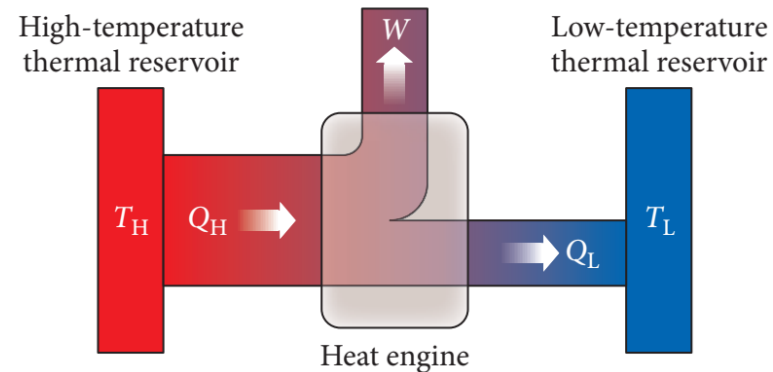
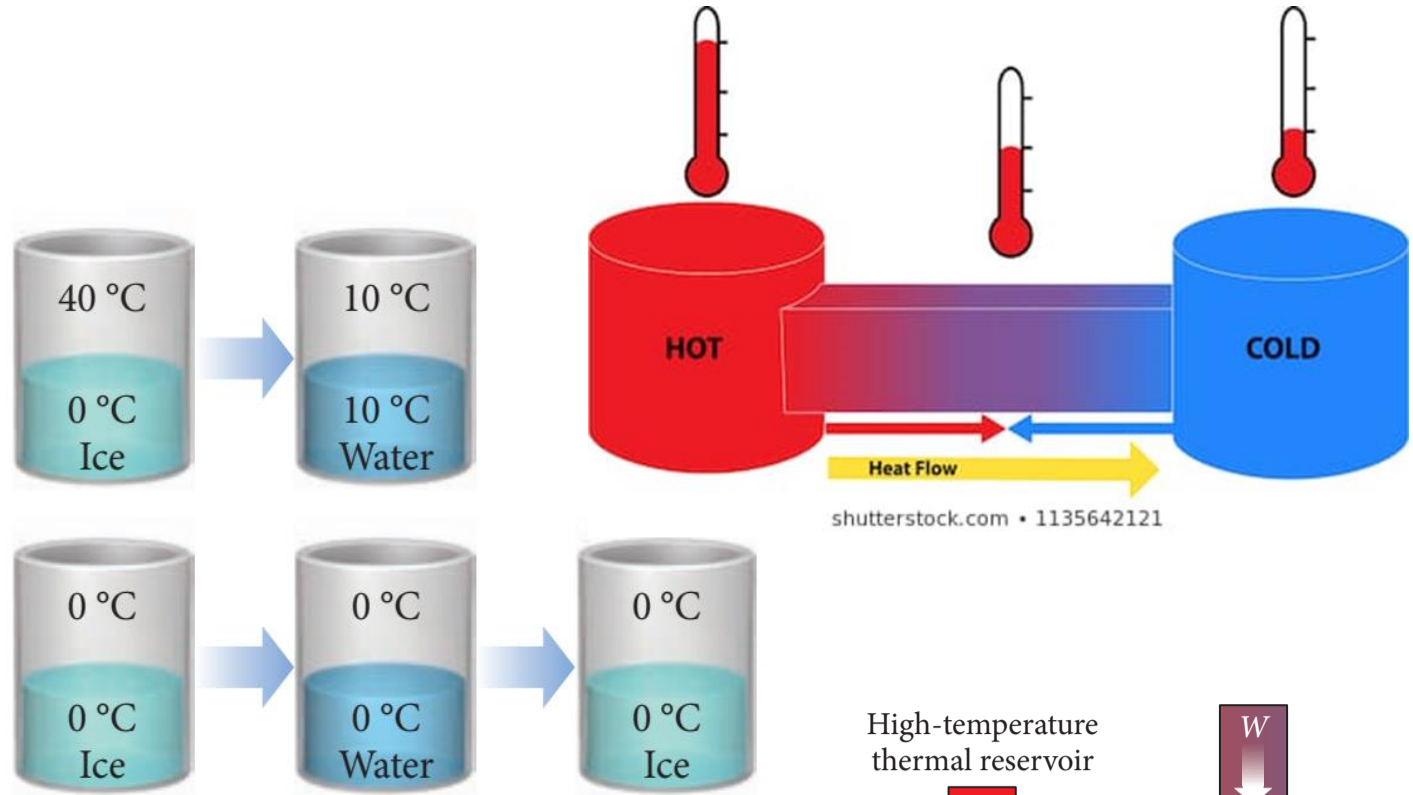
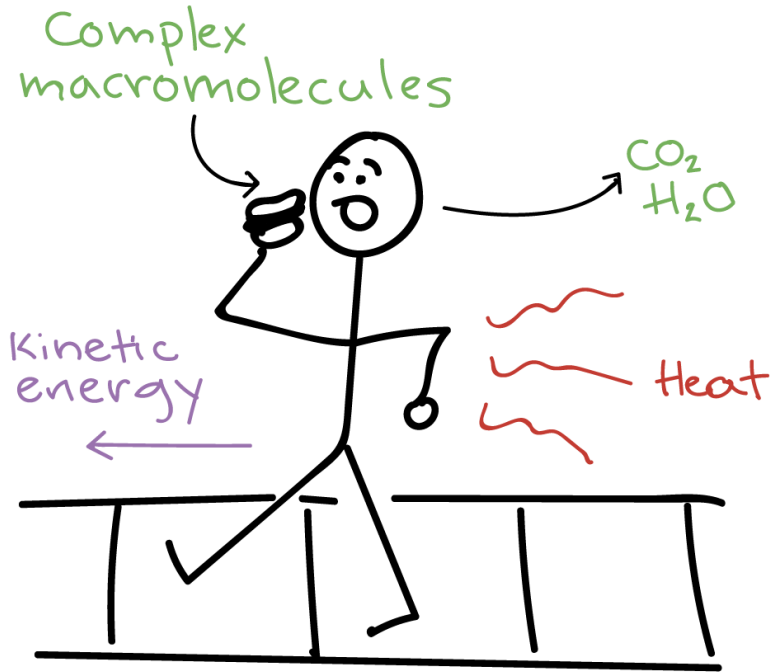
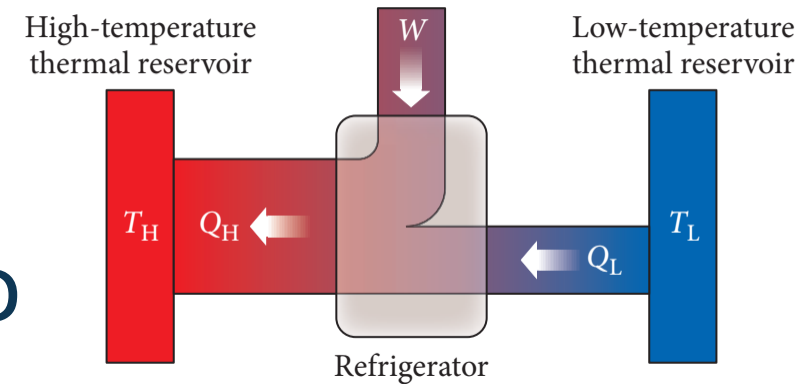


