

CHƯƠNG 9: NGUYÊN LÝ THỨ HAI NHIỆT ĐỘNG HỌC

DẠNG 1: MÁY NHIỆT

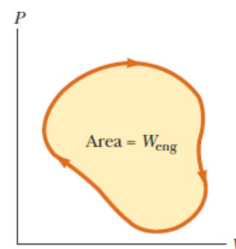
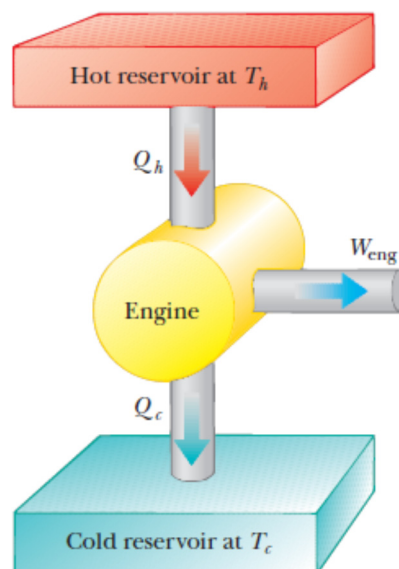
1.1. Kiến thức cơ bản:

a. Máy nhiệt

- Máy nhiệt là thiết bị nhận nhiệt từ nguồn nóng, sau đó quay tay một chu trình rồi chuyển hóa một phần nhiệt nhận được từ nguồn nóng thành công, còn phần còn lại thì thải ra toilet, tức là nguồn lạnh.
- Thông thường máy nhiệt sẽ chứa chất sinh công (không khác gì cò mồi), chất này sẽ nhận nhiệt rồi chuyển hóa một phần nhiệt thành công, phần còn lại truyền nốt cho nguồn lạnh. Chúng ta có thể thấy trong động cơ hơi nước thì hơi nước đóng vai trò là chất sinh công. Nó nhận nhiệt từ nguồn nóng và bốc hơi, hơi này sẽ làm quay động cơ, khi gặp nguồn lạnh nó truyền nốt phần nhiệt còn thừa rồi trở lại trạng thái nước rồi rơi tòm vào tay thẳng nguồn nóng. Nói chung số phận hẩm hiu hết qua tay anh nguồn nóng rồi qua tay anh nguồn lạnh → tàn một đời hoa.
- Một đặc điểm cần chú ý chính là máy nhiệt thì hoạt động theo chu trình nên cứ sau một chu trình thì nó lại quay về trạng thái ban đầu → độ biến thiên nội năng bằng 0 → nhiệt mà hệ nhận được đã chuyển hoàn toàn thành công.
- Như vậy công mà máy nhiệt sinh ra thì bằng tổng năng lượng bị hấp thụ bởi máy nhiệt nên ta có:

$$A = |Q_h| - |Q_c|$$

- Nếu chất sinh công là khí thì sau một chu trình kín, thì phần diện tích bao bọc bởi đường chu trình đó chính là công sinh ra bởi máy nhiệt. Cái này nghe thì khó hiểu vcd, nhưng thực sự là chúng ta đều đã biết từ hồi học cấp 3 chỉ có điều là ko biết ứng dụng. Đó chính là phần ứng dụng tích phân để tính giới hạn bởi hai đồ thị hàm số. Ở đây hàm thứ nhất ứng với công lượt đi, hàm thứ hai ứng với công lượt về. Lấy công lượt đi cộng đi công lượt về là ra công thức tính diện tích thôi.



$$A = A_d + A_v = \int_{V_1}^{V_2} p_1 dV + \int_{V_2}^{V_1} p_2 dV = \int_{V_1}^{V_2} (p_1 - p_2) dV$$

→ đúng dạng tính diện tích giới hạn bởi hai đồ thị hàm số $p_1(V)$ và $p_2(V)$ chưa?

- Tiếp đến bàn về vấn đề hiệu suất, tất nhiên ai cũng biết là chẳng có cái máy nào hiệu suất 100%. Như cơ thể con người khi nhận năng lượng dưới dạng thức ăn thì chỉ một phần hấp thụ và chuyển thành công, phần còn lại không hấp thụ hết thì chuyển thành shit và H₂O → tất nhiên phần này vẫn mang năng lượng và có thể tái sử dụng trong trường hợp đói quá. Chứ bình thường thì chỉ để bón và tưới rau thôi.

Máy móc cũng vậy, con người thường ảo tưởng là có thể tạo được máy hiệu suất 100% → tất nhiên là thời xa xưa thôi, còn hiện giờ chỉ có đầu óc có vấn đề mới đi tìm cách tạo ra máy có hiệu suất 100%. Chúng ta chỉ có thể nghiên cứu để nâng cao hiệu suất tối đa có thể thôi.

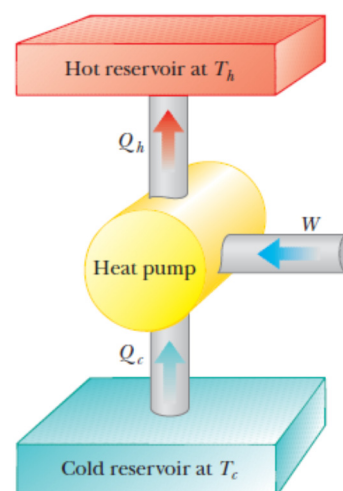
- Hiệu suất của máy nhiệt được tính theo công thức:

$$\eta = \frac{A}{|Q_h|} = \frac{|Q_h| - |Q_c|}{|Q_h|} = 1 - \frac{|Q_c|}{|Q_h|}$$

- Đến đây ta có thể phát biểu định luật thứ 2 nhiệt động lực học: Không thể tạo được máy nhiệt hấp thụ hoàn toàn nhiệt từ nguồn nóng và chuyển hóa hết thành công. Tóm lại phát biểu ngắn gọn là éo có máy nhiệt nào có hiệu suất 100%.

