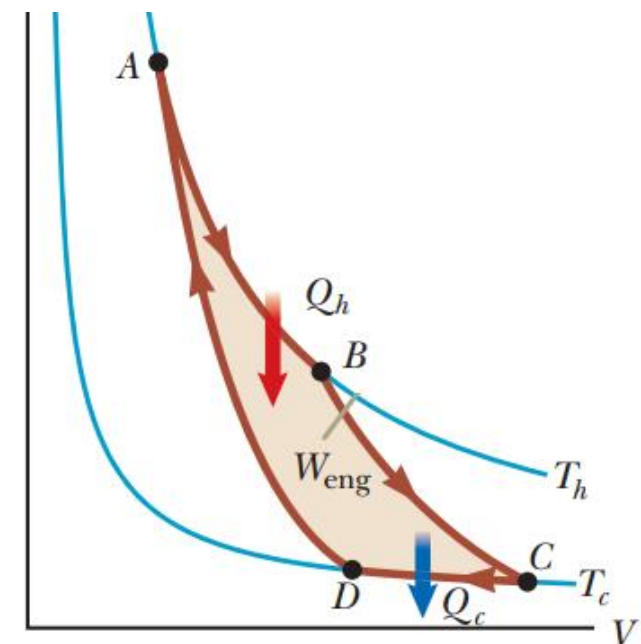


Otto cycle

Chapter 22

THE SECOND LAW OF THERMODYNAMICS



Carnot cycle

Hạn chế của nguyên lý thứ nhất NĐLH

$$\Delta E_{int}(if) = W_{if} + Q_{if}$$

Sau một chu trình: $\Delta E_{int} = 0 \rightarrow Q = -W$

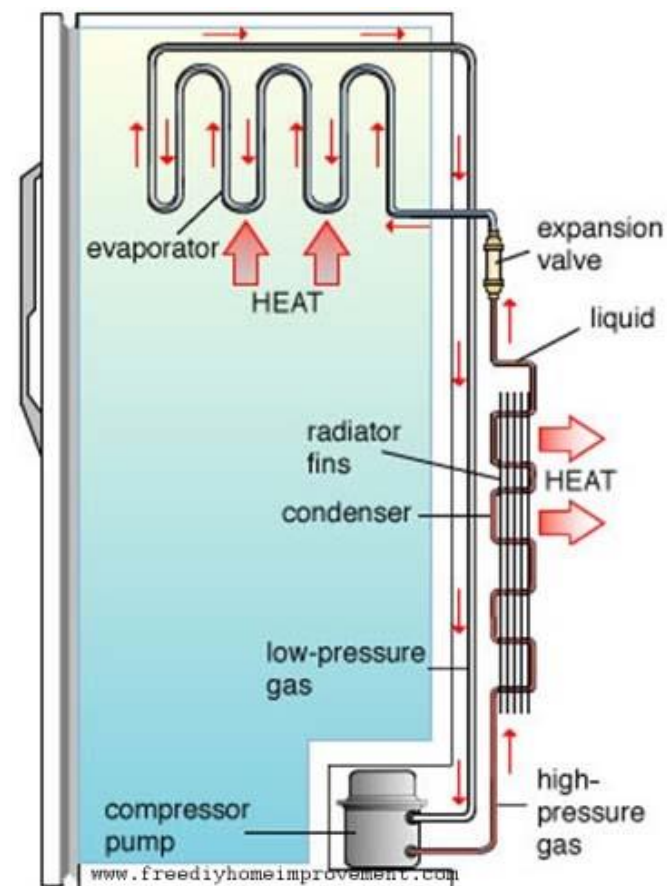
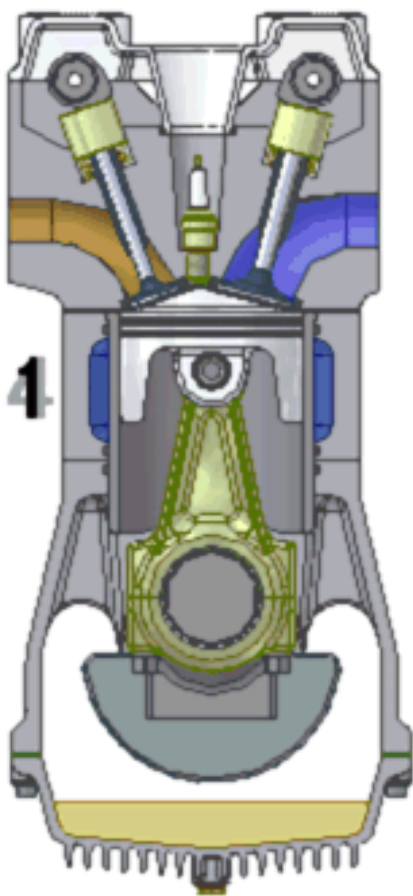


- Không chỉ ra chiều chuyển hóa giữa công và nhiệt
- Không chỉ ra chiều truyền nhiệt
- Không đề cập đến chất lượng nguồn nhiệt

Một số khái niệm

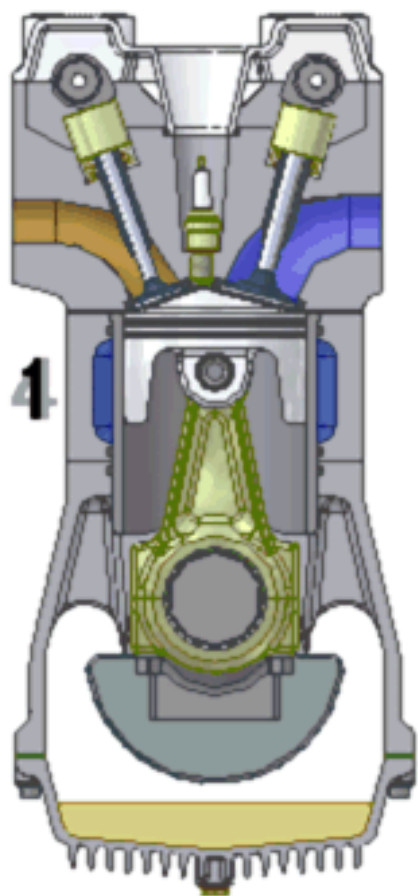
MÁY NHIỆT: là máy hoạt động tuần hoàn biến

hiệt thành công hoặc biến công thành nhiệt.



