$  μόρια ένος ιδανικού μονοατομικού αερίου:

- μία ισόθερμη εκτόνωση από  $P_1, V_1, T_h$  στο  $P_2, V_2, T_h$   
( $V_2 > V_1$ )
- μία ισόχωρη ψύξη από  $P_2, V_2, T_h$  στο  $P_3, V_3, T_c$   
( $V_3 = V_2$ )
- μία ισόθερμη συμπίεση από  $P_3, V_3, T_c$  στο  $P_4, V_4, T_c$   
( $V_4 < V_3$ )
- μία ισόχωρη θέρμανση από  $P_4, V_4, T_c$  στο  $P_1, V_1, T_h$   
( $V_1 = V_4$ ).

Σχεδιάστε τον κύκλο σε ένα διάγραμμα  $P - V$  και υπολογίστε τα  $U_{12} = U_2 - U_1, Q_{12}, W_{12}, U_{23}, Q_{23}, W_{23}, U_{34}, Q_{34}, W_{34}, U_{41}, Q_{41}, W_{41}$ . Ποιά είναι η απόδοση  $\eta$  της μηχανής που ορίζεται ως ο λόγος του συνολικού έργου που παράγεται προς το ποσό θερμότητας που εισέρχεται στην μηχανή ; (3 μονάδες)

(2) Μία μη ιδανική θερμική μηχανή λαμβάνει  $7000J$  θερμότητας από πηγή στους  $427C$ , παράγει έργο  $5500J$  και απορρίπτει  $1500J$  θερμότητας στους  $+27C$ . Η μηχανή παραβιάζει τον 1ο και/η τον 2ο νόμο της Θερμοδυναμικής ; (1 μονάδα)

(3) Ένα ιδανικό κλασικό αέριο βρίσκεται μέσα σε ένα κυλινδρικό δοχείο ακτίνας  $R$  και ύψους  $l$  περιστρεφόμενο με γωνιακή ταχύτητα  $\Omega$ . Στο περιστρεφόμενο σύστημα αναφοράς το αέριο έχει ενέργεια  $\epsilon^* = \mathbf{p}^2/2m - \frac{1}{2}m\Omega^2 r^2$  ( $r$  είναι η απόσταση του μορίου από το άξονα περιστροφής,  $r^2 = x^2 + y^2$ ). Υποθέτωντας θερμική ισορροπία σε αυτό το σύστημα, υπολογίστε την μέση τιμή της ενέργειας  $\langle \epsilon^* \rangle$  ανά μόριο (3 μονάδες).

(4) Στο μόριο  $O_2$  ποιός είναι ο λόγος κατάληψης της 1ης ηλεκτρονικής στάθμης (διπλά εκφυλισμένη) προς την θεμελιώδη (τριπλά εκφυλισμένη) - έχουν διαφορά ενέργειας  $\sim 1eV$  - σε θερμοκρασία  $5000K$  ; (1 μονάδα)

(5) Το γραφένιο είναι ένα υλικό με πλέγμα από άνθρακα σε 2 διαστάσεις. Έχει φωνονικές διεγέρσεις τριών ειδών, διαμήκεις (longitudinal) με ενεργειακή διασπορά  $\omega_L = v_L q$  ( $v_L = 13.6km/s$ ), εγκάρσιες (transverse) με  $\omega_T = v_T q$  ( $v_T = 21.3km/m$ ) και κάμψης (flexural) με  $\omega_F = \alpha q^2$  ( $\alpha = 6 \times 10^{-7}m^2/s$ ).  $q = \sqrt{(q_x^2 + q_y^2)}$  είναι το κυματόνισμα σε 2 διαστάσεις. Υπολογίστε την συνεισφορά,  $c_L, c_T, c_F$ , των διεγέρσεων στην ειδική θερμότητα και κατατάξετε τις κατά σειρά μεγέθους σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (3 μονάδες).

$$\int_0^{+\infty} dx \frac{x}{e^x - 1} = \frac{\pi^2}{6}$$

$$\int_0^{+\infty} dx \frac{x^2}{e^x - 1} = \Gamma(3)\zeta(3)$$