

## Ερωτήσεις κατανόησης στις θερμικές μηχανές

1. Μια ομάδα μαθητών του **B22** τμήματος του 2<sup>ου</sup> Γενικού Λυκείου Αγρινίου μετράει πειραματικά την απόδοση μιας θερμικής μηχανής που δουλεύει μεταξύ των θερμοκρασιών 500K και 300K και βρίσκει απόδοση 48%. Εκτιμάτε ότι είναι σωστό το ανωτέρω πειραματικό αποτέλεσμα για την απόδοση της μηχανής ; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

2. Μια θερμική μηχανή απορροφά θερμότητα  $Q_h = 1200J$  ανά κύκλο από δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας  $T_h = 500K$  και αποβάλλει ανά κύκλο στην δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας  $T_c = 300K$  ποσόν θερμότητας  $Q_c = 700J$  . Εκτιμάτε ότι είναι δυνατή η λειτουργία μιας τέτοιας θερμικής μηχανής; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

3. Ποιά από τις παρακάτω διεργασίες θα επιλέγατε για να αυξήσετε περισσότερο την απόδοση μιας θερμικής μηχανής Carnot;

α) Αυξάνουμε κατά 50K την θερμοκρασία της δεξαμενής υψηλής θερμοκρασίας

β) Μειώνουμε κατά 50K την θερμοκρασία της δεξαμενής χαμηλής θερμοκρασίας

γ) Αυξάνουμε κατά 25K την θερμοκρασία της δεξαμενής υψηλής θερμοκρασίας και μειώνουμε κατά 25K την θερμοκρασία της δεξαμενής χαμηλής θερμοκρασίας.

Επιλέξτε με δικαιολόγηση την σωστή πρόταση.

4. Σε μια ισόθερμη εκτόνωση η προσφερόμενη στο αέριο ενέργεια μέσω της θερμότητας ισούται με την ενέργεια που έχασε το αέριο προς το περιβάλλον μέσω του έργου  $Q_{\text{προσ}} = W$  . Αυτό δεν είναι αντίθετο με τον 2ο θερμοδυναμικό νόμο; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

5. Σε μια δεξιόστροφη κλειστή αντιστρεπτή μεταβολή αν εφαρμόσουμε τον 1ο θερμοδυναμικό νόμο παίρνουμε  $Q_{\text{ολικό}} = \Delta U_{\text{ολικό}} + W_{\text{ολικό}}$  και επειδή  $\Delta U_{\text{ολικό}} = 0$  βρίσκουμε  $Q_{\text{ολικό}} = W_{\text{ολικό}}$  . Αυτό δεν είναι αντίθετο με τον 2ο θερμοδυναμικό νόμο; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

### Απάντηση:

1. Η μέγιστη απόδοση που μπορεί να έχει μια θερμική μηχανή είναι αυτή που θα είχε μια μηχανή Carnot αν λειτουργούσε μεταξύ των ακραίων

θερμοκρασιών της μηχανής. Έτσι  $e_{max} = e_C = 1 - \frac{T_c}{T_h} \Rightarrow e_{max} = 1 - \frac{T_{min}}{T_{max}} \Rightarrow$

$$e_{max} = 1 - \frac{300}{500} \Rightarrow e_{max} = 0,4. \text{ Η μέγιστη δυνατή απόδοση αυτής της μηχανής}$$

είναι 40% . Προφανώς το πειραματικό αποτέλεσμα είναι λανθασμένο αφού δίνει απόδοση 48% μεγαλύτερο από την μέγιστη θεωρητική απόδοση που μπορεί να έχει η μηχανή αυτή.

**2.** Με βάση τα ενεργειακά δεδομένα αυτής της μηχανής έχουμε  $W_{\omega\phi} = Q_h - |Q_c| \Rightarrow$

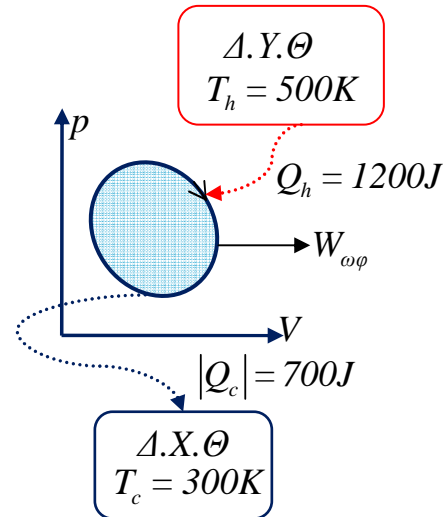
$$W_{\omega\phi} = 500J, e = \frac{W_{\omega\phi}}{Q_h} = \frac{500J}{1200J}$$