Nguyên lý thứ 2 nhiệt động lực học



PGS. TS. Lê Công Hảo



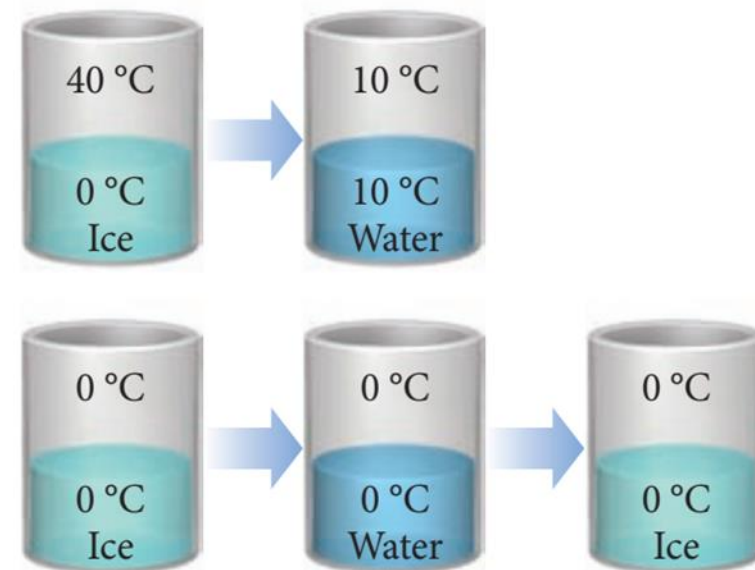
1. NHỮNG HẠN CHẾ CỦA NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

Các quá trình trong tự nhiên đều phải tuân theo nguyên lý thứ nhất \rightarrow **bảo toàn năng lượng trong tự nhiên**

Một số quá trình đã phù hợp với nguyên lý thứ nhất, nhưng có thể trong thực tế vẫn không xảy ra

- Quá trình truyền nhiệt. Truyền nhiệt từ vật nóng sang vật lạnh

- Hòn đá rơi từ cao xuống, chứ không tự nhiên nằm trên mặt đất lấy một động năng cao Z.



$Q = Q_1 + Q_2 = 0 \rightarrow Q_1 = -Q_2 \quad \longrightarrow$ Nguyên lý thứ nhất không cho ta biết chiều diễn biến của quá trình thực tế xảy ra

1. NHỮNG HẠN CHẾ CỦA NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

Trong nguyên lý thứ nhất công và nhiệt tương đương nhau, và có thể chuyển hóa lẫn nhau.



