

Δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος

Γενικά

Όπως φαίνεται και από τη σχέση $e = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h}$, ο συντελεστής απόδοσης μιας θερμικής μηχανής είναι μικρότερος από ένα. Όλες οι μηχανές εκμεταλλεύονται μόνο ένα μέρος της θερμότητας και αποβάλλουν σημαντικά ποσά θερμότητας στο περιβάλλον.

Το ερώτημα

Είναι δυνατόν να κατασκευαστεί η “τέλεια” θερμική μηχανή που θα μετέτρεπε πλήρως τη θερμότητα σε ωφέλιμο έργο;

Η απάντηση είναι όχι. Μάλιστα ο Carnot έδειξε ότι υπάρχει ένα ανώτερο όριο απόδοσης. Οι **Kelvin και Planck** (Κέλβιν και Πλανκ) έδωσαν μια διατύπωση ενός νόμου, που αφορά τη λειτουργία των θερμικών μηχανών.

Είναι αδύνατο να κατασκευαστεί θερμική μηχανή που να μετατρέπει εξ ολοκλήρου τη θερμότητα σε ωφέλιμο έργο.

Να ένα νέο ερώτημα

Είναι δυνατόν να κατασκευαστεί ψυγείο που να λειτουργεί χωρίς να δαπανάται ενέργεια;

Αυτό το ερώτημα οδήγησε σε μια άλλη διατύπωση του δεύτερου θερμοδυναμικού νόμου από τον **Clausius** (Κλαούζιους):

Γνωρίζουμε ότι η θερμότητα μεταφέρεται αυθόρμητα -πάντα- από τα θερμότερα προς τα ψυχρότερα σώματα. Η αντίστροφη πορεία απαιτεί δαπάνη ενέργειας.

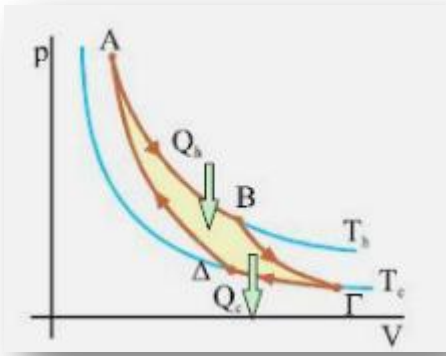
Είναι αδύνατο να κατασκευαστεί μηχανή που να μεταφέρει θερμότητα από ένα ψυχρό σώμα σε ένα θερμότερο χωρίς να δαπανάται ενέργεια για τη λειτουργία της.

ΣΧΟΛΙΟ : Ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος δεν θέτει περιορισμούς στις μετατροπές της ενέργειας. Σύμφωνα με το δεύτερο, όμως, η φύση θέτει περιορισμούς στη μετατροπή ενέργειας από τη μια μορφή στην άλλη.

Μηχανή Carnot

Μηχανή Carnot, πρόκειται για υποθετική, εξιδανικευμένη μηχανή, της οποίας η απόδοσή της αποτελεί το ανώτερο όριο για την απόδοση όλων των άλλων μηχανών. Σύμφωνα με το θεώρημα το Γάλλου μηχανικού «**Δεν μπορεί να υπάρξει θερμική μηχανή που να έχει μεγαλύτερη απόδοση από μια μηχανή Carnot η οποία λειτουργεί ανάμεσα στις ίδιες θερμοκρασίες**».

Ο κύκλος Carnot αποτελείται από τέσσερις μεταβολές, δύο ισόθερμες και δύο αδιαβατικές.



Διάγραμμα p-V για τον κύκλο Carnot. Το παραγόμενο έργο W, ισούται με την θερμότητα, $Q_h - |Q_c|$, που απορροφά το μέσον σε ένα κύκλο.

Αποδεικνύεται ότι η απόδοση του κύκλου είναι: $e = 1 - \frac{T_c}{T_h}$ (1)

Το αποτέλεσμα δηλώνει, ότι ο συντελεστής απόδοσης μια μηχανής Carnot εξαρτάται μόνο από τις θερμοκρασίες των δύο δεξαμενών θερμότητας.

Η απόδοση είναι μεγάλη όταν η διαφορά θερμοκρασίας είναι μεγάλη και είναι πολύ μικρή όταν οι θερμοκρασίες διαφέρουν λίγο. Επειδή οι περισσότερες πρακτικές εφαρμογές έχουν σαν ψυχρή δεξαμενή το περιβάλλον, δηλαδή θερμοκρασία περίπου 300 K, όσο μεγαλύτερη θερμοκρασία έχει το σώμα που "δίνει" θερμότητα τόσο πιο αποδοτική μπορεί να είναι η εκμετάλλευσή της. Η θερμότητα χαρακτηρίζεται από ποιότητα!

Επίσης το αποτέλεσμα επιβεβαιώνει το δεύτερο θερμοδυναμικό νόμο. Για να έχουμε απόδοση 100% πρέπει $T_c=0$, που είναι αδύνατον.

4.5 Μηχανή Carnot λειτουργεί ανάμεσα στις θερμοκρασίες $T_h=500$ K και $T_c=300$ K. Σε κάθε κύκλο αποδίδει έργο $W=2000$ J. Υπολογίστε την απόδοση της μηχανής και την ενέργεια που δαπανάται σε κάθε κύκλο.

Από την σχέση (1) έχουμε :

$$e = 1 - \frac{T_c}{T_h} \rightarrow e = 1 - \frac{300}{500} = 0,4 \text{ ή } 40\%$$

Η θερμότητα που λαμβάνει η μηχανή, κατά την ισόθερμη εκτόνωση A→B του κύκλου είναι:

$$e = \frac{W}{Q_h} \rightarrow Q_h = \frac{W}{e} \rightarrow Q_h = \frac{2000}{0,4} = 5000 \text{ Joule}$$