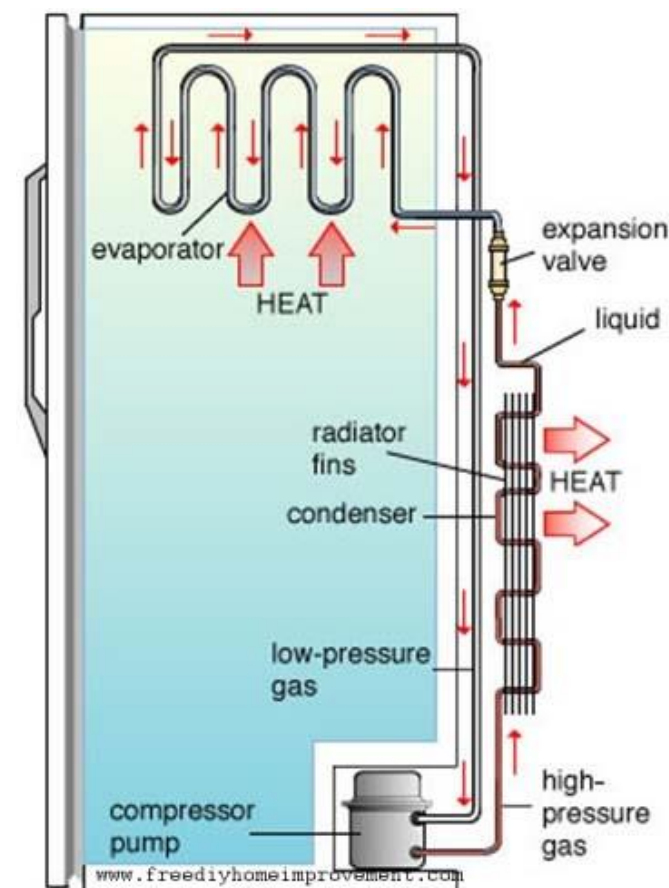
Một số khái niệm

TÁC NHÂN: là các chất vận chuyển làm nhiệm vụ biến nhiệt thành công hoặc biến công thành nhiệt

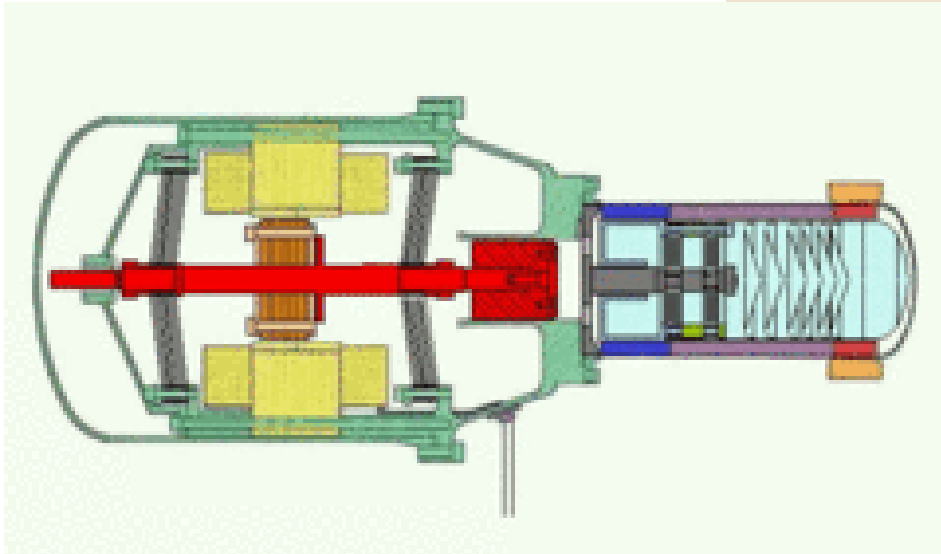
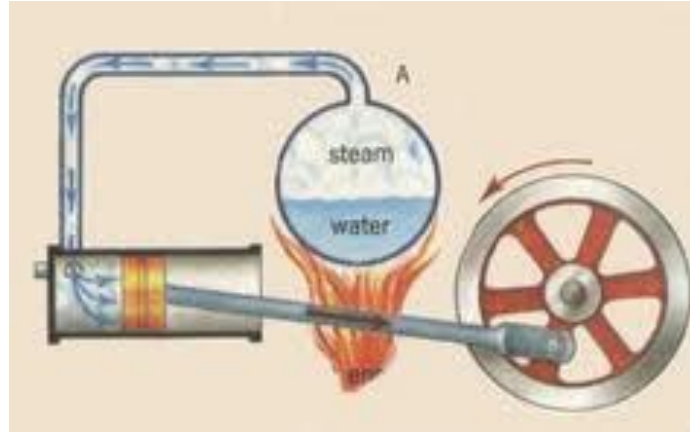


NGUỒN NHIỆT: là các vật có nhiệt độ khác nhau, trao đổi nhiệt với tác nhân. Nguồn nhiệt có nhiệt độ không đổi, sự trao đổi nhiệt không ảnh hưởng tới nhiệt độ của nó.

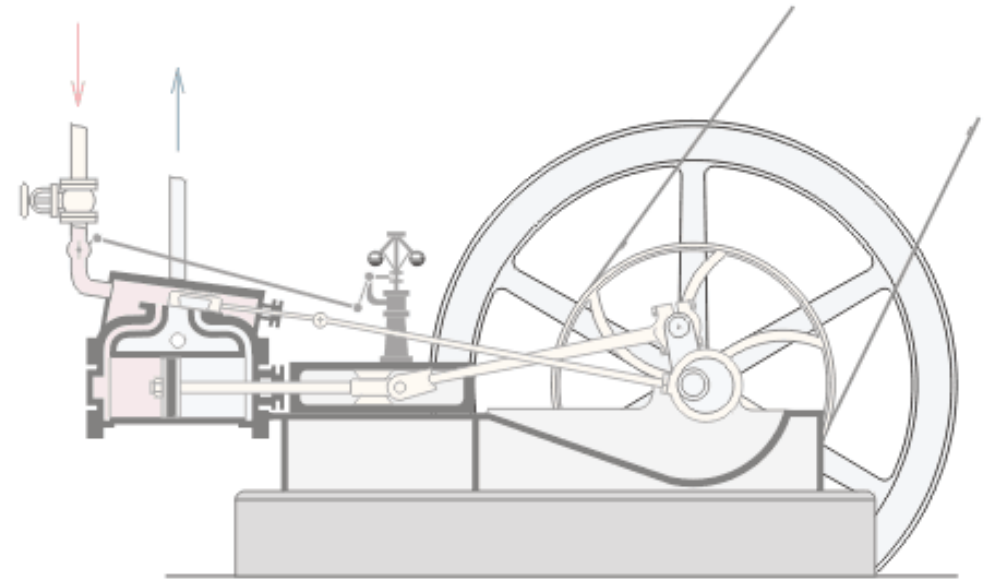
- Nguồn nhiệt độ cao hơn là **nguồn nóng T_h**
- Nguồn nhiệt độ thấp hơn là **nguồn lạnh T_c**