Công có thể chuyển hóa hoàn toàn thành nhiệt

$$\Delta U = A + Q = 0$$

$$\rightarrow A = -Q$$

Nhiệt lượng ở nhiệt độ càng cao \rightarrow công càng tốt. Tuy nhiên nguyên lý thứ nhất không quan tâm đến chất lượng nhiệt

Nguyên lý thứ hai của nhiệt động học sẽ khắc phục những hạn chế trên đây của nguyên lý thứ nhất và cùng với nó tạo thành một hệ thống lý luận chặt chẽ làm cơ sở cho việc nghiên cứu các hiện tượng nhiệt

2. Quá trình thuận nghịch

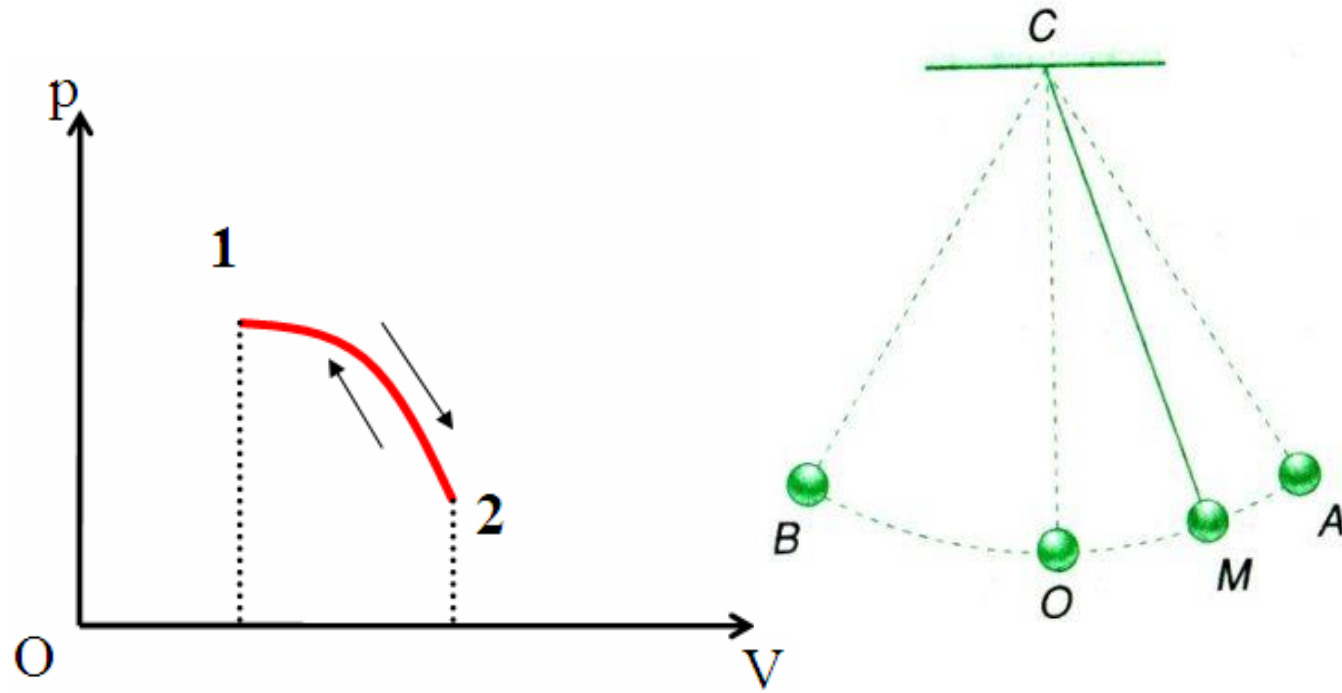
Một quá trình biến đổi của hệ từ trạng thái 1 sang trạng thái 2 được gọi là thuận nghịch khi

+ Nó có thể tiến hành theo chiều ngược lại

+ Và trong quá trình ngược đó, hệ đi qua các trạng thái trung gian như trong quá trình thuận.

Mọi quá trình cơ học không có ma sát đều là quá trình thuận nghịch

Quá trình thuận nghịch là quá trình lý tưởng, trong thực tế chỉ xảy ra các quá trình không thuận nghịch.



3. NGUYÊN LÝ THỨ 2 NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

3.1. Máy nhiệt

Là một hệ hoạt động tuần hoàn →
Chuyển nhiệt thành công hoặc ngược lại.