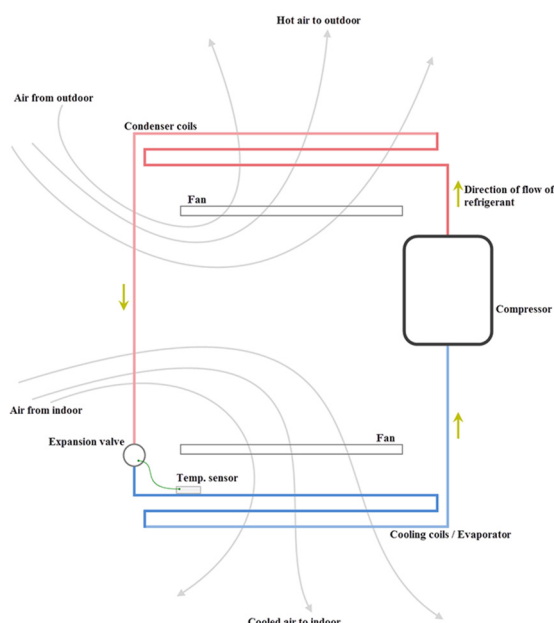
b. Máy lạnh

- Trong máy nhiệt, quá trình truyền năng lượng theo hướng từ nguồn nóng sang nguồn lạnh → đó là một quá trình tự nhiên. Giống kiểu già thì phải toi thôi. Tuy nhiên, chúng ta vẫn có thể cưỡng lại ý trời bằng cách thực hiện chu trình đảo ngược, tức là làm cho nhiệt truyền từ nguồn lạnh ngược về nguồn nóng. Và tất nhiên để làm được điều này, thì chúng ta phải truyền năng lượng vào hệ. Giờ muốn sống lâu thì phải tăng cường thuốc bổ thận tráng dương như rocket 1h chẳng hạn → tức là nhận năng lượng để chống lại quá trình lão hóa tự nhiên. Thiết bị nhận năng lượng để truyền



nhệt từ nguồn lạnh sang nguồn nóng được gọi là bơm nhiệt hay còn gọi máy lạnh.

- Giờ nghiên cứu tí hoạt động của máy điều hòa. Ai cũng dùng mà cuối cùng chả biết nguyên lí làm việc thế nào. Do đó, là sinh viên nhất là sinh viên bk thì phải biết và hiểu nó để còn bốc phét chém gió với gấu. Cứ tưởng tượng qua nhà gấu thấy điều hòa trục trặc, rồi kt và phán vài ba câu chuyên môn thì phụ huynh thần tượng luôn đẩy chữ → cái lợi của học về lờ đó. Giờ để ý vào hình vẽ bên. Đối với máy điều hòa thì phải có chất làm lạnh (dạng khí hoặc lỏng tùy theo từng thời điểm → chất này đóng vai trò như cầu nối để chuyển nhiệt từ nguồn lạnh sang nguồn nóng. Bất cứ một máy điều hòa nào cũng có một bộ phận rất quan trọng có tên là bộ nén khí (compressor) dùng để nén và bơm khí làm lạnh. Quá trình nén khí sẽ làm tăng nhiệt của nó và lượng nhiệt này sẽ được xử lý bằng cách cho khí này đi qua bộ phận ngưng tụ → bộ phận này có tác dụng hấp thụ lượng nhiệt dư thừa. Thực ra nghe tên thì oai như cóc chứ cấu tạo thì đơn giản chỉ là một giàn ống dẫn khí, bên ngoài có gắn quạt để thổi không khí qua giàn ống này. Không khí sẽ lấy nhiệt dư thừa của dàn ống và mang ra đi. Kết quả là khí sau khi bị mất nhiệt thì nó sẽ bị ngưng tụ và chuyển thành thể lỏng rồi đưa đến tập trung xếp hàng ở trước cửa nhà anh van giãn nở (ko biết dịch thể này đúng chuẩn chưa, tiếng anh là expansion valve). Thực ra cái van này giống đóng vai trò giống van điều tiết áp suất. Một bên van là chất làm lạnh ở trạng thái lỏng có áp suất cao, bên kia là chất làm lạnh ở trạng thái hơi. Van này được kết nối với một cảm biến nhiệt độ của phòng để đóng mở. Khi nhiệt độ phòng cao hơn nhiệt độ setup thì van này sẽ mở và xả một lượng chất làm lạnh ở trạng thái lỏng qua. Quá trình xả dẫn đến thể tích của chất làm lạnh tăng đột ngột, áp suất giảm mạnh kéo theo nhiệt độ của chất làm lạnh giảm dần. Chất làm lạnh lúc này ở dạng hơi sẽ được đưa qua hệ thống bốc hơi. Bằng cách lấy không khí trong phòng thổi qua hệ thống này, không khí sẽ bị mất nhiệt trước khi thổi lại vào phòng và khiến phòng chúng ta mát đi. Kết thúc của quá trình này, chất làm lạnh sẽ lại được đưa vào bộ nén để bắt đầu một chu trình mới.



c. Chu trình Carno

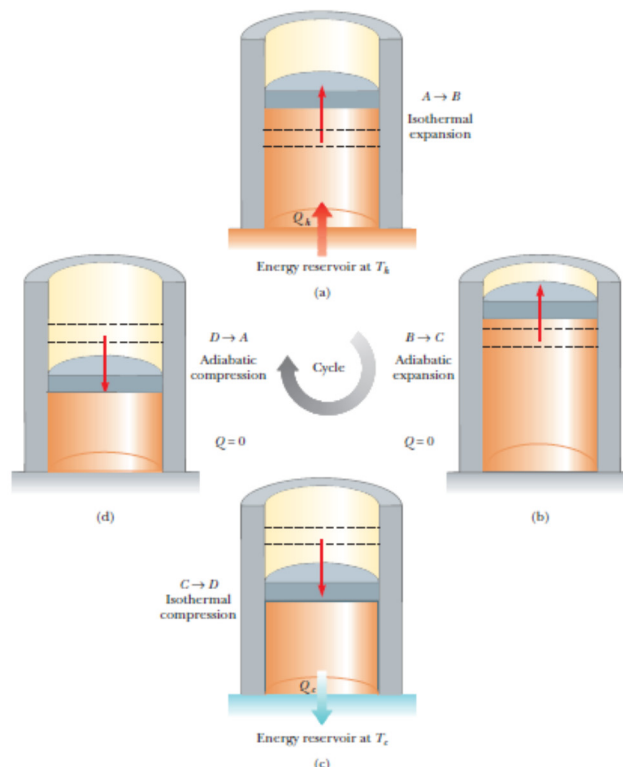
- Năm 1824, Carno đưa ra một máy lý thuyết (tức là chỉ có trên lý thuyết) gọi là máy Carno. Mặc dù chỉ là lý thuyết nhưng nó lại có vai trò vô cùng quan trọng vì nó cho biết được hiệu suất tối đa của máy (hay còn gọi là động cơ) trong thực tế có thể đạt được. Carno đã đưa ra một cái chu trình làm việc cho hiệu suất cao nhất, chu trình này có thể tóm tắt bằng 4 chữ: **đẳng – đoạn – đẳng – đoạn**. Tức là một chu trình gồm có 4 quá trình trong đó đẳng nhiệt và đoạn nhiệt xen kẽ nhau. Giờ nghiên cứu kỹ cái chu trình này để còn biết đường mà bốc phét chém gió khi bài thi gặp phải

- Quá trình A→B: quá trình giãn nở đẳng nhiệt bằng cách cho khí trong xi lanh tiếp xúc trực tiếp với nguồn nóng.

