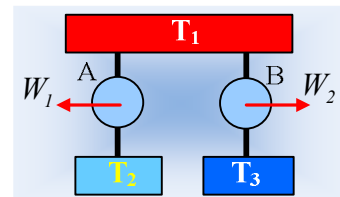
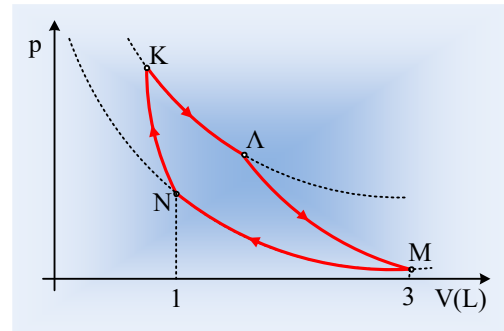


Θερμικές μηχανές: Περάστε κόσμε!!!

Μια μηχανή Carnot A, διαγράφει τον κύκλο του διπλανού σχήματος, όπου $T_K=T_1=600\text{K}$ και $T_M=T_2=300\text{K}$.

- i) Να βρεθεί ο συντελεστής απόδοσης της μηχανής A, καθώς και το έργο που παράγει για κάθε 100J θερμότητα που απορροφά από τη δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας.
- ii) Η μηχανή απορροφά θερμότητα 480J σε κάθε κύκλο, από τη δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας. Να υπολογιστεί η πίεση του αερίου στην κατάσταση N, αν $\ln 3=1$.



- iii) Στην ίδια δεξαμενή θερμότητας με θερμοκρασία T_1 , εκτός της μηχανής A, συνδέεται και μια δεύτερη μηχανή Carnot B, η οποία απορροφά ίσο ποσό θερμότητας σε κάθε κύκλο από τη δεξαμενή θερμοκρασίας T_1 , αλλά αποδίδει ποσά θερμότητας σε ψυχρή δεξαμενή θερμοκρασίας $T_3=400\text{K}$. Και οι δυο μηχανές εκτελούν 300 στροφές/min.
 - α) Πόσο έργο ανά κύκλο παράγει η B μηχανή;
 - β) Να υπολογισθεί η ισχύς κάθε μηχανής.
 - γ) Πόσο συνολικά έργο θα πάρουμε και από τις δύο μηχανές, όταν απορροφηθεί θερμότητα $Q=600.000\text{J}$ από τη δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας; Ποια η απόδοση του συστήματος των δύο παραπάνω μηχανών;

Απάντηση:

- i) Ο συντελεστής απόδοσης της θερμικής μηχανής A είναι:

$$e_1 = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300\text{K}}{600\text{K}} = 0,5$$

Αυτό σημαίνει ότι απορροφώντας θερμότητα 100J από τη δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας, παράγει έργο 50J.

- ii) Αν η μηχανή απορροφά θερμότητα $Q_h=480\text{J}$ (σύμφωνα με τα προηγούμενα) παράγει έργο 240J, αλλά τότε αποβάλλει θερμότητα 240J στη δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας, οπότε $Q_c=-240\text{J}$. Αλλά θερμότητα αποβάλλει το αέριο της μηχανής κατά την ισόθερμη συμπίεση MN, για την οποία έχουμε:

$$Q_{MN} = W_{MN} = nRT_2 \ln\left(\frac{V_N}{V_M}\right) \rightarrow$$

$$|Q_{MN}| = nRT_2 \ln\left(\frac{V_M}{V_N}\right) \rightarrow |Q_{MN}| = p_N V_N \ln\left(\frac{V_M}{V_N}\right) \rightarrow$$

$$p_N = \frac{|Q_{MN}|}{V_N \cdot \ln\left(\frac{V_M}{V_N}\right)} = \frac{240}{1 \cdot 10^{-3} \ln\left(\frac{3}{1}\right)} \text{Pa} = \frac{240}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 1} \text{Pa} = 2,4 \cdot 10^5 \text{Pa}$$

iii) Η μηχανή Β έχει συντελεστή απόδοσης:

$$e_2 = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{T_3}{T_1} = 1 - \frac{400\text{K}}{600\text{K}} = \frac{1}{3}$$

α) Το έργο που παράγει σε κάθε κύκλο η μηχανή Β, θα είναι:

$$e_2 = \frac{W_2}{Q_h} \rightarrow W_2 = e_2 Q_h = \frac{1}{3} 480\text{J} = 160\text{J}$$

β) Η μηχανή Α παράγει έργο $W_1=240\text{J}$ σε κάθε κύκλο, άρα ο ρυθμός με τον οποίο παράγει έργο (το έργο στη μονάδα του χρόνου) θα είναι:

$$P_1 = W_1 \cdot f_1 = 240 \cdot \frac{300\text{c}}{60\text{s}} = 1.200\text{W}$$

Ας θυμηθούμε ότι το μέγεθος που μας δίνεται $300\text{στρ}/\text{min}=6\text{Hz}$, δεν είναι τίποτα άλλο από τη συχνότητα και το έργο που παράγει η μηχανή που θα εκτελέσει 6 κύκλους θα είναι $6W_1 \dots$

Η αντίστοιχη ισχύς της Β μηχανής θα είναι:

$$P_2 = W_2 \cdot f_2 = 160 \cdot 5\text{Hz} = 800\text{W}$$

γ) Αφού σε κάθε κύκλο οι μηχανές απορροφούν το ίδιο ποσό θερμότητας από τη δεξαμενή ψηλής θερμοκρασίας, σημαίνει ότι καθεμιά θα απορροφήσει το ίδιο ποσό θερμότητας:

$$Q_1=Q_2= \frac{1}{2} Q_{ολ}=300.000\text{J}.$$

Αλλά τότε τα έργα που θα παράγουν θα είναι:

$$W_{1ολ} = e_1 Q_{1,h} = 0,5 \cdot 300.00\text{J} = 150.000\text{J}$$

$$W_{2ολ} = e_2 Q_{2,h} = \frac{1}{3} \cdot 300.00\text{J} = 100.000\text{J}$$

Άρα συνολικά παράγεται έργο:

$$W_{ολ} = W_{1,ολ} + W_{2,ολ} = 150.000\text{J} + 100.000\text{J} = 250.000\text{J}$$

Αλλά τότε το σύστημα των δύο μηχανών ισοδυναμεί με μια θερμική μηχανή, με συντελεστή απόδοσης:

$$e_\sigma = \frac{W_{ολ}}{Q_h} = \frac{250.000\text{J}}{600.000\text{J}} = \frac{5}{12} \approx 0,42$$

Ερώτηση:

Ποια από τις δύο μηχανές είναι «καλύτερη»; Πού νομίζετε ότι οφείλεται αυτό;

dmargaris@gmail.com