Bao gồm:

Tác nhân: là chất vận chuyển biến nhiệt
thành công và ngược lại

Nguồn nóng: có nhiệt độ cao hơn

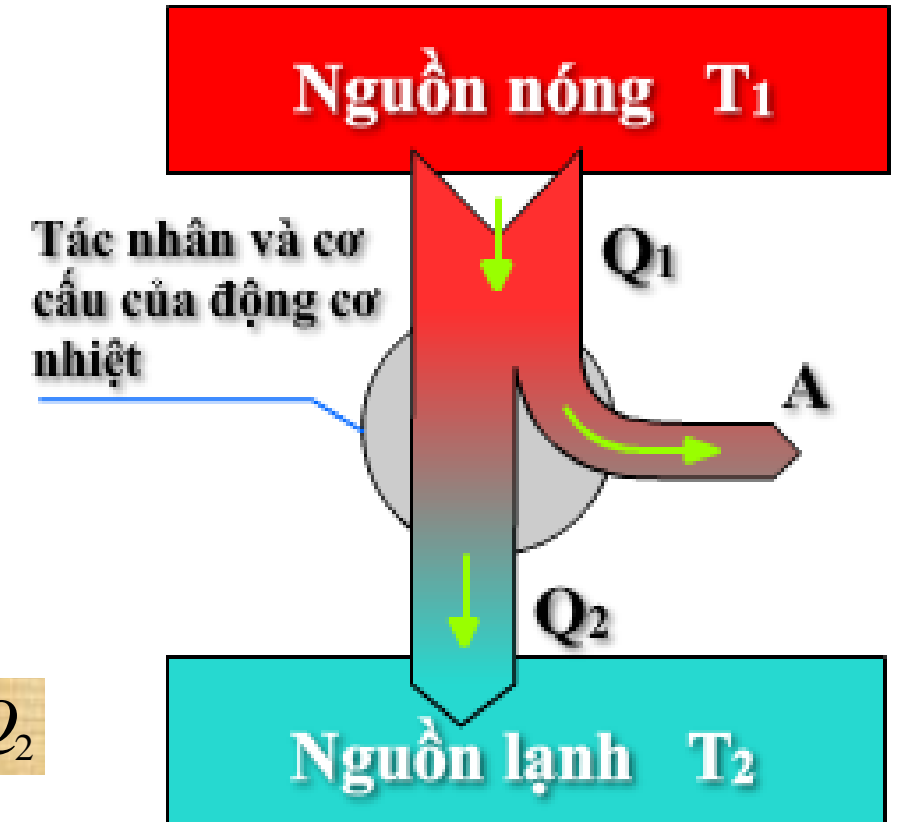
Nguồn lạnh: có nhiệt độ thấp hơn nguồn
nóng

Theo nguyên lý 1 ta có: $Q_1 = A + Q_2 \rightarrow A = Q_1 - Q_2$

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

← Hiệu suất của động cơ nhiệt

3.1.1. Động cơ nhiệt

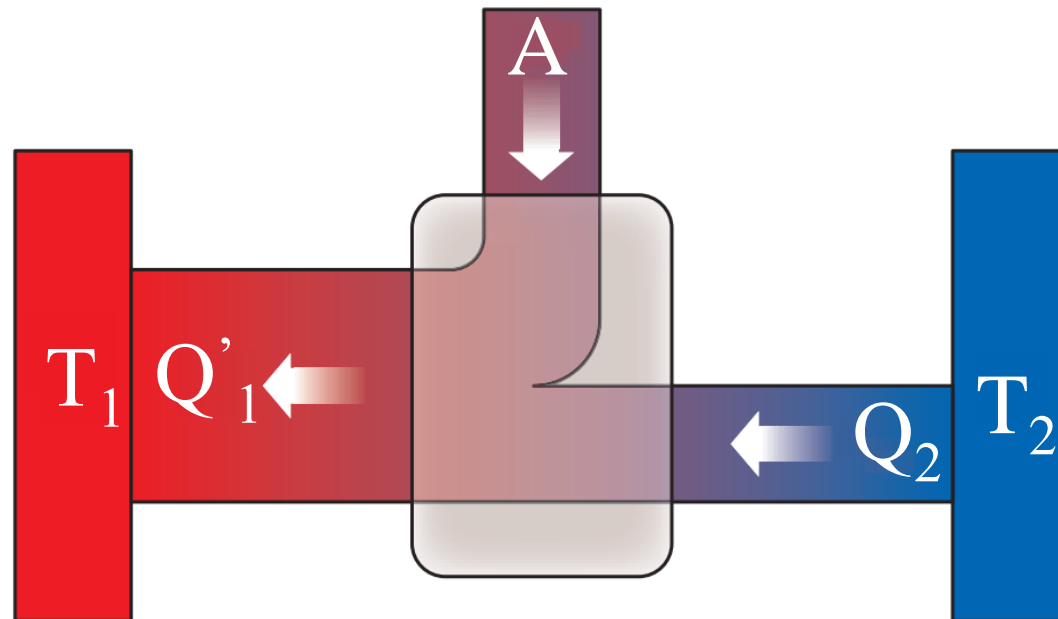


3. NGUYÊN LÝ THỨ 2 NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

3.1.2. Máy làm lạnh

Là máy nhiệt biến công thành nhiệt với tác nhân biến đổi ngược với động cơ nhiệt.

Tác nhân tiêu thụ (nhận) công A của ngoại vật và lấy 1 lượng nhiệt Q_2 nguồn lạnh và nhả Q'_1 cho nguồn nóng.