- Quá trình B→C: quá trình giãn nở đoạn nhiệt bằng cách vớt cụ cái thẳng nguồn nóng đi và thay ngay bằng đế chắn không dẫn nhiệt. Kết thúc quá trình này thì nhiệt độ sẽ giảm xuống T_C .

- Quá trình C→D: quá trình nén đẳng nhiệt, lúc này thay cái đế ko dẫn nhiệt bằng nguồn lạnh có nhiệt độ T_C

- Quá trình D→A: quá trình nén đoạn nhiệt → vớt tiếp thẳng nguồn lạnh đi và thay bằng đế chắn không dẫn nhiệt

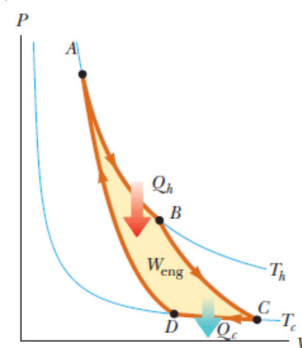


- Cuối cùng ta có chu trình Carno như hình vẽ bên. Với công sinh ra là lớn nhất nên hiệu suất cũng lớn nhất. Trong chu trình Carno ta có mối liên hệ giữa nhiệt nhận được từ nguồn nóng và nhiệt nhả cho nguồn lạnh:

$$\frac{|Q_c|}{|Q_h|} = \frac{T_c}{T_h}$$

- Hiệu suất của chu trình Carno là:

$$\eta = 1 - \frac{T_c}{T_h}$$



- Đối với máy lạnh làm việc theo chu trình Carno thì ta không dùng hiệu suất mà dùng hệ số làm lạnh → chính là tỷ số giữa nhiệt mà tác nhân lấy từ nguồn lạnh và công tiêu tốn.

$$\varepsilon = \frac{|Q_c|}{A} = \frac{|Q_c|}{|Q_h| - |Q_c|} = \frac{T_c}{T_h - T_c}$$

1.1. Bài tập ví dụ:

Bài 9.1: Một máy hơi nước có công suất 14,7kW, tiêu thụ 8,1kg than trong một giờ. Năng suất tỏa nhiệt của than là 7800 kcal/kg. Nhiệt độ của nguồn nóng 200°C, nhiệt độ của nguồn lạnh là 58°C. Tìm hiệu suất thực tế của máy. So sánh hiệu suất đó với hiệu suất lý tưởng của máy nhiệt làm việc theo chu trình Carno với những nguồn nhiệt kể trên.

*** Nhận xét:** Khi làm các bài toán trong dạng này thì quan trọng nhất là đi xác định các đại lượng cơ bản như công sinh ra, nhiệt nhận từ nguồn nóng, nhiệt nhả cho nguồn lạnh hay nhiệt độ nguồn nóng, nguồn lạnh. Xác định xong thì tính quá đơn giản

*** Giải:**

- Đề bài cho công suất của máy hơi nước mà như ta biết là công suất thì liên hệ với công theo công thức:

$$P = \frac{A}{t} \rightarrow A = P \cdot t$$

- Thời gian đã biết, thay vào xác định được ngay công sinh ra bởi máy:

$$A = 14.7 \times 10^3 \times 1 \times 3600 = 52920 \text{ kJ}$$

- Nhiệt lượng mà máy hơi nước nhận được chính bằng lượng nhiệt tỏa ra do than cung cấp nên ta có:

$$Q_h = 7800 \times 4.18 \times 1000 \times 8.1 = 264092 \text{ kJ}$$

- Hiệu suất của máy hơi nước sẽ là:

$$\eta = \frac{A}{Q_h} = \frac{52920}{264092} = 20\%$$

- Nếu máy làm việc theo chu trình Carno thì hiệu suất khi đó sẽ là:

$$\eta_c = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{58 + 273}{200 + 273} = 30\%$$

- Như vậy:

$$\frac{\eta}{\eta_c} = \frac{2}{3}$$

Bài 9.4: Một động cơ nhiệt làm việc theo chu trình Cánhô, sau mỗi chu trình sinh một công $A=7,35.10^4\text{J}$. Nhiệt độ của nguồn nóng là 100 °C, nhiệt độ của nguồn lạnh là 0°C. Tìm:

- a. Hiệu suất động cơ.
- b. Nhiệt lượng nhận được của nguồn nóng sau một chu trình.
- c. Nhiệt lượng nhả cho nguồn lạnh sau một chu trình.

*** Nhận xét:** Bài toán cơ bản liên quan tới chu trình Carno, nói chung là dễ vì pt đơn giản dễ nhớ. Cứ liệt kê mấy pt liên quan tới chu trình Carno của động cơ nhiệt là xong.

*** Giải:**

- Hiệu suất của động cơ làm việc theo chu trình Carno là:

$$\eta_c = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{0 + 273}{100 + 273} = 26.8 \%$$

- Bài toán cho biết công rồi thì từ công thức tính hiệu suất là ta có thể xác định ngay được nhiệt lượng mà nguồn nóng cung cấp:

$$\eta_c = \frac{A}{Q_h} \rightarrow Q_h = \frac{A}{\eta_c} = \frac{7.35 \times 10^4}{26.8\%} = 27.42 \times 10^4 J$$

- Nhiệt lượng nhả cho nguồn lạnh thì quá đơn giản, sử dụng bảo toàn năng lượng là xong.

$$Q_c + A = Q_h \rightarrow Q_c = Q_h - A = 27.42 \times 10^4 - 7.35 \times 10^4 = 20.07 \times 10^4 J$$

Bài 9.5: Nhiệt độ của hơi nước từ lò hơi vào máy hơi nước là $t_1=227^\circ\text{C}$, nhiệt độ của bình ngưng là $t_2=27^\circ\text{C}$. Hơi khi tốn một nhiệt lượng $Q = 1\text{kcal}$ thì thu được một công cực đại theo lý thuyết bằng bao nhiêu?

*** Nhận xét:** Bài toán đã cho biết nhiệt lượng cung cấp từ nguồn nóng và hỏi công cực đại \rightarrow công cực đại chỉ xuất hiện khi máy thực hiện theo chu trình Carno. Đề bài cũng đã cho nhiệt độ nguồn nóng và lạnh rồi \rightarrow dễ vồn ☺.