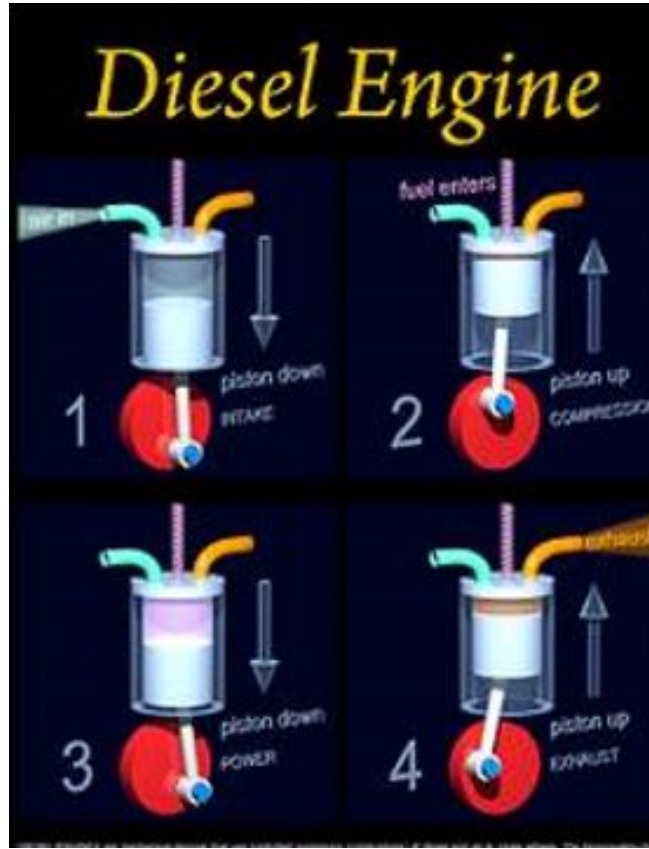
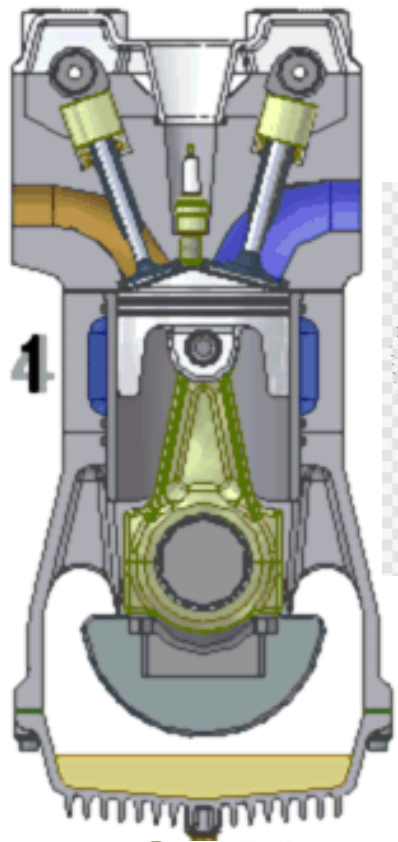
ĐỘNG CƠ ĐỐT NGOÀI – ĐC HƠI NƯỚC, ĐC STIRLING



*Động cơ Stirling piston tự do, liên kết với máy phát điện tịnh tiến, thiết kế bởi NASA.
Nguồn: Wiki*

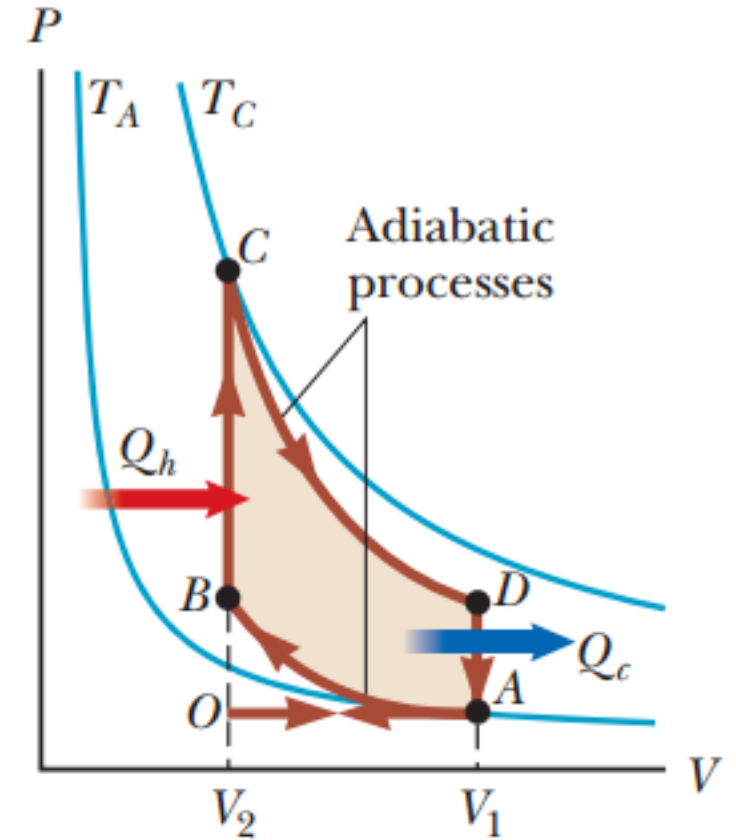
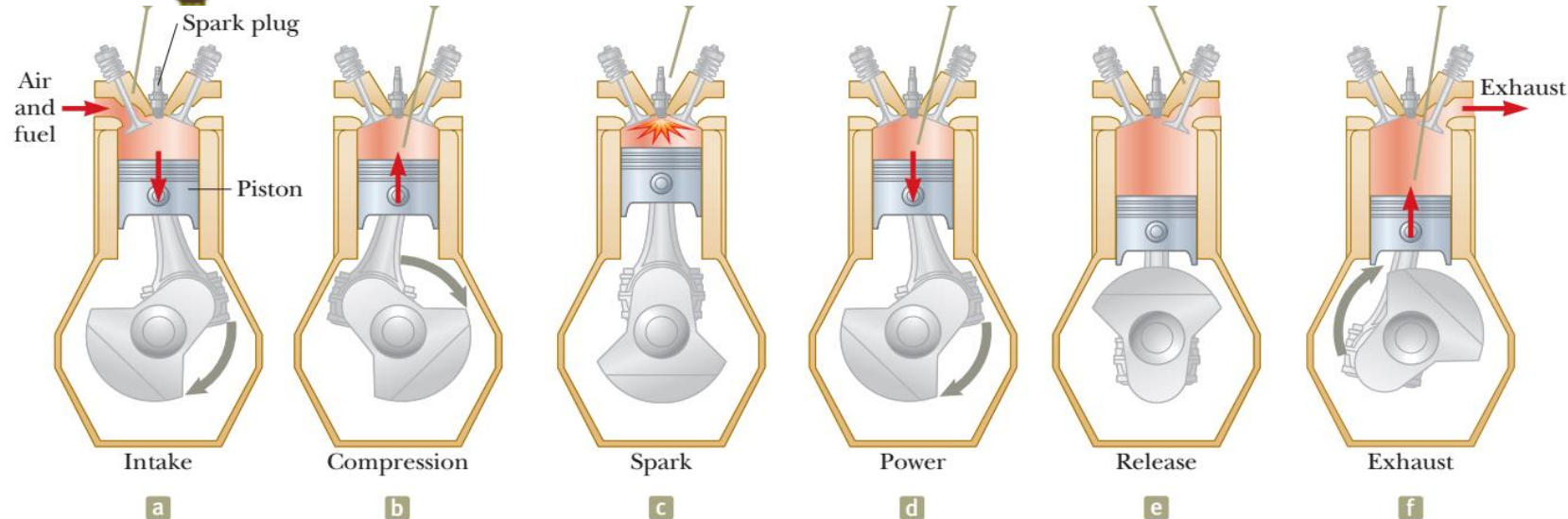


