

CHƯƠNG 7

NGUYÊN LÝ THỨ HAI CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

7.1. Những hạn chế của NL thứ nhất

7.2. Quá trình thuận nghịch và không thuận nghịch

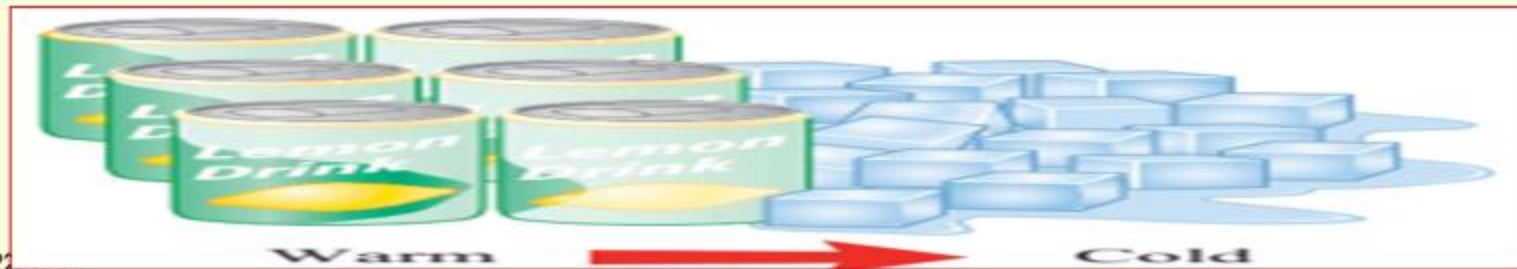
7.3. Nguyên lý thứ hai của NĐL học

7.4. Định lý Carnot

7.5. Entropy và nguyên lý tăng entropy

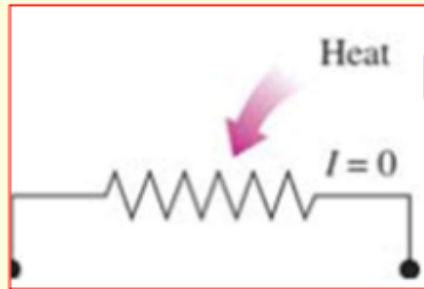


Lord Kelvin
British physicist and mathematician
(1824–1907)

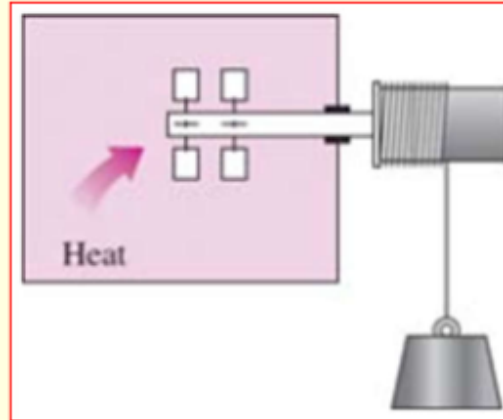


7.1. Những hạn chế của NL thứ nhất

Một tách cafe nóng không thể nóng hơn nếu đặt trong phòng lạnh hơn



Nhiệt truyền cho sợi dây kim loại không thể làm nó tạo ra dòng điện



Nhiệt truyền cho cánh quạt không thể làm nó quay



Các quá trình này không thể xảy ra trong tự nhiên dù nó không vi phạm nguyên lý thứ nhất.

7.1. Những hạn chế của NL thứ nhất

1) Nguyên lý 1 không cho biết nhiệt truyền từ vật nóng sang vật lạnh hay từ vật lạnh sang vật nóng.



Nguyên lý 1 không cho biết chiều diễn biến của quá trình thực tế xảy ra

2) Nguyên lý 1 cho biết công và nhiệt tương đương nhau



Thực tế công có thể chuyển hóa hoàn toàn thành nhiệt, nhưng nhiệt không thể chuyển hóa hoàn toàn thành công.

