

## Σειρά ασκήσεων #2 – Ο πρώτος νόμος

1. Ένα δείγμα μεθανίου μάζας 4.50 g (τέλειο αέριο) καταλαμβάνει 12.7 dm<sup>3</sup> στους 310 K. Υπολογίστε το έργο που εκτελείται όταν το αέριο εκτονώνεται α) μέσω ισοβαρούς διεργασίας ενάντια σε σταθερή εξωτερική πίεση ίση με 30.0 kPa έως ό όγκος του αυξηθεί κατά 3.3 dm<sup>3</sup>, και β) ισόθερμα και αντιστρεπτά για την ίδια αύξηση όγκου.
2. Η θερμοχωρητικότητα του αέρα είναι συχνά πολύ μικρότερη από εκείνη του νερού, και απαιτούνται σχετικά μικρά ποσά θερμότητας για να αλλάξουν τη θερμοκρασία του. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο στις ερήμους, αν και έχει πολύ ζέστη κατά τη διάρκεια της μέρα, κάνει αρκετό κρύο τη νύχτα. Η θερμοχωρητικότητα του αέρα σε θερμοκρασία και πίεση δωματίου είναι περίπου 21 JK<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>. Πόση ενέργεια απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας σε ένα δωμάτιο με διαστάσεις 5.5 m επί 6.5 m επί 3.0 m κατά 10 βαθμούς Κελσίου; Αν οι απώλειες θεωρηθούν αμελητέες, πόσος χρόνος θα χρειαστεί για μια θερμάστρα ισχύος 1.5 kW να πετύχει αυτή την αύξηση με δεδομένο ότι 1 W = 1 J s<sup>-1</sup>; Θεωρήστε πως ο αέρας συμπεριφέρεται ως τέλειο αέριο.
3. Η μεταφορά ενέργειας από μια περιοχή της ατμόσφαιρας σε μια άλλη είναι μεγάλης σημαντικότητας στη μετεωρολογία εφόσον επηρεάζει τον καιρό. Να υπολογίσετε τη θερμότητα που πρέπει να δοθεί σε ένα πακέτο αέρα (τέλειο αέριο) που περιέχει 1.00 mol μόρια για να διατηρηθεί η θερμοκρασία του στους 300 K σε μια αντιστρεπτή και ισόθερμη εκτόνωση από 22 dm<sup>3</sup> στα 30 dm<sup>3</sup> κατά την άνοδό του στην ατμόσφαιρα.
4. Ένα εργαστηριακό ζώο, σήκωσε μια μάζα 200 g κατά 1.55 m. Την ίδια στιγμή, το ζώο έχασε 5.0 J ενέργειας υπό τη μορφή θερμότητας. Θεωρώντας όλες τις υπόλοιπες απώλειες ενέργειας αμελητέες και κάνοντας την προσέγγιση πως το ζώο είναι ένα κλειστό σύστημα, να υπολογίσετε τη μεταβολή στην εσωτερική ενέργειά του.
5. α) Αποδείξτε πως για ένα τέλειο αέριο ισχύει η σχέση  $C_{p,m} - C_{v,m} = R$ . β) Όταν 229 J ενέργειας παρέχεται υπό τη μορφή θερμότητας σε σταθερή πίεση σε 3.00 mol CO<sub>2</sub>(g), η θερμοκρασία του δείγματος αυξάνεται κατά 2.06 K. Υπολογίστε τις γραμμομοριακές θερμοχωρητικότητες υπό σταθερό όγκο και πίεση του αερίου.