Động cơ hơi nước



ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG – ĐỘNG CƠ XĂNG, ĐỘNG CƠ DIESEL

4-stroke Engine (Otto Cycle)



HIỆU SUẤT ĐỘNG CƠ NHIỆT – PHÁT BIỂU NL II THEO KELVIN-PLANCK

Hoạt động của ĐCN: Tác nhân nhận nhiệt từ nguồn nóng để sinh công đồng thời mất nhiệt cho nguồn lạnh do có sự chênh lệch nhiệt độ.

Sau 1 chu trình: $\Delta E_{\text{int}} = 0 \rightarrow Q_h + Q_c + W = 0 \rightarrow -W = Q_h - (-Q_c)$

$$\rightarrow W_{\text{eng}} = Q_h - |Q_c|$$

$W_{\text{eng}} = -W_{\text{chu trình}} \rightarrow$ Công hệ sinh ra

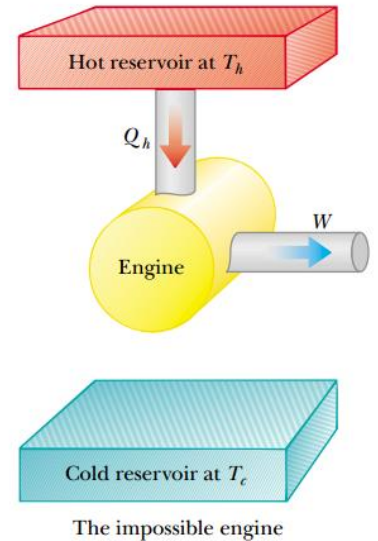
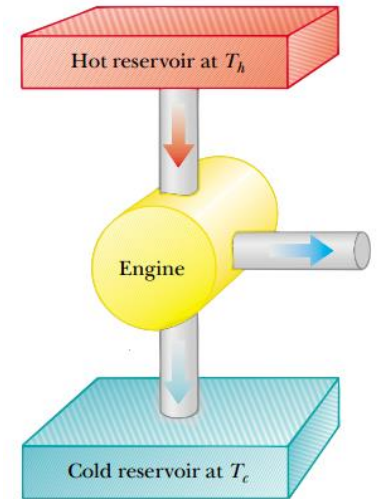
$Q_h = \sum Q_+ \rightarrow$ Nhiệt lượng hệ nhận vào

$Q_c = \sum Q_- \rightarrow$ Nhiệt lượng hệ tỏa ra

\rightarrow Hiệu suất của động cơ nhiệt:

$$e = \frac{W_{\text{eng}}}{Q_h} = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h}$$

Phát biểu NL2NĐH: Không thể chế tạo được một động cơ nhiệt hoạt động theo chu trình mà không tạo ra tác dụng khác nào ngoài việc nhận năng lượng từ bên ngoài và sinh ra một lượng công bằng như thế.



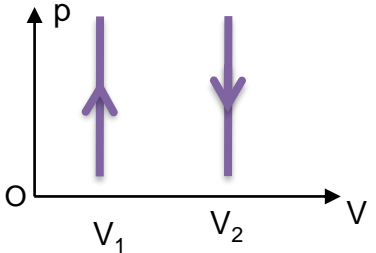
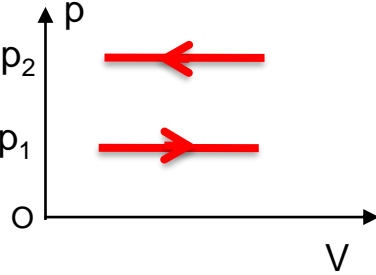
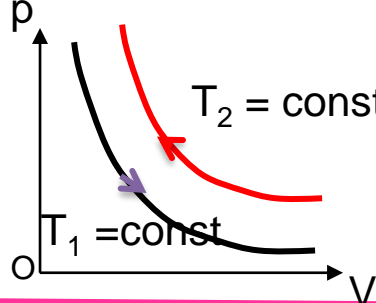
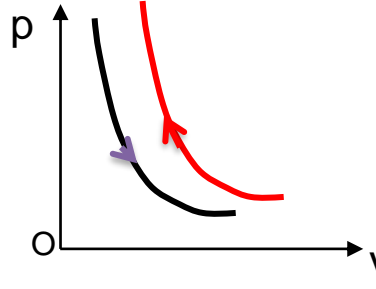
Hay: Không thể chế tạo ĐỘNG CƠ VĨNH CỬU loại 2

Bài tập 1

$$P = \frac{W}{t}$$

Một động cơ nhiệt có công suất là 10 kW và hiệu suất động cơ là 25%. Động cơ thải ra 15 kJ ^{$|Q_c|$} nhiệt lượng trong mỗi chu trình. Tính (a) Nhiệt lượng nhận vào ^{Q_h} trong mỗi chu trình và (b) thời gian thực hiện một chu trình.

$$\textcircled{a} \quad e = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h} \Rightarrow Q_h = \frac{|Q_c|}{1 - e} \quad \left| \begin{array}{l} 10 \text{ kW} \Leftrightarrow 1 \text{ s đ/có sinh công là } 10 \text{ kJ} \\ \Rightarrow 1 \text{ chu trình: } t_{\text{ch}} (\text{s}) \text{ ————— } W_{\text{eng}} (\text{J}) \\ \Rightarrow t_{\text{ch}} = \frac{W_{\text{eng}}}{10000 \text{ J}} = \dots (\text{s}) \end{array} \right.$$
$$\textcircled{b} \quad e = \frac{W_{\text{eng}}}{Q_h} \Rightarrow W_{\text{eng}} = Q_h \cdot e : \text{ Công đ/có thực hiện sau 1 chu trình.}$$