Hệ số làm lạnh:

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{A}$$

$$Q'_1 = A + Q_2 \rightarrow A = Q'_1 - Q_2$$

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{Q'_1 - Q_2}$$

Q_2 nhiệt lượng lấy từ vật cần làm lạnh, A là công cần lấy nhiệt Q_2

3. NGUYÊN LÝ THỨ 2 NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

3.2. Phát biểu nguyên lý 2

Phát biểu của Thompson: Một động cơ không thể sinh công, nếu nó chỉ trao đổi nhiệt với một nguồn nhiệt duy nhất.

Phát biểu của Clausius: Nhiệt không thể tự truyền từ một vật lạnh sang vật nóng hơn.

Ý nghĩa: Không thể chế tạo được động cơ vĩnh cửu loại hai, lấy nhiệt chỉ từ 1 nguồn duy nhất để sinh công.

Chất lượng nhiệt: T càng cao, chất lượng càng cao

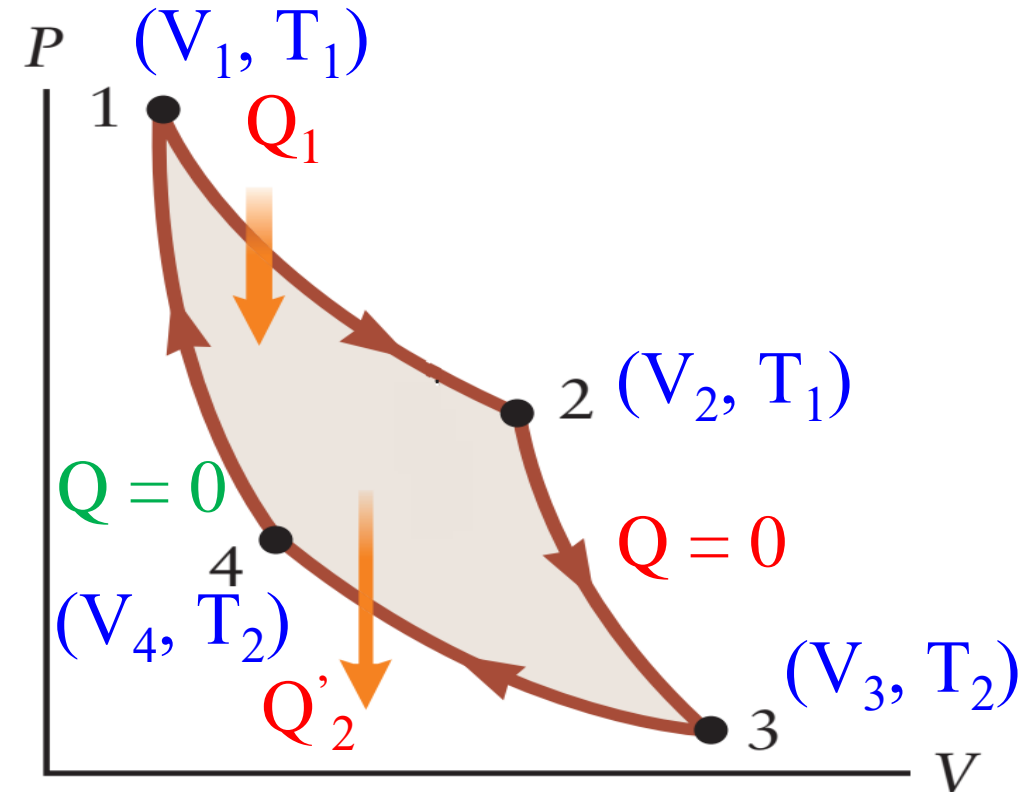
Greek Alphabet and Symbols					
Α α Alpha	Β β Beta	Γ γ Gamma	Δ δ Delta	Ε ε Epsilon	Ζ ζ Zeta
Η η Eta	Θ θ Theta	Ι ι Iota	Κ κ Kappa	Λ λ Lambda	Μ μ Mu
Ν ν Nu	Ξ ξ Xi	Ο ο Omicron	Π π Pi	Ρ ρ Rho	Σ σ, ς Sigma
Τ τ Tau	Υ υ Upsilon	Φ φ Phi	Χ χ Chi	Ψ ψ Psi	Ω ω Omega

4. CHU TRÌNH CARNOT VÀ ĐỊNH LÝ CARNOT

4.1. Chu trình Carnot thuận nghịch

Các máy nhiệt đều hoạt động theo những chu trình, Chu trình có lợi nhất là chu trình Carnot.