6. Υποθέστε πως η γραμμομοριακή εσωτερική ενέργεια μιας ουσίας σε ένα μικρό εύρος θερμοκρασιών μπορεί να εκφραστεί με την πολυωνυμική μορφή  $U_m(T) = a + bT + cT^2$ . Βρείτε μια έκφραση για τη γραμμομοριακή θερμοχωρητικότητα υπό σταθερό όγκο σε θερμοκρασία  $T$ .
7. Ένας τυπικός άνθρωπος παράγει κάθε μέρα περίπου 10 MJ ενέργειας μέσω μεταβολικών διεργασιών, που μεταφέρεται υπό τη μορφή θερμότητας στο περιβάλλον. α) αν το ανθρώπινο σώμα ήταν ένα απομονωμένο σύστημα μάζας 65 kg με τη θερμοχωρητικότητα του νερού, ποια θα ήταν η αναμενόμενη αύξηση της θερμοκρασίας του; β) Το ανθρώπινο σώμα είναι στην πραγματικότητα ένα ανοιχτό σύστημα και ο κύριος μηχανισμός αποβολής θερμότητας σχετίζεται με την εξάτμιση του νερού. Πόση μάζα νερού θα πρέπει να εξατμιστεί κάθε μέρα για να διατηρηθεί σταθερή θερμοκρασία;
8. Νερό θερμαίνεται μέχρι να βράσει σε πίεση ίση με 1.0 atm. Όταν ηλεκτρικό ρεύμα 0.50 A από μια πηγή 12 V διαπεράσει μια αντίσταση που βρίσκεται σε θερμική επαφή με το νερό για χρόνο 300 s, διαπιστώνεται πως 0.798 g νερού εξατμίζεται. Να υπολογίσετε τις αλλαγές στη γραμμομοριακή εσωτερική ενέργεια και ενθαλπία στο σημείο βρασμού (373.15 K). Θεωρήστε πως ο γραμμομοριακός όγκος των υδρατμών είναι πολύ μεγαλύτερος από εκείνον του νερού σε υγρή μορφή. Θεωρήστε επίσης πως οι υδρατμοί συμπεριφέρονται ως τέλειο αέριο.
9. Σε ένα πείραμα προσδιορισμού του ενεργειακού περιεχομένου μιας τροφής, ένα δείγμα τροφής υπέστη καύση σε περιβάλλον με οξυγόνο και η θερμοκρασία αυξήθηκε κατά 2.89 °C. Όταν ηλεκτρικό ρεύμα 1.27 A από πηγή 12.5 V διήλθε από το ίδιο θερμιδόμετρο για 157 s, η θερμοκρασία αυξήθηκε κατά 3.88 °C. Πόση ενέργεια απελευθερώθηκε υπό τη μορφή θερμότητας από την καύση;
10. Η πρότυπη ενθαλπία καύσης του αερίου προπανίου είναι  $-2220 \text{ kJ mol}^{-1}$  και η πρότυπη ενθαλπία εξάτμισης του υγρού είναι  $+15 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Να υπολογίσετε την πρότυπη ενθαλπία και β) την πρότυπη εσωτερική ενέργεια της καύσης του υγρού. Θεωρήστε όπου απαιτείται συμπεριφορά τέλειου αερίου.
11. Στους 298 K, η ενθαλπία μετουσίωσης της λυσοζύμης είναι  $+217.6 \text{ kJ mol}^{-1}$  και η μεταβολή της γραμμομοριακής θερμοχωρητικότητας υπό σταθερή πίεση εξαιτίας της μετουσίωσης της πρωτεΐνης είναι ίση με  $+6.3 \text{ kJ mol}^{-1}$ . α) Να υπολογίσετε την ενθαλπία μετουσίωσης στους 351 και 264 K αντίστοιχα. Υποθέστε θερμοχωρητικότητες ανεξάρτητες της θερμοκρασίας. β) Βασιζόμενοι

στις απαντήσεις του πρώτου υποερωτήματος, να υπολογίσετε από ποια θερμοκρασία και πάνω η μετουσίωση της λυσοζύμης είναι ενδόθερμη, ενώ κάτω από αυτή είναι εξώθερμη.

12. Να υπολογίσετε την ενθαλπία εξάτμισης του νερού στους 100 °C από την αντίστοιχη τιμή της στους 25 °C (+44.01 kJ mol<sup>-1</sup>) με δεδομένο ότι οι θερμοχωρητικότητες υπό σταθερή πίεση είναι ίσες με 75.29 JK<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup> και 33.58 JK<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup> για την υγρή και την αέρια φάση αντίστοιχα.

Απαντήσεις

1. a) -99 J, β) -167 J

2.  $9.20 \times 10^2$  kJ, 610 s

3. 773 J

4. -8.04 J

5. a) ξεκινήστε θεωρώντας  $H = U + pV$  και  $pV = nRT$ , β) 28.8 και 37.1 JK<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>

6.  $C_{V,m} = b + 2cT$

7. a) 37 °C, β) 4.1 kg

8. 37.5 kJ mol<sup>-1</sup>, 40.6 kJ mol<sup>-1</sup>

9. +1.86 kJ

10. a) -2205 kJ mol<sup>-1</sup>, -2200 kJ mol<sup>-1</sup>

11. a) +552 kJ mol<sup>-1</sup>, -2.9 kJ mol<sup>-1</sup>, β) 263.5 K

12. 40.88 kJ mol<sup>-1</sup>