*** Giải:**

- Hiệu suất theo chu trình Carno là:

$$\eta_c = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{t_2}{t_1} = 1 - \frac{27+273}{227+273} = 40\% \rightarrow \text{hơi còi}$$

- Mặt khác hiệu suất còn được tính theo công nên ta có:

$$\eta_c = \frac{A_{\max}}{Q_h} \rightarrow A_{\max} = \eta_c \times Q_h = 40\% \times 1 \times 1000 \times 4.18 = 1672 J$$

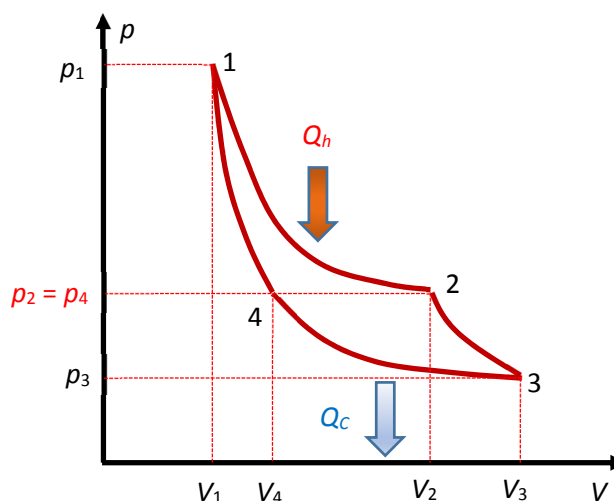
Bài 9.6: Một chu trình Cárnot thực hiện giữa hai máy điều nhiệt nhiệt độ $t_1=400^\circ\text{C}$, $t_2=20^\circ\text{C}$. Thời gian để thực hiện chu trình đó là $t = 1\text{s}$. Tìm công suất (sinh công) làm việc của động cơ theo chu trình ấy, biết tác nhân là 2kg không khí, áp suất cuối quá trình giãn đẳng nhiệt bằng áp suất ở đầu quá trình nén đoạn nhiệt. Cho không khí có $\mu = 29\text{kg/kmol}$.

*** Nhận xét:** Bài toán yêu cầu tìm công suất, thực ra công suất thì cũng tương tự như đi tìm công. Chỉ có điều khác nhau ở chỗ sau khi tìm công xong rồi thì chia cho thời gian thực hiện công đấy là ra công suất. Tiếp theo bài toán đã cho chu trình Carno rồi thì bước đầu cứ tính hiệu suất Carno đã. Vấn đề tiếp theo là tìm nhiệt cung cấp từ nguồn nóng → đề bài mới chỉ cho ít dữ kiện liên quan tới khối lượng không khí và áp suất → chắc sẽ phải dùng cái này để tính rồi. Phân tích chu trình Carno thì thấy nhiệt mà nguồn nóng cung cấp chính là quá trình 1-2 (quá trình giãn nở đẳng nhiệt)

*** Giải:**

- Hiệu suất của chu trình Carno là:

$$\eta_C = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{t_2}{t_1} = 1 - \frac{20 + 273}{400 + 273} = 56.46\%$$



- Nói chung bảo đến đây thì tôi cũng chả nhìn ra hướng, chỉ biết ngồi phân tích từng quá trình ra rồi link nó với nhau thôi.

- Quá trình 1-2: quá trình giãn nở đẳng nhiệt → nhiệt độ không đổi → biến thiên nội năng bằng 0 → nhiệt nhận được đã được chuyển hóa thành công (chú ý công mà khí sinh ra trong quá trình đẳng nhiệt)

$$Q_h = A_{12} = nRT_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = nRT_1 \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$$

Sở dĩ ta phải biến đổi về áp suất vì đề bài không cho dữ kiện nào liên quan tới thể tích, do đó nên đổi về áp suất cho tiện.

- Quá trình 4-1: nhiều bạn sẽ hỏi tại sao không xét 2-3, 3-4 mà lại xét 4-1. Thực ra chỉ có đỡ hơi mới lao đầu đi xét hai quá trình trên. Tất nhiên xét thì cũng chả sao chỉ tội hơi dài. Phân tích đề bài thấy nó cho biết $p_2 = p_4$ → chắc chắn sẽ phải chọn quá trình nào có điểm 4 ở đó rồi. Tiếp theo quá trình 1-2 thì cho

biết nhiệt lượng là một hàm theo $p_1 \rightarrow$ nên phân tích quá trình dính tới điểm 1. Từ những phân tích trên mà ta nên chọn quá trình 4-1 để xét thôi. Quá trình 4-1 là quá trình đoạn nhiệt như vậy ta có:

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$$

Tất nhiên đề bài chả cho thể tích thì đừng có đại mà giữ nguyên \rightarrow biến đổi về nhiệt độ và áp suất cho tiện:

$$p_1^{1-\gamma} T_1^\gamma = p_2^{1-\gamma} T_2^\gamma \rightarrow \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{1-\gamma} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^\gamma \rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{\gamma}{1-\gamma}}$$

- Đến đây thì quá ok rồi, nhiệt độ đều đã biết. Thay phát vào pt trên là có thể xác định được nhiệt lượng nhận trong quá trình đẳng nhiệt. Chú ý không khí thì bậc tự do $i = 5$, và $\gamma = 1.4$ nhé

$$\begin{aligned} Q_h = A_{12} &= nRT_1 \ln \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} \\ &= \frac{2000}{29} \times 8.314 \times (400 + 273) \times \ln \left(\frac{20 + 273}{400 + 273}\right)^{\frac{1.4}{1-1.4}} \\ &= 1.12 \times 10^6 J \end{aligned}$$

- Đến đây tính công sinh ra trong 1 chu trình quá đơn giản rồi.

$$\eta_c = \frac{A}{Q_h} \rightarrow A = \eta_c Q_h = XXX = 634 \text{ kJ}$$

- Suy ra công suất sinh ra trong một chu kì sẽ là:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{634}{1} = 634 \text{ kW}$$

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

- Hệ số làm lạnh của máy.
- Nhiệt lượng lấy được của nguồn lạnh trong 1s.
- Nhiệt lượng nhả cho nguồn nóng trong 1 giây.

*** Nhận xét:** Bài toán liên quan tới máy lạnh làm việc theo chu trình Carno nghịch, đối với máy làm lạnh thì chúng ta có thể tính hệ số khi biết nhiệt độ nguồn nóng và nguồn lạnh.