Chu trình Carnot là chu trình gồm hai quá trình đẳng nhiệt, thuật nghịch và hai quá trình đoạn nhiệt thuận nghịch



Bốn bước thực hiện chu trình Carnot thuận nghịch có tác nhân là khí:

- Quá trình $1 \rightarrow 2$: Giãn đẳng nhiệt ở T_1 ; Tác nhân thu nhiệt Q_1
- Quá trình $2 \rightarrow 3$: Giãn đoạn nhiệt; nhiệt độ từ T_1 giảm xuống T_2
- Quá trình $3 \rightarrow 4$: Nén đẳng nhiệt ở T_2 ; tác nhân tỏa nhiệt Q'_2
- Quá trình $4 \rightarrow 1$: Nén đoạn nhiệt; nhiệt độ tăng từ T_2 đến T_1

4. CHU TRÌNH CARNOT VÀ ĐỊNH LÝ CARNOT

4.2. Hiệu suất của chu trình Carnot thuận nghịch

Hiệu suất của chu trình Carnot:

$$\eta = 1 - \frac{Q'_2}{Q_1}$$



$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$
$$\eta_{tn}^C = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$Q_1 = Q_{12} = \frac{M}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1};$$

$$Q'_2 = -Q_{34} = -\frac{M}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_4}{V_3}$$

$$\Rightarrow \eta = 1 - \frac{\frac{M}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_3}{V_4}}{\frac{M}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}} = 1 - \frac{T_2 \ln \frac{V_3}{V_4}}{T_1 \ln \frac{V_2}{V_1}}$$

Mặt khác trong các quá trình
đoạn nhiệt 2-3 và 4-1 ta có:



$$T_1 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_3^{\gamma-1}$$

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_4^{\gamma-1}$$

$$\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1}$$

$$\Leftrightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$



Hiệu số làm lạnh:

$$\varepsilon_{cN} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad \varepsilon = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{Q'_1 - Q_2}$$

Hiệu suất của chu trình Carnot thuận nghịch
đối với khí lý tưởng chỉ phụ thuộc vào nhiệt
độ của nguồn nóng và nguồn lạnh

4. CHU TRÌNH CARNOT VÀ ĐỊNH LÝ CARNOT

- 4.3. Hệ quả**
1. Hiệu suất cực đại động cơ nhiệt luôn nhỏ hơn 1
 2. Tăng hiệu suất cực đại động cơ nhiệt cần $T_1 \uparrow$ & $T_2 \downarrow$
 3. Nguồn nhiệt có nhiệt độ cao hơn thì chất lượng tốt hơn
 4. Tăng hiệu suất động cơ \rightarrow chế tạo nó gần động cơ thuận nghịch.

4.3. Định lý Carnot

ĐL1: Hiệu suất động cơ nhiệt thuận nghịch chạy theo chu trình Carnot hoạt động với hai nguồn nhiệt có nhiệt độ T_1 và T_2 cho trước thì bằng nhau và độc lập với hệ dung để sinh công.

ĐL2: Hiệu suất của động cơ không thuận nghịch nhỏ hơn hiệu suất của động cơ thuận nghịch. $\eta_{KTN} < \eta_{TN}$

ĐL3: Trong cùng điều kiện như nhau: $\eta_{KTN} < \eta_{TN} < \eta_{TNCarnot}$

5. CÔNG THỨC ĐỊNH LƯỢNG CỦA NGUYÊN LÝ THỨ HAI

5.1. Trường hợp có hai nguồn nhiệt

$$\eta_{ktn}^C < \eta_{tn}^C$$

$$1 - \frac{Q'_2}{Q_1} \leq 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$Q'_2 = -Q_2$$

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \leq 0$$

Dấu = ứng với CT Carnot thuận nghịch
Dấu < ứng với CT Carnot Không TN

5.2. Trường hợp động cơ nhiệt có nhiều nguồn nhiệt

Xét CT Carnot gồm nhiều quá trình đẳng nhiệt và đoạn nhiệt kế tiếp nhau

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} + \dots + \frac{Q_n}{T_n} \leq 0 \Rightarrow \sum_i^n \frac{Q_i}{T_i} \leq 0$$

5.3. Trường hợp CT Carnot có dạng bất kỳ, nhiệt biến thiên liên tục

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0$$

+ Tích phân trên toàn bộ chu trình
+ Công thức định lượng của nguyên lý thứ hai

6. HÀM ENTROPY VÀ NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPY

6.1. Khái niệm entropy và entropy

Nguyên lý thứ hai của \rightarrow chiều xảy ra \rightarrow Giúp xác định giới hạn cho phép của các quá trình xảy ra thông qua đại lượng vật lý entropy

Entropy là đại lượng vật lý đo mức độ vô trật tự hay mức độ ngẫu nhiên của một hệ

Ví dụ

Xét hệ gồm các phân tử nước ở nhiệt độ phòng, nếu ta đốt nóng hệ thì các phân tử nước sẽ gia tăng chuyển động, mất trật tự, nếu nhiệt lượng q cung cấp cho hệ tăng lên thì sự mất trật tự sẽ tăng tỉ lệ thuận.

Tuy nhiên, nếu cùng nhiệt lượng q cung cấp cho hệ đang ở nhiệt độ cao hơn \rightarrow sự biến thiên mất trật tự sẽ ít hơn so với lúc hệ đang ở nhiệt độ thấp.