3) Nguyên lý 1 không đề cập tới vấn đề chất lượng nhiệt

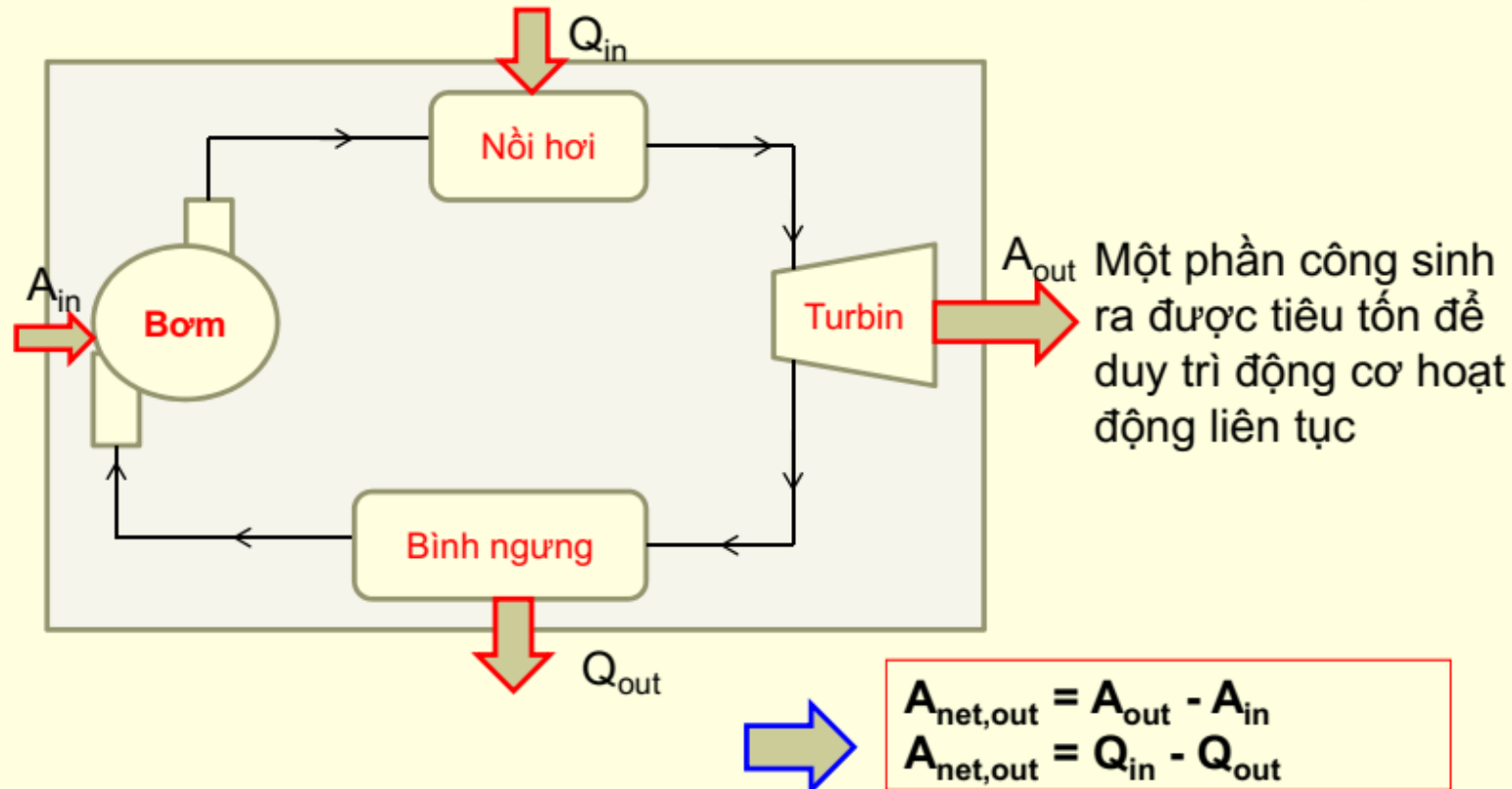


Thực tế nhiệt lượng Q lấy từ môi trường có nhiệt độ cao có chất lượng cao hơn nhiệt lượng lấy từ môi trường có nhiệt độ thấp

