Θερμοδυναμική: Κανονική Εξέταση

Φεβρουάριος 2019

Κλειστά βιβλία και κινητά τηλέφωνα

Γράψτε και τα τέσσερα ισοδύναμα θέματα.

Διάρκεια εξέτασης: 2.5 ώρες

Πρόβλημα 1 Θεωρούμε την αντίσταση R ενός συρμάτινου αγωγού ως τη θερμοδυναμική παράμετρο για μέτρηση της θερμοκρασίας Θ. Η χαρακτηριστική εξίσωση είναι: $R = a + b\,\Theta$, όπου τα a και b είναι σταθερές. Η αντίσταση του σύρματος είναι 10 Ω, όταν βρισκόμαστε στη θερμοκρασία ισορροπίας νερού με πάγο σε πίεση 1 atm και 12 Ω, όταν το σύρμα βρεθεί στη θερμοκρασία νερού που βράζει σε πίεση 1 atm. Στην αυθαίρετη κλίμακα που χρησιμοποιούμε δίνουμε στη θερμοκρασία πάγου-νερού την τιμή 100^o και στη θερμοκρασία του νερού που βράζει την τιμή 600^o. Ποιά είναι η θερμοκρασία στην κλίμακα αυτή, όταν $R = 11,2\Omega$;

Πρόβλημα 2 Αέριο διέπεται από την καταστατική εξίσωση $(P+a)(v-b) = RT$, όπου τα a και b είναι σταθερές, ενώ το v είναι ο μοριακός όγκος $\left(v \equiv \frac{V}{n}\right)$. Δείξτε ότι (α) Ο συντελεστής εκτόνωσης $\beta \equiv \frac{1}{v}\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P$ ισούται με $\beta = \frac{v-b}{vT}$ και (β) Ο ισόθερμος συντελεστής συμπιεστότητας $\kappa_T \equiv -\frac{1}{v}\left(\frac{\partial v}{\partial P}\right)_T$ ισούται με $\kappa_T = \frac{RT}{v(P+a)^2}$. (γ) Μπορείτε να υπολογίσετε το πηλίκο $\frac{\beta}{\kappa_T}$ απ' ευθείας, χωρίς να υπολογίσετε προηγουμένως τα β και κ_T;

Πρόβλημα 3 Σώμα (σταθερής) θερμοχωρητικότητας C_P και θερμοκρασίας T_σ τοποθετείται σε λίμνη θερμοκρασίας T_λ, όπου $T_\sigma > T_\lambda$. Το σύστημα σώματος - λίμνης είναι απομονωμένο και υπό σταθερή πίεση. (α) Πόση θερμότητα χάνει το σώμα; Πόση θερμότητα κερδίζει η λίμνη; Ποιό είναι το πρόσημο της κάθε ποσότητας; (β) Να προσδιοριστεί η μεταβολή της εντροπίας ΔS_σ του σώματος, ΔS_λ της λίμνης και η μεταβολή της ολικής εντροπίας $\Delta S_{o\lambda} \equiv \Delta S_\sigma + \Delta S_\lambda$. Ποιό είναι το πρόσημο της μεταβολής της ολικής εντροπίας, αν $T_\sigma = T_\lambda e$, όπου το $e \simeq 2.718$ είναι η βάση των φυσικών λογαρίθμων; Υπόδειξη: $dS|_\sigma = \frac{\delta q_\sigma}{T_\sigma}$, $\delta q_\sigma = C_P dT_\sigma$.

Πρόβλημα 4 Μονοατομικό ιδανικό αέριο $\left(\gamma = \frac{5}{3}\right)$, που έχει όγκο V_1, πίεση P_1 και θερμοκρασία T_1, συμπιέζεται **ισόθερμα** και αντιστρεπτά μέχρις ότου ο όγκος του γίνει V_2, η πίεσή του P_2 και η θερμοκρασία του $T_2 = T_1$. (α) Να υπολογιστεί το έργο που σχετίζεται με την διαδικασία αυτή. Στη συνέχεια το αέριο αφήνεται να εκτονωθεί **αδιαβατικά** και αντιστρεπτά, μέχρι οι συντεταγμένες του να γίνουν $V_3 = V_1,\ P_3,\ T_3$, δηλαδή μέχρις ότου ο όγκος επανέλθει στην αρχική του τιμή. (β) Να δειχθεί ότι το έργο που παράγεται κατά την αδιαβατική εκτόνωση ισούται με $\frac{3(P_2V_2 - P_3V_3)}{2}$.

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ

$$\left(P + \frac{a}{v^2}\right)(v-b) = RT,\ PV^\gamma = K = \sigma\tau\alpha\theta,\ \gamma = \frac{c_P}{c_v},\ \delta q = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v dT + \left[\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T + P\right] dv,$$

$$c_v = \left(\frac{\delta q}{dT}\right)_v = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v,\ l_{12} = h_2 - h_1,\ \delta q = \left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_P dT + \left[\left(\frac{\partial h}{\partial P}\right)_T - v\right] dP,\ \delta q = 0 \Rightarrow Pv^\gamma = K$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v - P,\ \left(\frac{\partial h}{\partial P}\right)_T = -T\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P + v,\ \eta = \frac{|W|}{|Q_2|} = 1 - \frac{T_1}{T_2},\ PV = nRT \Rightarrow Pv = RT,\ v \equiv \frac{V}{n}$$

$$dU = TdS - PdV,\ Tds = c_v dT + T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v dv = c_v dT + \frac{T\beta}{\kappa_T} dv,\ Tds = c_P dT - T\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P dP = c_P dT - T\beta v dP,$$

$$Tds = c_P\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_P dv + c_v\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_v dP = \frac{c_P}{\beta v} dv + \frac{c_v \kappa_T}{\beta} dP,\ \left(\frac{\partial A}{\partial B}\right)_C \left(\frac{\partial B}{\partial C}\right)_A \left(\frac{\partial C}{\partial A}\right)_B = -1$$