Process name	Process equation	Diagram	W_{if}	Q_{if}	$\Delta E_{int(if)}$
Isovolumetric $V = \text{const}$	$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f}$		0	$nC_V(T_f - T_i)$ Nhiệt dung mol đẳng tích $\rightarrow C_V = iR/2$	$n\frac{i}{2}R(T_f - T_i)$
Isobaric $P = \text{const}$	$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f}$		$P(V_i - V_f)$ $= nR(T_i - T_f)$	$nC_p(T_f - T_i)$ Nhiệt dung mol đẳng áp $\rightarrow C_p = (i+2)R/2$	$n\frac{i}{2}R(T_f - T_i)$
Isothermal $T = \text{const}$	$P_iV_i = P_fV_f$		$nRT_i \ln \frac{V_i}{V_f}$	$nRT_i \ln \frac{V_f}{V_i}$	0
Adiabatic Hệ số nhiệt dung phân tử: $\gamma = \frac{i+2}{i}$	$PV^\gamma = \text{const}$ $TV^{\gamma-1} = \text{const}$ $T^\gamma P^{\gamma-1} = \text{const}$		$n\frac{i}{2}R(T_f - T_i)$	0	$n\frac{i}{2}R(T_f - T_i)$

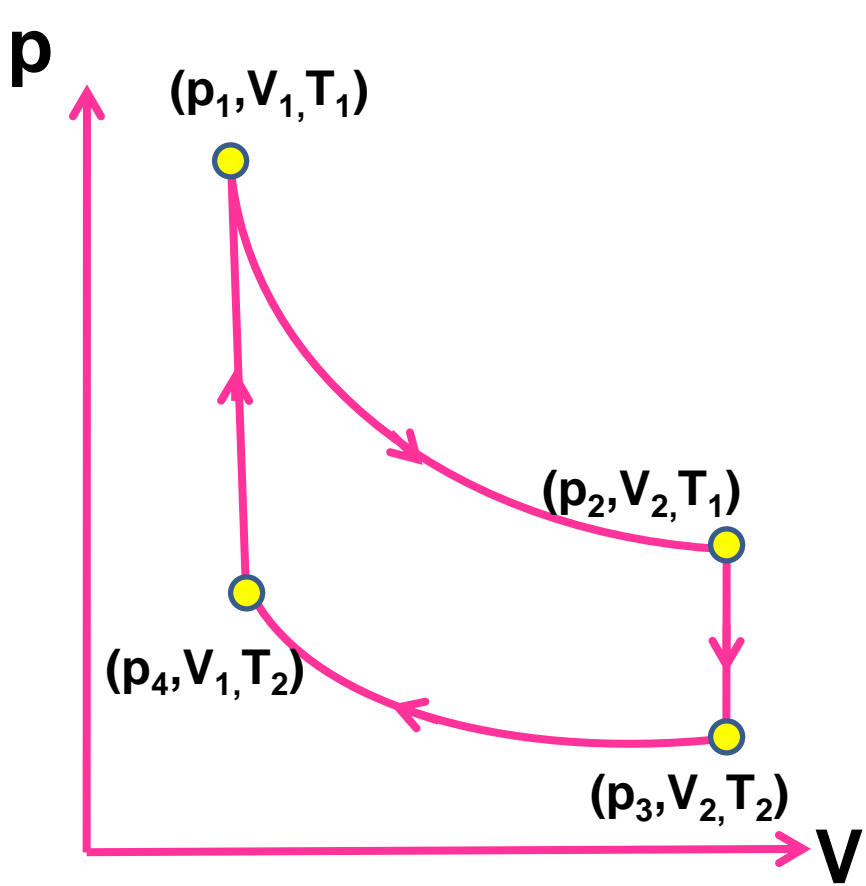
Bài tập 2: Khối khí lý tưởng lưỡng nguyên tử, thực hiện chu trình. Trong đó, quá trình 12 nén đoạn nhiệt sao cho thể tích giảm $4\sqrt{2}$ lần, quá trình 23 giãn đẳng áp sao cho thể tích tăng 1,5 lần, quá trình 34 là quá trình giãn đoạn nhiệt để hệ khí quay về thể tích ban đầu và cuối cùng làm nguội đẳng tích để đưa hệ về trạng thái đầu tiên. Cho biết trạng thái đầu tiên có nhiệt độ 27°C và áp suất 5atm , trạng thái 2 có thể tích 2 lít. Hãy vẽ đồ thị của chu trình trên giãn đồ P, V và tính (a) nhiệt độ các trạng thái còn lại, (b) độ biến thiên nội năng sau quá trình 123, (c) công khối khí sinh ra sau một chu trình và (d) hiệu suất của chu trình.

BÀI TẬP 3

Một khối khí nitơ được xem là khí lý tưởng có khối lượng 7g, ban đầu ở trạng thái có nhiệt độ 177°C được làm giãn đẳng nhiệt sao cho áp suất giảm 2 lần đến giá trị $5 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$.

Người ta tiếp tục làm nguội đẳng tích khối khí trên đến nhiệt độ 300K , sau đó nén khí trong điều kiện nhiệt độ không đổi đến thể tích ban đầu và cuối cùng nung nóng đẳng tích để đưa khối khí về trạng thái đầu tiên.

- Hãy vẽ đồ thị của chu trình biến đổi này trên mặt phẳng (p, V)
- Hãy tính các thông số của các trạng thái.
- Tính hiệu suất của chu trình.
- Hãy so sánh hiệu suất của chu trình trên với hiệu suất chu trình Carnot hoạt động với cùng nguồn nóng và nguồn lạnh.



Tính Q:

$$Q_{12} = nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} > 0 \text{ (do } V_2 > V_1)$$

$$Q_{23} = n \frac{i}{2} R(T_2 - T_1) < 0 \text{ (do p giảm nên T giảm } \rightarrow T_1 > T_2)$$

$$Q_{34} = nRT_2 \ln \frac{V_1}{V_2} < 0 \text{ (do } V_2 > V_1)$$

$$Q_{41} = n \frac{i}{2} R(T_1 - T_2) > 0 \text{ (do } T_1 > T_2)$$

Nhiệt lượng hệ nhận vào và tỏa ra sau 1 chu trình:

$$Q_h = \sum Q_+ = Q_{12} + Q_{41}$$

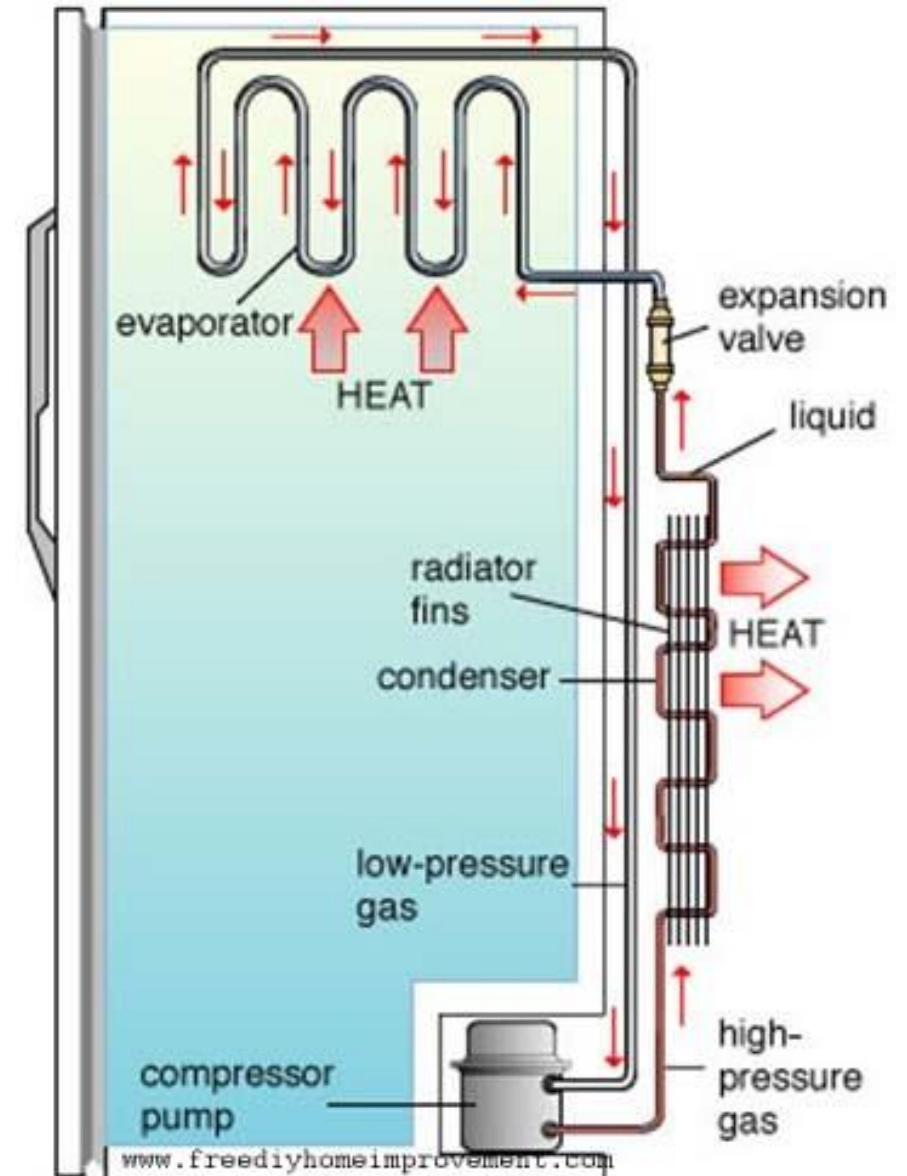
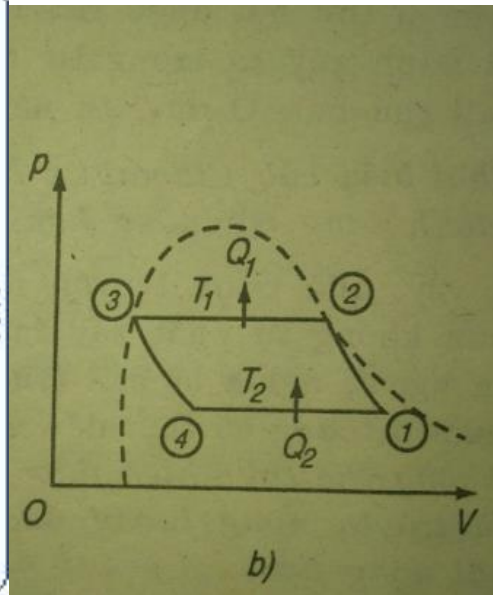
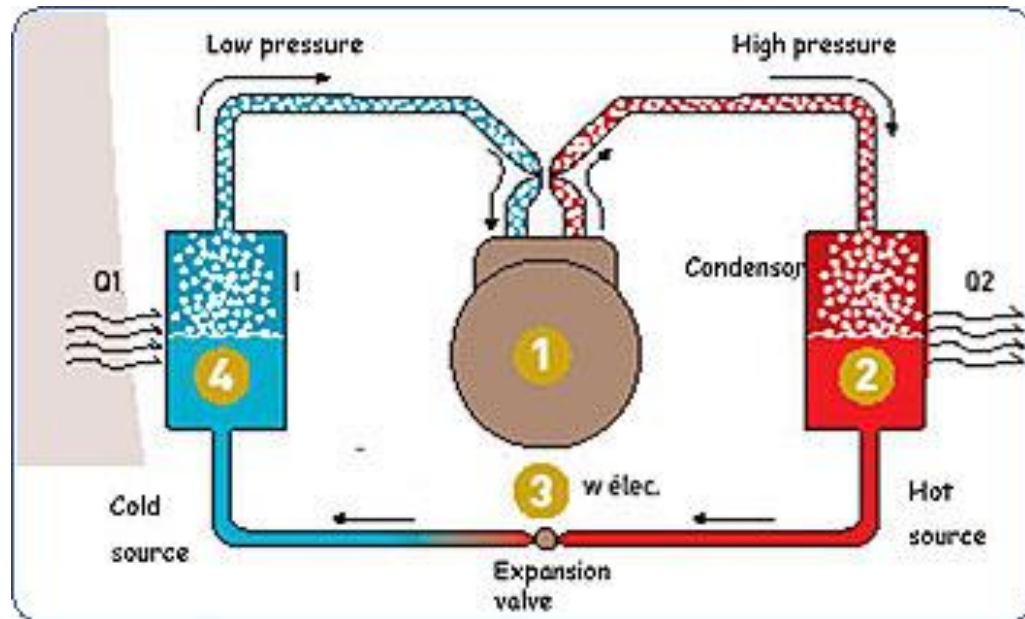
$$Q_c = \sum Q_c = Q_{23} + Q_{34}$$

Hiệu suất của động cơ:

$$e = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h} \Rightarrow e = 1 - \frac{\frac{i}{2}(T_1 - T_2) + T_2 \ln \frac{V_2}{V_1}}{T_1 \ln \frac{V_2}{V_1} + \frac{i}{2}(T_1 - T_2)} = 1 - \frac{\frac{5}{2}(450 - 300) + 300 \ln 2}{450 \ln 2 + \frac{5}{2}(450 - 300)} = 0,1513$$