7.3. Nguyên lý thứ 2 của NĐL học

1) Động cơ nhiệt

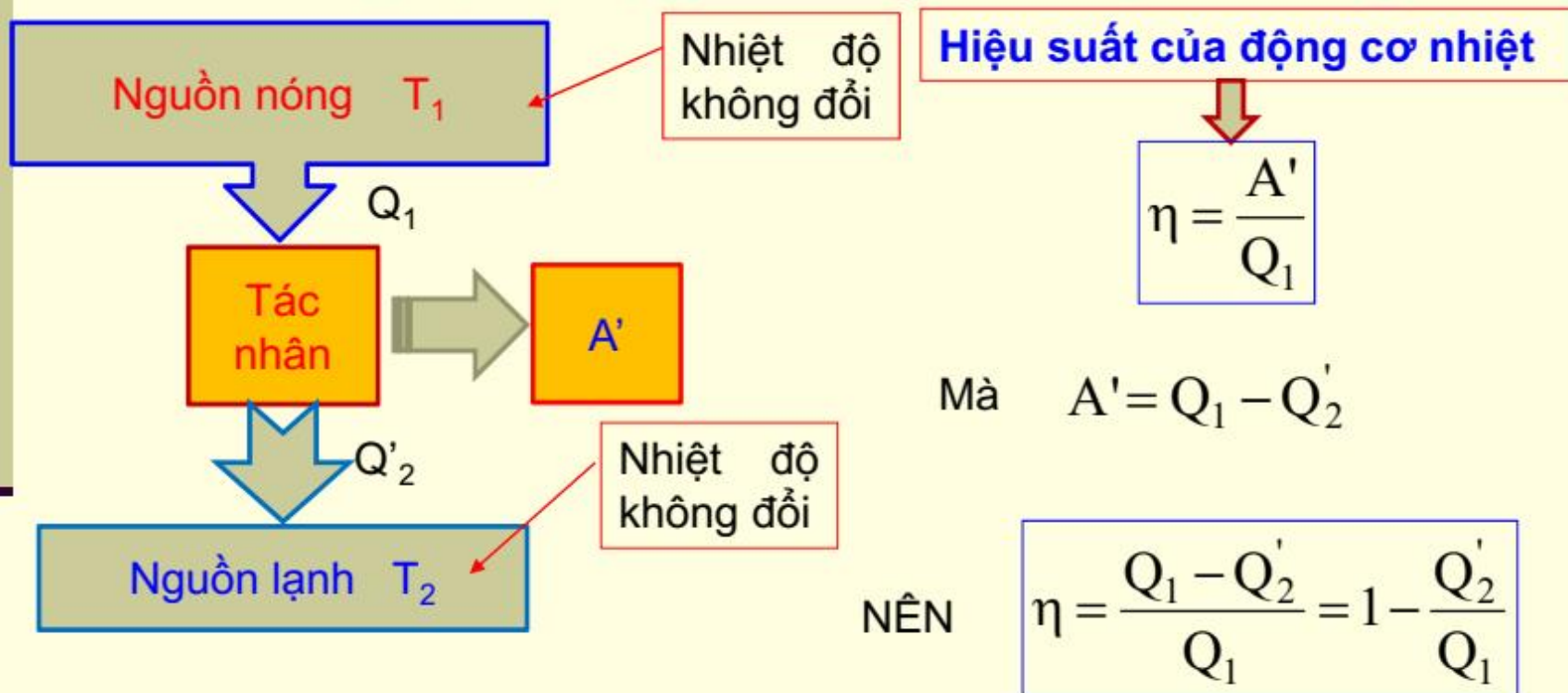
Là một hệ hoạt động tuần hoàn biến nhiệt thành công



7.3. Nguyên lý thứ 2 của NĐL học

1) Động cơ nhiệt

Là một hệ hoạt động tuần hoàn biến nhiệt thành công



7.3. Nguyên lý thứ 2 của NĐL học

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

Một động cơ sinh công mà chỉ trao đổi với một nguồn nhiệt duy nhất



ĐỘNG CƠ VĨNH CỬU LOẠI HAI

Ví dụ 7.1: Một động cơ có hiệu suất 20% và sinh ra công cơ học 23000J trong mỗi giây.