$$\Rightarrow e = 0,416$$

Η μέγιστη απόδοση που μπορεί να έχει μια θερμική μηχανή είναι αυτή που θα είχε μια μηχανή Carnot αν λειτουργούσε μεταξύ των ακραίων θερμοκρασιών της μηχανής. Έτσι

$$e_{max} = e_C = 1 - \frac{T_c}{T_h} \Rightarrow e_{max} = 1 - \frac{T_{min}}{T_{max}}$$

$$\Rightarrow e_{max} = 1 - \frac{300}{500} \Rightarrow e_{max} = 0,4.$$



Προφανώς τα αποτελέσματα με βάση τα ενεργειακά δεδομένα δεν μπορούν να υπάρξουν ... αφού δίνουν συντελεστή απόδοσης  $e = 0,416$  μεγαλύτερο από την μέγιστο θεωρητικά συντελεστή απόδοσης που μπορεί να έχει η μηχανή αυτή και είναι  $e = 0,400$ .

**3.** Αρχικά ο συντελεστής απόδοσης της μηχανής Carnot είναι  $e = 1 - \frac{T_c}{T_h}$

$$1\eta \text{ περίπτωση: } e_1 = 1 - \frac{T_c}{T_h + 50} \Rightarrow e_1 = \frac{T_h + 50 - T_c}{T_h + 50} \Rightarrow e_2 = \frac{T_h - T_c + 50}{T_h + 50} \quad (1)$$

$$2\eta \text{ περίπτωση: } e_2 = 1 - \frac{T_c - 50}{T_h} \Rightarrow e_2 = \frac{T_h - T_c + 50}{T_h} \quad (2)$$

$$3\eta \text{ περίπτωση: } e_3 = 1 - \frac{T_c - 25}{T_h + 25} \Rightarrow e_3 = \frac{T_h - T_c + 50}{T_h + 25} \quad (3)$$

Από τις 1, 2, 3 προκύπτει ότι  $e_2 > e_3 > e_1$  (και  $e_2 > e$ ) ... άρα πρέπει να προτιμηθεί η 2η περίπτωση.

**4.** Πράγματι στην ισόθερμη εκτόνωση όλη η προσφερόμενη θερμότητα δαπανάται για την αναπλήρωση της ενέργειας του αερίου που αποβάλλεται

μέσω του έργου του...  $Q_{\text{προσφερόμενη}} = W_{\text{αερίου}}$  . Αυτό *δεν είναι σε αντίθεση με τον 2ο θερμοδυναμικό νόμο* διότι αυτός αναφέρει "ότι η θερμική μηχανή δεν μπορεί να μετατρέψει όλη την προσφερόμενη θερμότητα σε μηχανικό έργο". Η θερμική μηχανή όμως διαγράφει κλειστό θερμοδυναμικό κύκλο, ενώ στην ισόθερμη εκτόνωση όπου  $Q_{\text{προσφερόμενη}} = W_{\text{αερίου}}$  δεν έχουμε κύκλο αλλά ένα τμήμα μια ισόθερμης εκτόνωσης.

**5.** Αυτό *δεν έρχεται σε αντίθεση με τον 2ο θερμοδυναμικό νόμο* διότι αυτός αναφέρει "ότι η θερμική μηχανή δεν μπορεί να μετατρέψει όλη την **προσφερόμενη θερμότητα** σε μηχανικό έργο". Εδώ έχουμε θερμοδυναμικό κύκλο που θα μπορούσε να είναι κύκλος θερμοδυναμικής μηχανής ... αλλά ισχύει  $Q_{\text{ολικό}} = W_{\text{ολικό}}$  και όχι  $Q_{\text{προσφερόμενη}} = W_{\text{ολικό}}$  ... καθόσον  $Q_{\text{ολικό}} = Q_{\text{προσφερόμενη}} + Q_{\text{αποβαλλόμενη}}$  ή  $Q_{\text{ολικό}} = Q_{\text{προσφερόμενη}} - |Q_{\text{αποβαλλόμενη}}|$  δηλαδή ισχύει  $Q_{\text{προσφερόμενη}} - |Q_{\text{αποβαλλόμενη}}| = W_{\text{ολικό}}$  που προφανώς δεν αντιτίθεται στον 2ο θερμοδυναμικό νόμο.