MÁY LẠNH

Refrigerator



HỆ SỐ THỰC HIỆN (COP) - PHÁT BIỂU NGUYÊN LÝ II THEO CLAUSIUS

Sau 1 chu trình:

$$\Delta E_{\text{int}} = 0 \rightarrow Q_h + Q_c + W = 0$$

$$\rightarrow W = |Q_h| - Q_c$$

$W \rightarrow$ Công hệ nhận vào sau một chu trình

$Q_h = \sum Q_- \rightarrow$ Nhiệt lượng tỏa ra cho nguồn nóng

$Q_c = \sum Q_+ \rightarrow$ Nhiệt lượng thu được từ nguồn lạnh

Hệ số thực hiện:

(Coefficient of Performance - COP)

Chế độ làm lạnh

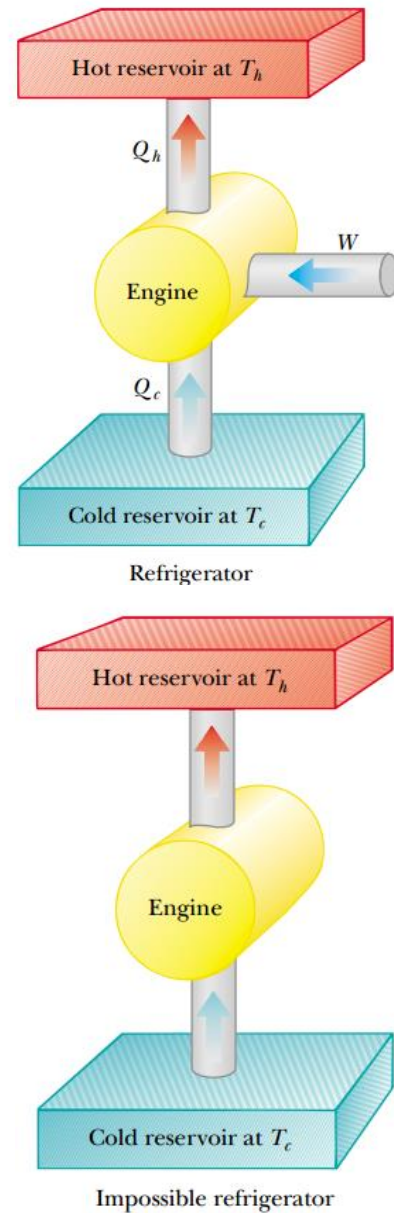
$$COP = \frac{Q_c}{W}$$

Chế độ làm nóng

$$COP = \frac{|Q_h|}{W}$$

Phát biểu NL2NĐH: Không thể chế tạo được một máy hoạt động theo chu trình mà tác động duy nhất của nó là truyền nhiệt một cách liên tục từ một vật sang một vật khác có nhiệt độ cao hơn mà không nhận năng lượng dưới dạng công.

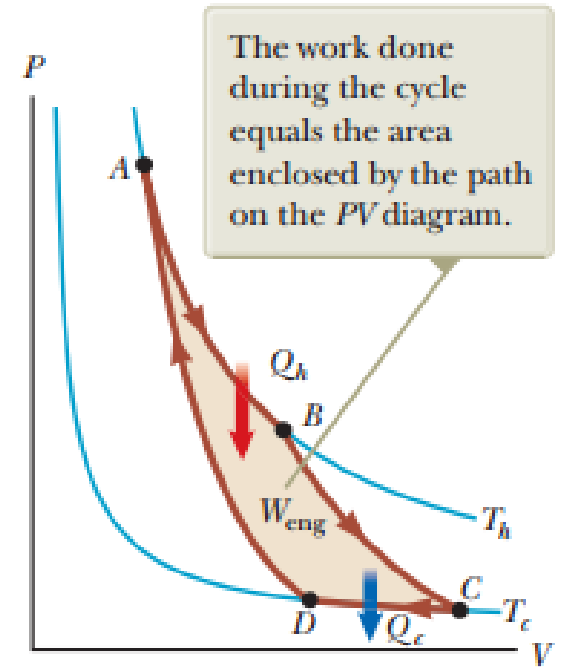
Hay: Nhiệt lượng không thể tự động truyền từ vật lạnh hơn sang vật nóng hơn.



Bài tập 4

Máy bơm nhiệt ở chế độ làm nóng có hệ số thực hiện là 3,8 và hoạt động với công suất tiêu thụ là $7,03 \cdot 10^3$ W. (a) Tính nhiệt lượng mà máy thải ra nhà bạn trong thời gian hoạt động 8h liên tục? (b) Tính nhiệt lượng mà máy thu được từ không khí bên ngoài?

BT5: Cho một chu trình gồm quá trình AB đẳng nhiệt với nhiệt độ T_h , CD đẳng nhiệt với nhiệt độ T_c và hai quá trình đoạn nhiệt BC và DA. (a) Hãy chứng minh: $V_C/V_D = V_B/V_A$. (b) Tính hiệu suất của chu trình trên.



$$\begin{aligned}
 B \rightarrow C: T_h V_B^{\gamma-1} &= T_c V_C^{\gamma-1} \\
 D \rightarrow A: T_c V_D^{\gamma-1} &= T_h V_A^{\gamma-1}
 \end{aligned}
 \rightarrow \frac{T_c}{T_h} = \left(\frac{V_B}{V_C} \right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_A}{V_D} \right)^{\gamma-1} \rightarrow \frac{V_B}{V_A} = \frac{V_C}{V_D}$$

$$Q_{BC} = Q_{DA} = 0$$

$$Q_{AB} = nRT_h \ln V_B/V_A > 0 \rightarrow Q_h \quad \rightarrow e = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h} = 1 - \frac{T_c}{T_h}$$

$$Q_{CD} = nRT_c \ln V_D/V_C < 0 \rightarrow Q_c$$

ĐỊNH LÝ CARNOT:

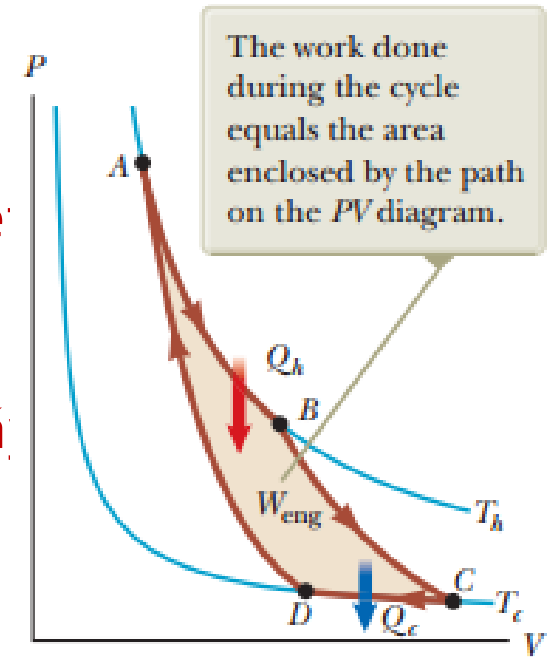
Chu trình Carnot: là chu trình gồm 2 quá trình đẳng nhiệt và 2 quá trình đoạn nhiệt xen kẽ nhau (Hình vẽ).