- (a) Tính nhiệt lượng mà động cơ nhận vào.
- (b) Tính nhiệt lượng mà động cơ thải ra

Bài giải:

a) Ta có: $\eta = \frac{A'}{Q_1} \Rightarrow Q_1 = \frac{A'}{\eta} = \frac{23000}{0,2} = 1,15 \cdot 10^5 \text{ (J)}$

b) Ta có: $Q'_2 = Q_1 - A' = 1,15 \cdot 10^5 - 2,3 \cdot 10^4 = \dots \text{ (J)}$

7.3. Nguyên lý thứ 2 của NĐL học

Ví dụ 7.2: Một động cơ nhận 2kJ nhiệt lượng từ nguồn nóng trong mỗi chu kỳ và nhả cho nguồn lạnh 1,5kJ nhiệt lượng

(a) Tìm hiệu suất của động cơ.

(b) Tính công sinh ra trong mỗi chu kỳ của động cơ

Bài giải:

a) Ta có: $\eta = 1 - \frac{Q_2'}{Q_1} = 1 - \frac{1,5}{2} = 0,25 = 25\%$


b) Ta có: $\eta = \frac{A'}{Q_1} \Rightarrow A' = \eta Q_1 = 0,25 \times 2 = 0,5 \text{ (kJ)}$

Ví dụ 7.3: Một động cơ hoạt động ở hiệu suất 25% sinh ra công ở tốc độ 0,1 MW. Tính tốc độ lượng nhiệt thải ra bên ngoài.

Bài giải:

❖ Công sinh ra: $A' = Pt = 1 \text{ (MW)} \cdot 1 \text{ (s)} = 1 \text{ (MJ)}$

❖ Nhiệt nhận vào: $\eta = \frac{A'}{Q_1} \Rightarrow Q_1 = \frac{A'}{\eta} = \frac{1}{0,25} = 4 \text{ (MJ)}$

❖ Nhiệt thải ra: $Q_2' = Q_1 - A' = 4 - 1 = 3 \text{ (MJ)}$  Tốc độ thải: $P' = Q'/t$

