

NGUYÊN LÝ 2 CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

1. Hiệu suất của động cơ nhiệt

$$\eta = \frac{A'}{Q_H} = \frac{Q_H - Q'_L}{Q_H} = 1 - \frac{Q'_L}{Q_H}$$

Q_H - là nhiệt mà tác nhân nhận được của nguồn nóng

Q'_L - là nhiệt mà tác nhân tỏa ra nguồn lạnh

2. Hệ số làm lạnh của máy lạnh

$$\varepsilon = \frac{Q_L}{A} = \frac{Q_L}{Q'_H - Q_L}$$

Q_L - là nhiệt lượng mà tác nhân nhận của nguồn lạnh

Q'_H - là nhiệt mà tác nhân tỏa ra nguồn nóng

3. Hiệu suất của động cơ nhiệt hoạt động theo chu trình Carnot thuận

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

4. Hệ số làm lạnh của máy lạnh hoạt động theo chu trình Carnot ngược

$$\varepsilon = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

5. Độ biến thiên entropy giữa 2 trạng thái (1) và (2) của một quá trình thuận nghịch

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T}$$

Đối với khí lý tưởng:

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} \left(C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1} \right) = \frac{m}{\mu} \left(C_v \ln \frac{p_2}{p_1} + C_p \ln \frac{V_2}{V_1} \right)$$

- Đoạn nhiệt: $\delta Q = 0 \rightarrow \Delta S = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T} = 0 \rightarrow S = \text{const}$
- Đẳng nhiệt: $T = \text{const} \rightarrow \Delta S = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T} = \frac{1}{T} \int_{(1)}^{(2)} \delta Q = \frac{Q}{T}$

6. Nguyên lý tăng Entropy

Với các quá trình nhiệt động thực tế xảy ra trong 1 hệ cô lập, entropy của hệ luôn tăng

$$\Delta S \geq 0$$

Dấu “=” xảy ra nếu quá trình là thuận nghịch, dấu “>” xảy ra nếu quá trình là không thuận nghịch.

Các bài tập cần làm:

9.1, 9.3, 9.4, 9.6, 9.7, 9.10, 9.12, 9.14, 9.16, 9.18, 9.19, 9.20, 9.21, 9.22, 9.23, 9.25, 9.27

MỘT SỐ BÀI TẬP ĐẶC TRƯNG

Bài 9.4. Một động cơ nhiệt làm việc theo chu trình Carnot, sau mỗi chu trình sinh một công $A = 7,35 \cdot 10^4 \text{J}$. Nhiệt độ của nguồn nóng là 100°C , nhiệt độ của nguồn lạnh là 0°C . Tìm:

- Hiệu suất của động cơ?
- Nhiệt lượng nhận được của nguồn nóng sau một chu trình?
- Nhiệt lượng nhả cho nguồn lạnh sau một chu trình?

Tóm tắt:

$$A' = 7,35 \cdot 10^4 \text{ (J)}, t_H = 100^\circ \text{C} \rightarrow T_H = 373\text{K}, t_L = 0^\circ \text{C} \rightarrow T_L = 273\text{K}$$

$$\text{a) } \eta_{\text{carnot}} = ?$$

$$\text{b) } Q_H = ?$$

$$\text{c) } Q'_L = ?$$

Bài giải:

$$\text{a) } \eta_{\text{carnot}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{273}{373} = 26,81\%$$

$$\text{b) } Q_H = \frac{A'}{\eta_{\text{carnot}}} = \frac{7,35 \cdot 10^4}{26,81\%} = 27,42 \cdot 10^4 \text{ (J)}$$

$$\text{c) } Q'_L = Q_H - A' = 27,42 \cdot 10^4 - 7,35 \cdot 10^4 = 20,07 \cdot 10^4 \text{ (J)}$$

Bài 9.7. Một máy lạnh làm việc theo chu trình Carnot nghịch, tiêu thụ công suất là 36800W. Nhiệt độ của nguồn lạnh là -10°C , nhiệt độ của nguồn nóng là 17°C . Tính:

a) Hệ số làm của máy?

b) Nhiệt lượng lấy được của nguồn lạnh trong 1 giây?

c) Nhiệt lượng nhả cho nguồn nóng trong 1 giây?

Tóm tắt:

$$P = 36800 \text{ (W)}, t_L = -10^\circ \text{C} \rightarrow T_L = 263\text{K}, t_H = 17^\circ \text{C} \rightarrow T_H = 290\text{K}$$

$$\text{a) } \varepsilon = ?$$

$$\text{b) } t = 1 \text{ (s)} \rightarrow Q_L = ?$$

$$\text{c) } t = 1 \text{ (s)} \rightarrow Q'_H = ?$$

Bài giải:

$$\text{a) } \varepsilon = \frac{T_L}{T_H - T_L} = \frac{263}{290 - 263} = 9,74$$

$$\text{b) Ta có: } \varepsilon = \frac{Q_L}{A} \rightarrow Q_L = \varepsilon A = \varepsilon Pt = 9,74 \cdot 36800 \cdot 1 = 0,36 \cdot 10^6 \text{ (J)}$$

$$\text{c) Ta có: } Q'_H = A + Q_L = A + \varepsilon A = A(\varepsilon + 1) = Pt(\varepsilon + 1) = 36800 \cdot 1 \cdot (9,74 + 1) = 0,395 \cdot 10^6 \text{ (J)}$$