*** Giải:**

- Hệ số làm lạnh của máy là:

$$\varepsilon = \frac{Q_c}{A} = \frac{Q_c}{Q_h - Q_c} = \frac{T_c}{T_h - T_c} = \frac{-10 + 273}{(17 + 273) - (-10 + 273)} = 9.74$$

- Công suất tiêu thụ chính là công tiêu tốn trong 1s ($A = P$) \rightarrow nhiệt lượng lấy từ nguồn lạnh trong 1s sẽ là:

$$Q_c = \varepsilon \cdot A = 9.74 \times 36800 = 358 \text{ kJ}$$

- Nhiệt lượng nhả cho nguồn nóng trong 1s sẽ là:

$$Q_h = A + Q_c = 36.8 + 358 = 394.8 \text{ kJ}$$

DẠNG 2: ĐỒ THỊ QUÁ TRÌNH P-V

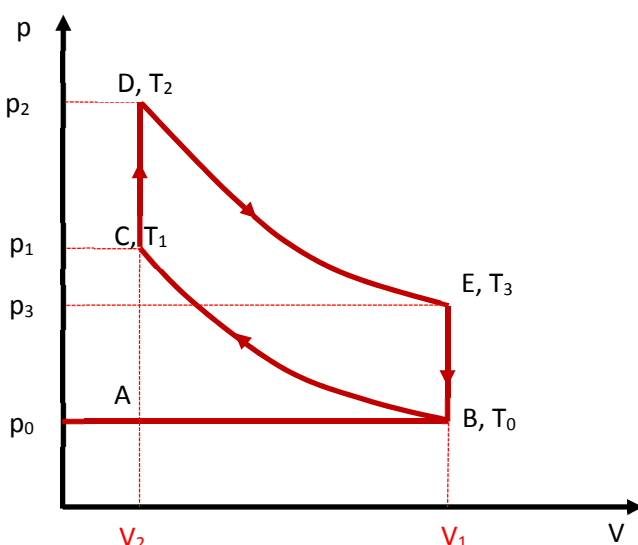
2.1. Kiến thức cơ bản

- Cũng tương tự như chương 8, dạng này sẽ chủ yếu dựa trên kỹ năng phân tích đồ thị quá trình để xây dựng các pt và tìm các đại lượng đã biết.
- Chương này liên quan tới định luật thứ 2 nên chủ yếu xoay quay mấy quá trình đẳng nhiệt đẳng áp \rightarrow cần nắm rõ tính chất của từng quá trình để xây dựng công thức cho chuẩn.

2.1. Bài tập ví dụ

Bài 9.14: Hình vẽ trình bày giản đồ lý thuyết của động cơ đốt trong bốn kỳ.

- a. Trong quá trình đầu tiên, hỗn hợp cháy được nạp vào xilanh, khi đó $p_0 = \text{const}$ và thể tích tăng từ V_2 tới V_1 . (nhánh AB);
 - b. Trong quá trình thứ hai (nhánh BC), hỗn hợp cháy được nén oạn nhiệt từ thể tích V_1 tới V_2 . Khi đó nhiệt độ tăng từ T_0 đến T_1 và áp suất từ p_0 đến p_1 ;
 - c. Tiếp theo là quá trình đốt cháy nhanh hỗn hợp cháy bằng tia lửa điện; khi đó áp suất tăng từ p_1 tới p_2 , thể tích không đổi và bằng V_2 (nhánh CD), nhiệt độ tăng tới T_2 ;
 - d. Tiếp theo là quá trình giãn đoạn nhiệt từ thể tích V_2 tới V_1 (nhánh DE), nhiệt độ giảm xuống T_3 ;
 - e. Ở cuối cùng của pittông (điểm E), van mở, khí thoát ra ngoài, áp suất giảm nhanh tới p_0 , thể tích không đổi và bằng V_1 . (nhánh EB).
 - f. 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 $\varepsilon = V_1/V_2 = 5$ và hệ số đoạn nhiệt là $\gamma = 1,33$.



*** Nhận xét:** Nói chung đọc đề xong là chả muốn làm rồi, vừa dài vừa khó hiểu. Tốt nhất là đi phân tích từng bước. Đề bài yêu cầu tính hiệu suất \rightarrow tính được 2 trong ba đại lượng: nhiệt nguồn nóng cung cấp, nhiệt truyền cho nguồn lạnh và công sinh ra là xong. Giờ check lại chu trình để tìm xem trong giai đoạn nào ông tướng nhận nhiệt và giai đoạn nào là truyền nhiệt. Dễ thấy quá trình CD chính là quá trình hệ nhận nhiệt và quá trình EB là hệ truyền nhiệt ra ngoài thông qua việc xả khí.

*** Giải:**

- Xét quá trình CD \rightarrow quá trình đẳng áp nên công sinh ra là bằng 0, nhiệt nhận được chuyển hết thành nội năng:

$$Q_{CD} = \Delta U_{CD} = \frac{i}{2} nR \Delta T_{CD} = \frac{i}{2} nR(T_D - T_C)$$

- Xét quá trình ED \rightarrow quá trình đẳng áp \rightarrow công sinh ra bằng 0.

$$Q_{EB} = \Delta U_{EB} = \frac{i}{2} nR \Delta T_{ED} = \frac{i}{2} nR(T_B - T_E) < 0 \rightarrow \text{hệ sinh nhiệt}$$

- Như vậy nếu tìm được Q_{CD} và Q_{EB} chúng ta hoàn toàn có thể xác định được hiệu suất theo công thức:

$$\eta = 1 - \frac{|Q_C|}{|Q_h|} = 1 + \frac{Q_{EB}}{Q_{CD}} = 1 + \frac{\frac{i}{2} nR(T_B - T_E)}{\frac{i}{2} nR(T_D - T_C)}$$

- Đến đây nhiều bạn sẽ thắc mắc sao ko rút bég luôn cái thằng i, n, R đi. Thực ra để đó tiện hơn vì đề bài có cho nhiệt độ đâu, nên để đó thì có thể biến đổi về áp suất và thể tích tiện hơn. Biến đổi về áp suất và thể tích ta có: \rightarrow **thay cẩn thận kẻo nhầm đó**

$$\eta = 1 + \frac{\frac{i}{2} (p_0 V_1 - p_3 V_1)}{\frac{i}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_2)} = 1 + \frac{(p_0 - p_3) V_1}{(p_2 - p_1) V_2}$$

Như vậy nếu giải quyết được mấy chú áp suất kia là xong \rightarrow biến đổi về thể tích thôi \rightarrow chú ý là còn 2 quá trình đoạn nhiệt nữa đó.