6. HÀM ENTROPY VÀ NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPY

6.1. Khái niệm entropy S và hàm entropy $dU = \delta Q + \delta A = 0$

Xét quá trình giãn nở đẳng nhiệt khí LT. $\delta Q = -\delta A = pV$

Theo NL1 $\rightarrow dU=0$

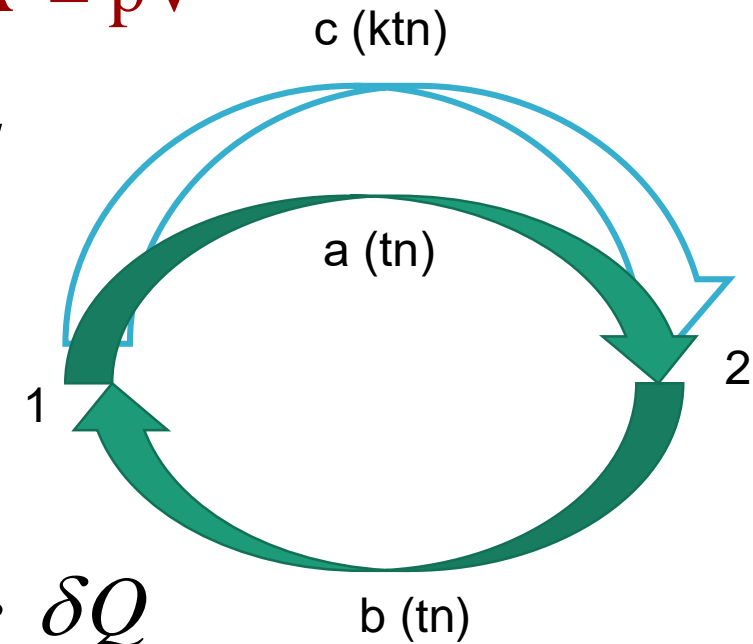
$$\frac{dV}{V} = \left(\frac{\mu}{MR} \right) \frac{\delta Q}{T}$$

$$pV = \frac{M}{\mu} RT$$

6.2. Hàm entropy

$1 \rightarrow a \rightarrow 2 \rightarrow b \rightarrow 1$: chu trình thuận nghịch

$1 \rightarrow c \rightarrow 2 \rightarrow b \rightarrow 1$: chu trình không thuận nghịch



$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0$$

$$\int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} + \int_{2b1} \frac{\delta Q}{T} = 0 \Rightarrow \int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} = \int_{1b2} \frac{\delta Q}{T}$$

Entropy S (J/K)

thuận nghịch $\Rightarrow \int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} - \int_{1b2} \frac{\delta Q}{T} = 0$

$$\Delta S = S - S = \int_1^2 dS = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$$

6. HÀM ENTROPY VÀ NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPY

6.2. Hàm entropy

Entropy là một hàm trạng thái của hệ và sự biến thiên entropy chỉ phụ thuộc vào trạng thái đầu và trạng thái cuối mà không phụ thuộc vào dạng đường đi

Entropy có cộng tính, nghĩa là entropy của một hệ cân bằng, bằng tổng entropy của từng phần riêng biệt.

Biến thiên của entropy S chứ không tìm được S

$$dS = \frac{\delta Q}{T} \Rightarrow S = S_0 + \int \frac{\delta Q}{T}$$

$$\Delta S \geq \frac{\Delta Q}{T}$$

Dấu = ứng với quá trình thuận nghịch

Dấu > ứng với quá trình bất thuận nghịch

S_0 là giá trị entropy tại gốc tính

$$S_0 = 0 \rightarrow T = 0^{\circ}\text{K}$$

Entropy S (J/K)

6. HÀM ENTROPY VÀ NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPY

6.3. Nguyên lý tăng entropy

$1 \rightarrow c \rightarrow 2$ và $2 \rightarrow b \rightarrow 1$: chu trình không thuận nghịch

$$\int_{1c2} \frac{\delta Q}{T} + \int_{2b1} \frac{\delta Q}{T} < 0$$

$$\oint \frac{\delta Q}{T} < 0$$

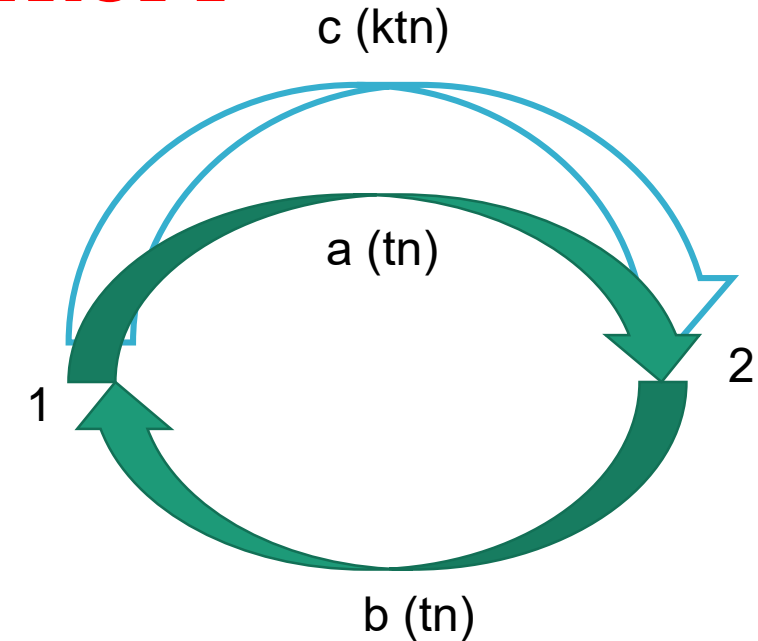
$$\Rightarrow \int_{1c2} \frac{\delta Q}{T} - \int_{1b2} \frac{\delta Q}{T} < 0$$