Bài 9.14. Hình 9-2 trình bày giản đồ lý thuyết của động cơ đốt trong 4 kỳ.

a) Trong quá trình đầu tiên, hỗn hợp cháy được nạp vào xi lanh, khi đó $p_0 = \text{const}$ và thể tích tăng từ (nhánh AB);

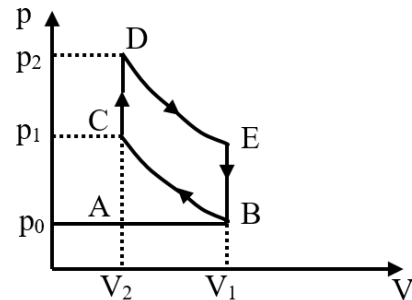
b) Trong quá trình thứ hai (nhánh BC), hỗn hợp cháy được nén đoạn nhiệt từ $V_1 \rightarrow V_2$. Khi đó nhiệt độ tăng từ T_0 đến T_1 và áp suất từ $p_0 \rightarrow p_1$;

c) Tiếp theo là quá trình đốt cháy nhanh hỗn hợp cháy bằng tia lửa điện; khi đó áp suất tăng từ , thể tích không đổi và bằng V_2 (nhánh CD), nhiệt độ tăng đến T_2 ;

d) Tiếp theo là quá trình giãn đoạn nhiệt từ V_2 đến V_1 (nhánh DE), nhiệt độ giảm xuống T_3 ;

e) Ở vị trí cuối cùng của pittông (điểm E) , van mở, khí thoát ra ngoài, áp suất giảm nhanh đến p_0 , thể tích không đổi và bằng V_1 (nhánh EB)

g) Cuối cùng là quá trình nén đẳng áp ở áp suất p_0 (nhánh BA).



Hãy tính hiệu suất của chu trình nếu hệ số nén $\frac{V_1}{V_2} = 5$ và hệ số đoạn nhiệt là 1,33.

Bài giải:

- Trước hết ta thấy quá trình AB và BA là quá trình thuận nghịch nên:

$$Q_{AB} = -Q_{BA}, A'_{AB} = -A'_{BA}$$

- 2 quá trình đoạn nhiệt BC và DE không trao đổi nhiệt.

- Quá trình CD là quá trình nhận nhiệt: $Q_H = Q_{CD} = \nu C_V (T_D - T_C)$

- Quá trình EB là quá trình tỏa nhiệt: $Q'_L = -Q_L = -\nu C_V (T_B - T_E)$

Hiệu suất:

$$\eta = 1 - \frac{Q'_L}{Q_H} = 1 + \frac{Q_L}{Q_H} = 1 + \frac{\nu C_V (T_B - T_E)}{\nu C_V (T_D - T_C)} = 1 + \frac{\frac{i}{2} R (T_B - T_E)}{\frac{i}{2} R (T_D - T_C)} = 1 + \frac{\nu R (T_B - T_E)}{\nu R (T_D - T_C)} = 1 + \frac{p_B V_B - p_E V_E}{p_D V_D - p_C V_C}$$

$$V_B = V_1, V_E = V_1, V_D = V_2, V_C = V_2 \rightarrow \eta = 1 + \frac{V_1}{V_2} \frac{p_B - p_E}{p_D - p_C}$$

Mặt khác xét 2 quá trình đoạn nhiệt BC và DE ta có:

$$\begin{cases} p_B V_B^\gamma = p_C V_C^\gamma \\ p_D V_D^\gamma = p_E V_E^\gamma \end{cases} \rightarrow \begin{cases} p_B V_1^\gamma = p_C V_2^\gamma \\ p_D V_2^\gamma = p_E V_1^\gamma \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \frac{p_B}{p_C} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma \\ \frac{p_E}{p_D} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma \end{cases} \rightarrow \frac{p_B}{p_C} = \frac{p_E}{p_D} = \frac{p_B - p_E}{p_C - p_D} = -\frac{p_B - p_E}{p_D - p_C}$$

Thay vào:

$$\eta = 1 + \frac{V_1}{V_2} \frac{p_B - p_E}{p_D - p_C} = 1 - \frac{V_1}{V_2} \frac{p_B}{p_C} = 1 - \frac{V_1}{V_2} \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma = 1 - \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = 1 - \left(\frac{1}{5}\right)^{1,33-1} = 41,2\%$$

Bài 9.18. Tính độ biến thiên entropy khi hơi nóng đẳng áp 6,5 gram hidro, thể tích khí tăng lên gấp đôi.

Tóm tắt:

$H_2, m = 6,5g, p = \text{const}, V_2 = 2V_1$

$\Delta S = ?$

Bài giải:

Quá trình đẳng áp:

$$\delta Q = \frac{m}{\mu} C_p dT \rightarrow \Delta S = \int_1^2 \frac{m}{\mu} C_p \frac{dT}{T} = \frac{m}{\mu} C_p \ln \frac{T_2}{T_1} = \frac{m}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{6,5}{2} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8,31 \cdot \ln 2 = 65,52 \text{ (J/K)}$$