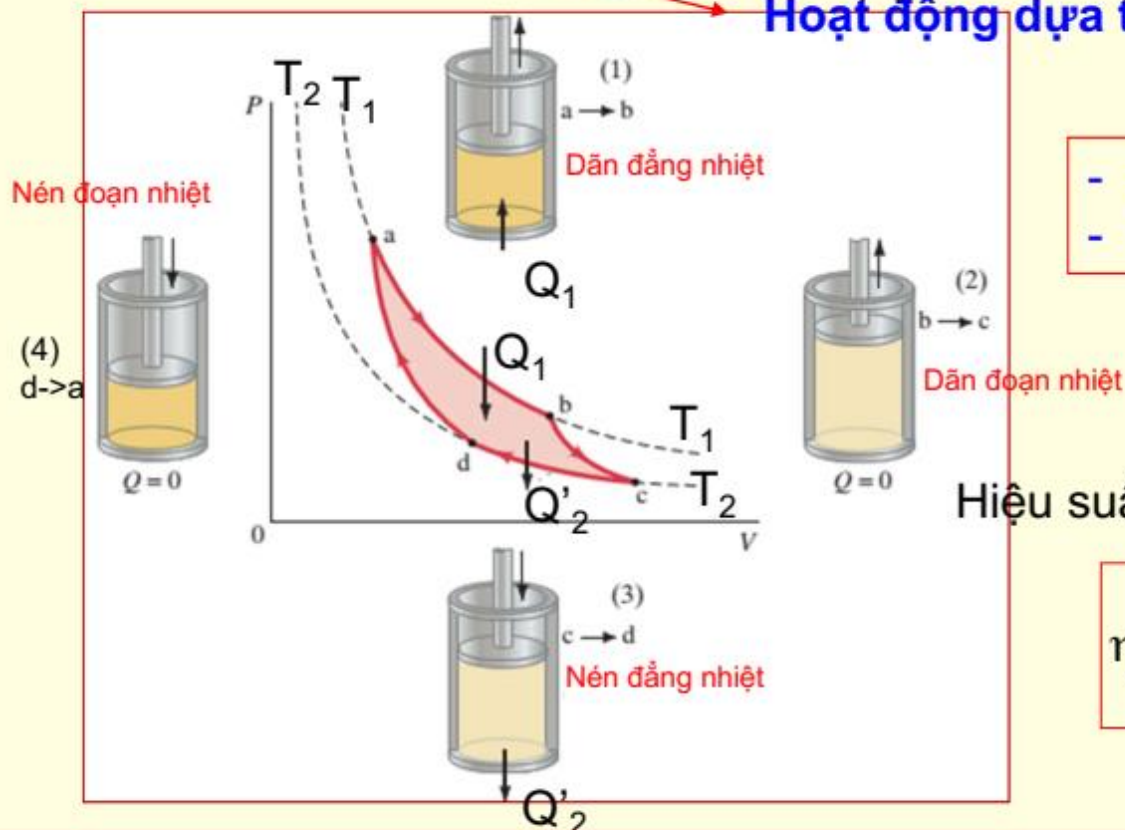
7.3. Nguyên lý thứ 2 của NĐL học



Sadi Carnot
French engineer (1796–1832)

3) Động cơ Carnot

Hoạt động dựa trên chu trình Carnot



- 2 quá trình đẳng nhiệt
- 2 quá trình đoạn nhiệt

Hiệu suất của động cơ Carnot:

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

Hiệu suất của động cơ hoạt động theo chu trình Carnot chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của nguồn nóng và nguồn lạnh

7.3. Nguyên lý thứ 2 của NĐL học

Ví dụ 7.7: Bạn yêu cầu chế tạo động cơ với điều kiện như sau: Động cơ phải nhận nhiệt lượng 9kJ tại 435K và nhả nhiệt cho nguồn lạnh 4kJ tại 285K. Yêu cầu của bạn có thể thực hiện được không?

Bài giải:

❖ Hiệu suất lí tưởng (hoạt động theo chu trình Carnot)

$$\eta_c = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{285}{435} = 34,5\%$$

❖ Hiệu suất theo yêu cầu:

$$\eta = 1 - \frac{Q'_2}{Q_1} = 1 - \frac{4}{9} = 55,6\%$$



Yêu cầu của bạn không thực hiện được.

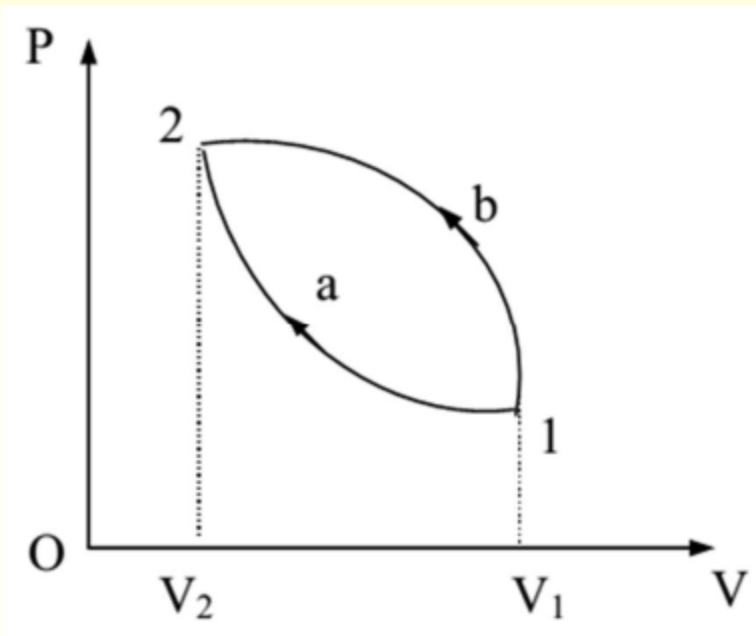
7.6. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy

1) Entropy và hàm Entropy

Entropy là đại lượng vật lý đo *mức độ vô trật tự hay mức độ ngẫu nhiên* của một hệ. Chiều diễn tiến tự nhiên của các quá trình nhiệt động có sự liên hệ với sự thay đổi entropy của hệ.

Khi một hệ biến đổi theo một chu trình thuận nghịch thì:

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



$$\oint_{1a2b1} \frac{\delta Q}{T} = 0$$

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

Chỉ phụ thuộc trạng thái đầu và cuối

7.6. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy

1) Entropy và hàm Entropy

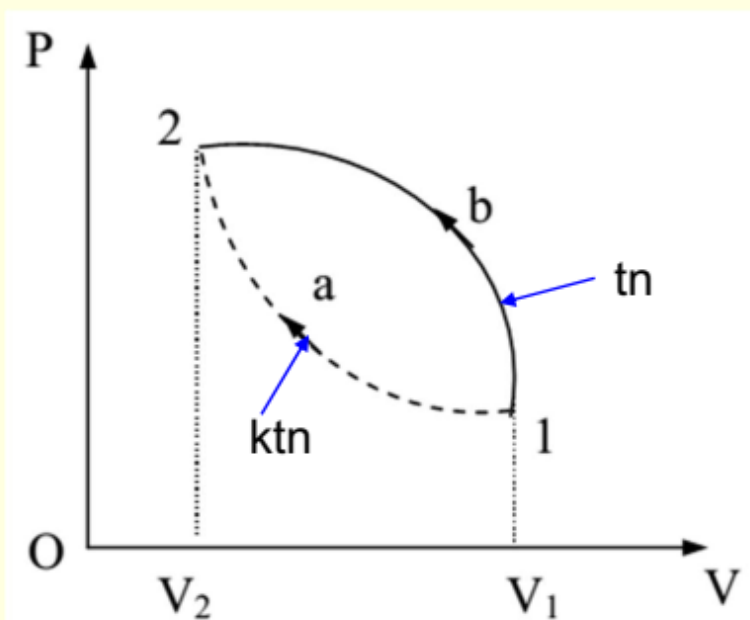
Độ biến thiên Entropy:

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

S: entropy của hệ
Đơn vị: J/K

Vi phân của entropy:

$$dS = \frac{\delta Q}{T}$$



Đối với chu trình không thuận nghịch

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

$$\int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} + \int_{2b1} \frac{\delta Q}{T} < 0$$

7.6. Hàm Entropy và nguyên lý tăng Entropy

2) Nguyên lý tăng Entropy

Đối với hệ cô lập: $\delta Q = 0$



$$\Delta S \geq 0$$

$\Delta S = 0$: quá trình TN

$\Delta S > 0$: quá trình KTN

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

3) Entropy của khí lý tưởng

a) Quá trình đoạn nhiệt:

$$\Delta S = 0 \Rightarrow S = \text{const.}$$

b) Quá trình đẳng nhiệt:

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

c) Quá trình bất kỳ:

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

Ví dụ 7.8: Một khối khí ôxy có khối lượng 10g được hơ nóng từ nhiệt độ $t_1 = 50^\circ\text{C}$ tới $t_2 = 150^\circ\text{C}$. Tính độ biến thiên entropi nếu quá trình hơ nóng là:

a. Đẳng tích.

b. Đẳng áp.

Đáp số: a/ $\Delta S_V = 1,75 \text{ J/K}$

b/ $\Delta S_P = 2,45 \text{ J/K}$