- Xét quá trình đoạn nhiệt BC ta có: $p_0 V_1^\gamma = p_1 V_2^\gamma$

- Xét quá trình đoạn nhiệt DE ta có: $p_2 V_2^\gamma = p_3 V_1^\gamma$

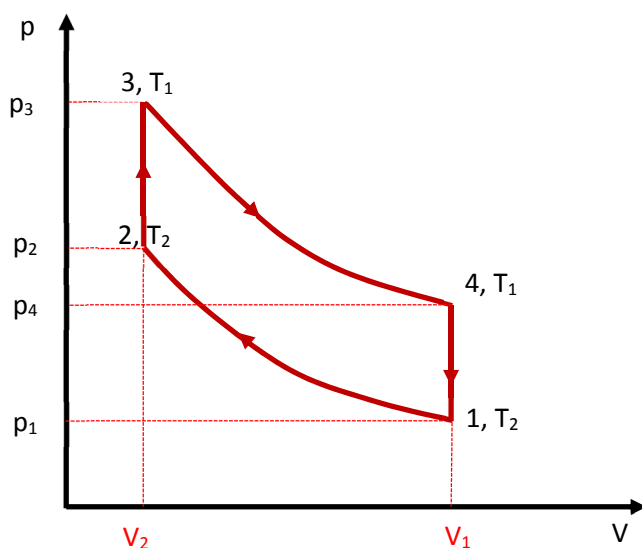
\rightarrow giờ ngẫm nghĩ xem làm thế nào để có $p_0 - p_3$ và $p_2 - p_1$ là xong \rightarrow nhìn là phát hiện ra rồi. Trừ vế với vế là xong:

$$(p_0 - p_3)V_1^\gamma = -(p_2 - p_1)V_2^\gamma \rightarrow \frac{(p_0 - p_3)}{(p_2 - p_1)} = -\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma$$

- Phù đã xong \rightarrow thay lên trên là chốt hạ được rồi.

$$\eta = 1 - \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma \frac{V_1}{V_2} = 1 - \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = 1 - \left(\frac{1}{5}\right)^{1.33-1} = 41.2\%$$

Bài 9.17: Một máy hơi nước chạy theo chu trình stilin gồm hai quá trình đẳng nhiệt và hai quá trình đẳng tích như hình vẽ. Tính hiệu suất của chu trình đó. So sánh hiệu suất đó với hiệu suất chu trình Carno có cùng nhiệt độ của nguồn nóng và nguồn lạnh.



*** Nhận xét:** Tự dung lò đầu ra anh Stilin ảo vồn, tuy nhiên chúng ta cũng đừng care đến tên của chu trình mà chỉ cần quan tâm đến các quá trình trong chu trình đây. Chu trình này gồm hai quá trình đẳng nhiệt và hai quá trình đẳng tích. Nói chung đẳng nhiệt làm dễ chịu và đơn giản hơn đoạn nhiệt nên chắc chu trình này cũng không quá khó xơi. Bài toán yêu cầu tính hiệu suất \rightarrow tìm xem nhiệt nhận được trong quá trình nào và xả ra trong quá trình nào, hoặc tìm công sinh ra trong 1 chu trình rồi

*** Giải:**

- Dễ thấy quá trình 1-2 chính là quá trình nén đẳng nhiệt \rightarrow hệ nhận công âm

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = A_{12} = nRT_2 \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right) < 0 \rightarrow \text{mất nhiệt}$$

- Quá trình 2-3 là quá trình đẳng tích, lúc này hệ nhận nhiệt và chuyển hết thành nội năng \rightarrow đó là lý do mà ta thấy nhiệt độ tăng từ T_2 lên $T_1 \rightarrow$ đây chính là quá trình hệ nhận nhiệt rồi.

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \Delta U_{23} = \frac{i}{2} nR(T_1 - T_2) > 0 \rightarrow \text{nhận nhiệt}$$

- Quá trình 3-4 cũng là giãn nở đẳng nhiệt \rightarrow quá trình này hệ cũng phải nhận nhiệt để sinh công giãn nở

$$Q_{34} = \Delta U_{34} + A_{34} = A_{34} = nRT_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) > 0 \rightarrow \text{nhận nhiệt}$$

- Quá trình 4-1 là quá trình đẳng tích, hệ mất nhiệt và giảm nhiệt độ \rightarrow quá trình này hệ truyền nhiệt ra ngoài

$$Q_{41} = \Delta U_{41} + A_{41} = \Delta U_{41} = \frac{i}{2} nR(T_2 - T_1) < 0 \rightarrow \text{mất nhiệt}$$

- Tổng lượng nhiệt hệ nhận vào từ nguồn nóng sẽ là:

$$Q_h = Q_{23} + Q_{34} = \frac{i}{2} nR(T_1 - T_2) + nRT_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

- Công mà hệ sinh ra trong 1 chu trình sẽ là:

$$A = A_{12} + A_{34} = nRT_2 \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right) + nRT_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = nR(T_1 - T_2) \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

- Hiệu suất động cơ sẽ là:

$$\eta = \frac{A}{Q_h} = \frac{nR(T_1 - T_2) \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)}{\frac{i}{2} nR(T_1 - T_2) + nRT_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)} = \frac{(T_1 - T_2)}{\frac{i}{2} \frac{(T_1 - T_2)}{\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)} + T_1}$$

- Hiệu suất động cơ làm việc theo chu trình Carno là:

$$\eta_c = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Dễ thấy tử số là như nhau rồi nhưng mẫu số trong trường hợp Stilin thì lại lớn hơn \rightarrow hiệu suất nó nhỏ hơn so với Carno \rightarrow tóm lại Carno là độc cô cầu bại rồi, ko chú nào bá hơn ông ý đâu :v

DẠNG 3: ENTROPY

3.1. Kiến thức cần biết:

- Entropy là một khái niệm mới khá là mơ hồ, nó là một biến trạng thái đặc trưng cho mức độ hỗn loạn của một hệ. Do nó là một biến trạng thái nên nó sẽ không phụ thuộc vào quá trình biến đổi mà chỉ phụ thuộc duy nhất vào trạng thái đầu và trạng thái cuối.

- Tóm lại entropy là cái éo gì nhỉ? Khó hiểu kinh. Giờ tôi lấy một ví dụ để cho thấy tầm quan trọng của entropy, nó sẽ giúp ta thấy được xu thế sẽ xảy ra. Giả sử lớp chúng ta có tổng số là 30 mem, và 30 mem đó đều là trym, cuộc sống học hành diễn ra rất êm đềm. Anh em sống chan hòa với nhau, chia sẻ từng chai dầu ăn một. Cho đến một ngày 1 trym chuyển lớp và một sản mới được bổ sung vào lớp. Lúc này, con thèm sản âm i trong 29 trym còn lại bắt đầu được thổi lên. Anh em bắt đầu quay sang GATO, tia đều, nói xấu lẫn nhau để có cơ hội ăn sản → như thế nội bộ lục đục → dưới góc nhìn vật lý thì ta có thể nói entropy của lớp đã tăng. Hình dưới đây cũng là một ví dụ minh họa thế nào là hệ có entropy nhỏ và hệ có entropy lớn:



Entropy nhỏ



Entropy lớn

- Mọi quá trình tự nhiên đều dẫn đến việc entropy tăng → điều này nghe có vẻ vô lý nhưng thực ra là sự thực, tất nhiên là với hiểu biết hiện nay thì nó là đúng. Còn sau này nếu có một ai đưa ra một lý thuyết mới chuẩn hơn thì entropy sẽ bị vứt vào sọt rác ngay. Có thể nói entropy của toàn vũ trụ luôn luôn tăng chả bao giờ giảm. Entropy của một hệ đã cho có thể giảm nhưng cùng lúc đó entropy của một hệ khác có liên hệ với nó sẽ tăng, thậm chí còn tăng lớn hơn. Khi chúng ta dần gấu đi vào bk chẳng hạn, bản thân chúng ta sẽ cảm thấy sướng và yên bình khi có gấu ở bên → entropy giảm. Cùng lúc đó, hàng trăm đứa đang GATO, a kay chim cú chỉ muốn lao

vào phá → entropy của hệ xung quanh tăng, thậm chí còn gấp hàng trăm lần độ giảm entropy của chúng ta. Kết quả là entropy của trường bách khoa tăng. Do entropy luôn tăng nên các nhà khoa học đã dự đoán khi nó tăng đến giá trị tới hạn khi đó mà nhiệt độ mọi vật chất là như nhau → mọi thứ sẽ bị phá hủy, vũ trụ sẽ die. Nhiều bạn sẽ nghĩ là lý thuyết này hoang đường vãi, hư cấu vô lờ. Tuy nhiên hãy thử tưởng tượng nếu nhiệt độ mọi thứ là như nhau, sẽ không có bất kì quá trình trao đổi nhiệt diễn ra, mọi động cơ sẽ ngừng hoạt động vì ko còn nguồn nóng và nguồn lạnh, con người không còn cảm giác nóng lạnh, ôm con bò cũng có cảm giác như ôm con gấu. Tóm lại, sự thực rất phũ phàng là mọi xã hội chỉ tồn tại khi có sự bất bình đẳng, con người cố gắng duy trì một xã hội bình đẳng nhưng nó sẽ đánh đổi bằng sự bất bình đẳng của những thứ xung quanh xã hội đó → entropy trông thể mà giải thích được nhiều hiện tượng phết → khoa học hay xã hội đều giải thích được hết.

- Ở trong vật lý, đặc biệt trong nhiệt động lực học, entropy đóng vai trò rất quan trọng, nó được sử dụng để mô tả định luật hai nhiệt động lực học. Theo định luật hai nhiệt động lực học thì khi vật nóng tiếp xúc với vật lạnh thì nhiệt sẽ được truyền từ vật nóng sang vật lạnh. Khi vật được đốt nóng thì entropy của nó sẽ tăng do các phân tử chuyển động nhanh hơn và hỗn loạn hơn. Quá trình truyền nhiệt tự nhiên từ vật nóng sang vật lạnh là do quá trình làm nóng vật lạnh sẽ làm tăng entropy của hệ. Entropy sẽ đạt giá trị cao nhất khi năng lượng được phân phối đều cho các phân tử của vật nóng và lạnh → tức là khi hai vật có cùng nhiệt độ.

- Công thức tính entropy trong nhiệt động lực học:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_{S_1}^{S_2} \frac{dQ}{T}$$

Chú ý là công thức này thì chỉ áp dụng cho quá trình thuận nghịch chứ nếu không thuận nghịch thì pó tay luôn. Nhưng cũng may mà entropy là một hàm trạng thái nó không phụ thuộc vào quá trình nên ta cứ dùng thoải mái do chúng ta được quyền giả sử quá trình giữa hai trạng thái 1 và 2 là trạng thái thuận nghịch.

- Nói chung là công thức trên cũng khá đơn giản, đối với bài toán này thì cứ tìm nhiệt lượng và tìm nhiệt độ của từng quá trình là ra.

- Chú ý một số đặc điểm quan trọng sau:

- Quá trình đoạn nhiệt thuận nghịch → do nhiệt lượng trao đổi bằng 0 nên độ biến thiên entropy bằng 0.

- Entropy thay đổi trong quá trình chuyển pha, tăng nhiệt, giãn nở
- Các bước khi làm bài toán về xác định entropy:
 - Viết công thức vi phân entropy trước: $dS = \frac{\delta Q}{T}$
 - Xem bài toán cho điều kiện là gì để biến đổi δQ cho phù hợp, thường là sẽ tìm cách đưa về dT .
 - Sử dụng tích phân rồi tính

3.1. Bài tập ví dụ

Bài 9.18: Tính độ biến thiên entropy khi hơi nóng đẳng áp 6,5g hiđrô, thể tích khí tăng gấp đôi.

*** Nhận xét:** Bài toán tính entropy của quá trình hơi nóng **đẳng áp** → cái đẳng áp này là cái mấu chốt của vấn đề nên chú ý vào.

*** Giải:**

- Độ biến thiên của entropy là:

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

- Quá trình đẳng áp nhé → $\delta Q = nC_p dT = n \frac{i+2}{2} R dT$

- Thay vào và lấy tích phân từ trạng thái 1 ứng với T_1 đến trạng thái 2 ứng với T_2

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} n \frac{i+2}{2} R \frac{dT}{T} = \frac{i+2}{2} n R \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$$

Chú ý là vì nhiệt độ ta chả biết trong khi biết mỗi sự thay đổi thể tích → vấn đề này thì quá đơn giản nếu chúng ta chú ý đến điều kiện đẳng áp

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

Như vậy ta có: (H_2 khí hai nguyên nên $i = 5$)

$$\Delta S = \frac{i+2}{2} n R \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) = \frac{5+2}{2} \times \frac{6.5}{2} \times 8.314 \times \ln 2 = 65.55 \text{ J/K}$$

Bài 9.19: Tính độ tăng entropy khi biến đổi 1g nước ở 0°C thành hơi ở 100°C.

*** Nhận xét:** Đề ý bài toán gồm hai quá trình là quá trình tăng nhiệt và quá trình chuyển pha từ nước sang hơi. Mỗi quá trình tính nhiệt lượng đều khác nhau nên phải chia thành hai giai đoạn, sau đó tính biến thiên entropy trong từng giai đoạn. Chú ý quá trình hóa hơi ta phải biết nhiệt ẩn của nước. Chênh bảng dưới đây để biết. Đáng ra đề bài nên cho vì mấy ai nhớ được mấy giá trị này.