$$\Delta S = \int_{1b2} \frac{\delta Q}{T}$$

$$\Delta S \geq \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$$

$$\Rightarrow \int_{1c2} \frac{\delta Q}{T} < \int_{1b2} \frac{\delta Q}{T}$$

$$\Rightarrow \int_{1c2} \frac{\delta Q}{T} < \Delta S$$



Dấu = ứng với quá trình thuận nghịch

Dấu > ứng với quá trình bất thuận nghịch

6. HÀM ENTROPY VÀ NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPY

6.3. Nguyên lý tăng entropy

Entropy là tiêu chuẩn xét chiều trong hệ cô lập

Trong hệ cô lập, $Q = 0 \rightarrow \Delta S \geq 0$

Các quá trình nhiệt động xảy ra trong một hệ cô lập không thể làm giảm entropy của hệ.

Quá trình bất thuận nghịch tự xảy ra có kèm theo sự tăng entropy $\Delta S > 0$, khi entropy đạt đến giá trị cực đại thì hệ sẽ ở trạng thái cân bằng.

→ Trong một hệ cô lập thì các quá trình tự nhiên xảy ra theo chiều tăng của entropy

Giả sử quá trình xảy ra theo chiều hướng nào đó → $\Delta S > 0$ quá trình xảy ra
 $\Delta S < 0$ quá trình không xảy ra

6. HÀM ENTROPY VÀ NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPY

6.4. Tính độ biến thiên entropy

6.4.1. Quá trình đoạn nhiệt

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = 0$$

6.4.2. Quá trình đẳng nhiệt

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = \frac{1}{T} \int_1^2 \delta Q$$

$$\Rightarrow \Delta S = \frac{Q}{T}$$

Q là nhiệt lượng
hệ nhận vào

6.4.3. Quá trình thuận nghịch bất kỳ của khí lý tưởng

$$\begin{aligned} \delta Q &= dU - \delta A & dU &= \frac{M}{\mu} C_V dT \\ dU &= \delta Q + \delta A \end{aligned}$$

$$\delta A = -pdV = -\frac{M}{\mu} \frac{RT}{V} dV$$

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$$

$$\Delta S = \frac{M}{\mu} C_V \ln \frac{p_2}{p_1} + \frac{M}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Đẳng tích

Đẳng áp

Đẳng nhiệt

$$\Delta S = \frac{M}{\mu} C_V \ln \frac{p_2}{p_1}$$

$$\Delta S = \frac{M}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\Delta S = \frac{M}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

6. HÀM ENTROPY VÀ NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPY

6.5. Hệ thức thống nhất hai nguyên lý thứ nhất và thứ hai nhiệt động học

Nguyên lý thứ nhất

$$dU = \delta Q + \delta A$$

Nguyên lý thứ hai

$$\Delta S \geq \frac{\delta Q}{T}$$

$$\delta Q_{ktn} < TdS$$

$$\delta Q_{tn} = TdS$$

Phương trình cơ bản của nhiệt động học cho cả hai nguyên lý

$$dU \leq TdS + \delta A$$

$$dU \leq TdS + \delta A_{ktn}$$

$$dU = TdS + \delta A_{tn}$$

$$TdS + \delta A_{tn} \leq TdS + \delta A_{ktn}$$

$$\delta A_{tn} \leq \delta A_{ktn}$$

Công do hệ nhận vào sẽ nhỏ nhất khi quá trình được tiến hành thuận nghịch

6. HÀM ENTROPY VÀ NGUYÊN LÝ TĂNG ENTROPY

6.6. Ý nghĩa vật lý entropy

Biến thiên entropy là:

- Độ đo tính không thuận nghịch của quá trình trong những hệ cô lập
- Đặc trưng cho chiều diễn biến của những quá trình tự nhiên

Entropy liên hệ chặt chẽ với xác suất nhiệt động của hệ w .

$$S = k_B \cdot \ln w$$

k_B hằng số Boltzmann

Entropy là hàm trạng thái đặc trưng cho mức độ hỗn loạn các phân tử
Không đo trực tiếp được entropy

- Nếu $T \uparrow$ $S \uparrow$: (Rắn \rightarrow lỏng \rightarrow khí),
- Nếu $T \downarrow$ $S \downarrow$: (Khí \rightarrow lỏng \rightarrow rắn).