Động cơ Carnot hoạt động theo chu trình Carnot thuận. Máy lạnh Carnot hoạt động theo chu trình ngược.

$$e_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_c}{T_h}$$

$$\text{COP}_{\text{Carnot}} = \frac{T_c}{T_h - T_c}$$

$$\text{COP}_{\text{Carnot}} = \frac{T_h}{T_h - T_c}$$



Định lý Carnot: Không có động cơ nhiệt nào hoạt động giữa hai nguồn nhiệt có thể đạt hiệu suất cao hơn động cơ Carnot hoạt động cũng giữa hai nguồn nhiệt đó.

Bài tập 5

Một động cơ hoạt động theo chu trình Carnot có công suất ra là 150 kW. Động cơ hoạt động giữa hai nguồn 20°C và 500°C.

(a) Tính hiệu suất của động cơ trên. $e_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{20 + 273}{500 + 273}$

(b) Công của động cơ thực hiện trong mỗi giờ.

$$W_{\text{eng}}(1g) = P \cdot t = 150 \cdot 10^3 \cdot 3600 = \dots \quad (\text{J})$$

(c) Nhiệt lượng động cơ nhận được trong mỗi giờ?

$$e_{\text{Carnot}} = \frac{W_{\text{eng}}(1g)}{Q_h(1g)} \Rightarrow Q_h(1g) = \dots$$

(d) Tính nhiệt lượng động cơ tỏa ra trong mỗi giờ?

$$e_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{Q_c(1g)}{Q_h(1g)} \Rightarrow Q_c(1g) = Q_h(1g)(1 - e)$$

Tua bin hơi nước là thành phần chính của nhà máy điện. Ta có nhiệt độ hơi nước càng cao càng tốt. Giải thích tại sao.



Chất lượng nguồn nhiệt: NGUỒN NHIỆT CÓ NHIỆT ĐỘ CAO THÌ SINH CÔNG TỐT HƠN NGUỒN NHIỆT CÓ NHIỆT ĐỘ THẤP

Giả sử 2 ĐC có cùng T_c và cũng nhận nhiệt lượng như nhau.

$$T_{c(I)} = T_{c(II)} \quad \text{và} \quad Q_{h(I)} = Q_{h(II)}$$

Nhưng T_h nguồn nóng \neq nhau: $T_{h(I)} > T_{h(II)}$

Từ đ/L Carnot ta có HS của 2 ĐC:

$$e_{\text{Carnot}(I)} = 1 - \frac{T_{c(I)}}{T_{h(I)}}; \quad e_{\text{Carnot}(II)} = 1 - \frac{T_{c(II)}}{T_{h(II)}}$$

Do $T_{h(I)} > T_{h(II)}$ nên $e_{\text{Carnot}(I)} > e_{\text{Carnot}(II)}$

$$\text{Mã } e = \frac{W_{\text{eng}}}{Q_h}$$

$$\Rightarrow W_{\text{eng}(I)} > W_{\text{eng}(II)}$$

$$\text{vì } Q_{h(I)} = Q_{h(II)}$$

Yếu tố nào ảnh hưởng đến hiệu suất của động cơ nhiệt?



Nhiệt độ nguồn nóng, bôi trơn, làm mát, chu trình hoạt động...

→ Nâng cao hiệu suất của động cơ nhiệt: CHẾ TẠO ĐỘNG CƠ GẦN VỚI CHU TRÌNH CARNOT THUẬN NGHỊCH NHẤT – CHẾ TẠO ĐỘNG CƠ GẦN ĐÚNG VỚI CHU TRÌNH THUẬN NGHỊCH NHẤT (GIẢM THIỂU MA SÁT VÀ SỰ CHÊNH LỆCH NHIỆT ĐỘ) – TĂNG NHIỆT ĐỘ NGUỒN NÓNG

$$\eta = 1 - \frac{T_c}{T_h} \Rightarrow \eta \nearrow \Leftrightarrow \begin{cases} T_c \downarrow \\ T_h \uparrow \end{cases}$$

Chiều chuyển hóa giữa công và nhiệt chiều nào là hoàn toàn? Chứng tỏ điều đó từ nguyên lý thứ 2 NDH và ĐL Carnot.



Công có thể chuyển hóa hoàn toàn thành nhiệt nhưng nhiệt không thể chuyển hóa hoàn toàn thành công.

Từ định lý Carnot ta có Động cơ Carnot có hiệu suất $e_{Carnot} = 1 - \frac{T_c}{T_h}$ là động cơ có hiệu suất cao nhất với nhiệt độ nguồn lạnh T_c và nhiệt độ nguồn nóng T_h . Trong thực tế, T_c không thể bằng 0 do luôn có sự chênh lệch nhiệt độ giữa nguồn nóng và môi trường bên ngoài nên hiệu suất e luôn nhỏ hơn 1.

Mặc khác, hiệu suất ĐCN có biểu thức $e = \frac{W_{eng}}{Q_h}$. Ta có $e < 1$ nên $W_{eng} < Q_h$ hay công sinh ra luôn nhỏ hơn nhiệt nhận vào, tức là NHIỆT KHÔNG THỂ CHUYỂN HÓA HOÀN TOÀN THÀNH CÔNG.

THI CUỐI KỲ-HK1 NĂM 23-24

Nội dung không ra thi:

Bài tập các chương 1,3,12-18, 21, 22 phần entropy.

- 1.Chương 2+4: Chuyển động một + hai chiều (PP ĐỘNG HỌC)
- 2.Chương 5+10: Các định luật Newton+Chuyển động của vật rắn
- 3.Chương 6: Chuyển động tròn (PP ĐÔNG LỰC HỌC)
- 4.Chương 7+8: Năng lượng - Bảo toàn NL (PP NĂNG LƯỢNG)
- 5.Chương 9+11: Động lượng và Momen động lượng (PP ĐỘNG LƯỢNG)
- 6.Chương 19+20: Nhiệt độ - Nguyên lý thứ nhất NĐH
7. Chương 22: Nguyên lý thứ hai NĐH

- *Đề 90 phút, được sử dụng 1 tờ A4 chép tay.*
- *Cấu trúc đề thi: 7 câu (2 câu lý thuyết suy luận + 5 câu bài tập HOẶC trong bài tập có lý thuyết)*

The end 😊