TABLE 17.2 Latent Heats of Fusion and Vaporization

Substance	Melting Point (°C)	Latent Heat of Fusion (J/kg)	Boiling Point (°C)	Latent Heat of Vaporization (J/kg)
Helium	-269.65	5.23×10^3	-268.93	2.09×10^4
Nitrogen	-209.97	2.55×10^4	-195.81	2.01×10^5
Oxygen	-218.79	1.38×10^4	-182.97	2.13×10^5
Ethyl alcohol	-114	1.04×10^5	78	8.54×10^5
Water	0.00	3.33×10^5	100.00	2.26×10^6
Sulfur	119	3.81×10^4	444.60	3.26×10^5
Lead	327.3	2.45×10^4	1750	8.70×10^5
Aluminum	660	3.97×10^5	2450	1.14×10^7
Silver	960.80	8.82×10^4	2193	2.33×10^6
Gold	1063.00	6.44×10^4	2660	1.58×10^6
Copper	1083	1.34×10^5	1187	5.06×10^6

*** Giải:**

- Xét quá trình tăng nhiệt độ của nước:

- Độ biến thiên entropy là:

$$dS_1 = \frac{\delta Q_1}{T} = \frac{mc dT}{T} \rightarrow \Delta S_1 = \int_{T_1}^{T_2} mc \frac{dT}{T} = mc \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$$

Thay số vào ta có, chú ý nhiệt dung riêng của nước là $c = 4180 \text{ J/kg.K}$

$$\rightarrow \Delta S_1 = mc \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) = 0.001 \times 4180 \times \ln \left(\frac{100 + 273}{0 + 273} \right) = 1.3 \text{ J/K}$$

- Xét quá trình chuyển pha:

- Độ biến thiên entropy là: chú ý ở đây không thể dùng nhiệt độ làm cận được vì trạng thái 1 đến trạng thái 2 nhiệt độ không đổi, nên ta kí hiệu cận là 1 và 2 ứng với trạng thái 1 và trạng thái 2 \rightarrow ko phải số 1 hoặc 2 đâu đấy

$$dS_2 = \frac{\delta Q_2}{T_2} \rightarrow \Delta S_2 = \int_1^2 \frac{\delta Q_2}{T_2} = \frac{1}{T_2} \int_1^2 \delta Q_2 = \frac{1}{T_2} \Delta Q = \frac{Q_2}{T_2} = \frac{mL}{T_2}$$

$$\rightarrow \Delta S_2 = \frac{0.001 \times 2.26 \times 10^6}{373} = 6.1 \text{ J/K}$$

- Độ biến thiên entropy trong cả quá trình là:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 1.3 + 6.1 = 7.4 \text{ J/K}$$

Bài 9.21: 10g ôxy được đun nóng từ $t_1=50^\circ\text{C}$ tới $t_2=150^\circ\text{C}$. Tính độ biến thiên entropy nếu quá trình đun nóng là:

a. Đẳng tích; b. đẳng áp.

*** Nhận xét:** Bài toán liên quan tới thay đổi entropy khi thay đổi nhiệt độ. Điều kiện đẳng áp và đẳng tích. Cú form chuẩn mà táng thôi.

*** Giải:**

Trường hợp a: Đẳng tích

- Biến thiên entropy là:

$$dS_v = \frac{\delta Q_v}{T} = \frac{nC_v dT}{T} \rightarrow \Delta S_v = \int_{T_1}^{T_2} \frac{nC_v dT}{T} = nC_v \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = n \frac{i}{2} R \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

- Thay số ta có: khí oxi là khí hai nguyên nên bậc tự do $i = 5$.

$$\Delta S_v = \frac{10}{32} \times \frac{5}{2} \times 8.314 \times \ln\left(\frac{150 + 273}{50 + 273}\right) = 1.75 \text{ J/K}$$

Trường hợp b: Đẳng áp

- Biến thiên entropy là:

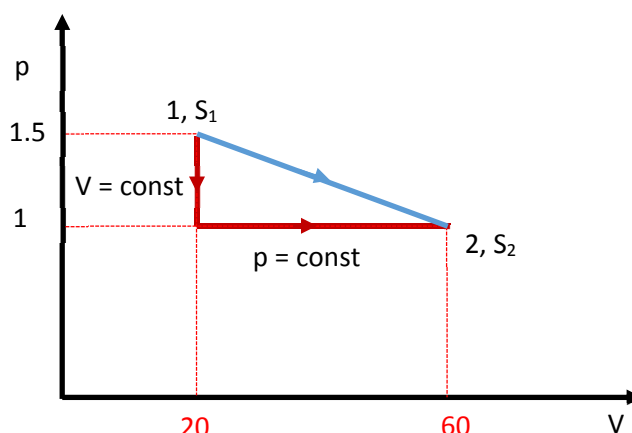
$$dS_p = \frac{\delta Q_p}{T} = \frac{nC_p dT}{T}$$

$$\rightarrow \Delta S_p = \int_{T_1}^{T_2} \frac{nC_p dT}{T} = nC_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = n \frac{i+2}{2} R \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

- Thay số ta có: khí oxi là khí hai nguyên nên bậc tự do $i = 5$.

$$\Delta S_v = \frac{10}{32} \times \frac{5+2}{2} \times 8.314 \times \ln\left(\frac{150 + 273}{50 + 273}\right) = 2.45 \text{ J/K}$$

Bài 9.22: Tính độ biến thiên entropy khi biến đổi 6g khí hydro từ thể tích 20lít, áp suất 1,5at đến thể tích 60lít, áp suất 1at.



* **Nhận xét:** Đề bài yêu cầu tính độ biến thiên entropy từ trạng thái 1 đến trạng thái 2. Vấn đề là nó quá chung chung vì không cho ta biết quá trình đi từ 1 đến 2 là như thế nào. Nhưng cũng may mà độ biến thiên entropy lại chỉ phụ thuộc vào điểm đầu và điểm cuối nên ta có thể hoàn toàn chủ động trong một chu trình thích hợp và dễ tính nhất. Giả sử để đi từ 1 đến 2 ta cho khí biến đổi đẳng tích đến áp suất 1 at sau đó cho khí giãn nở đẳng áp đến thể tích 60 lít → Chỉ cần tính độ biến thiên cho từng quá trình rồi cộng lại là xong

* **Giải:**

- Xét quá trình đẳng tích:

- Độ biến thiên entropy là:

$$dS_v = \frac{\delta Q_v}{T} = \frac{nC_v dT}{T} \rightarrow \Delta S_v = \int_{T_1}^{T_2} \frac{nC_v dT}{T} = nC_v \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = n \frac{i}{2} R \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

- Đề bài ko cho T + đẳng tích → biến về áp suất:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1} \rightarrow \Delta S_v = n \frac{i}{2} R \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right)$$

- Xét quá trình biến đổi đẳng áp:

- Độ biến thiên entropy là:

$$S_p = \frac{\delta Q_p}{T} = \frac{nC_p dT}{T}$$

$$\rightarrow \Delta S_p = \int_{T_1}^{T_2} \frac{nC_p dT}{T} = nC_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = n \frac{i+2}{2} R \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

- Đề bài ko cho T nên đổi + đẳng áp → biến về thể tích → tương tự trên ta có

$$\Delta S_p = n \frac{i+2}{2} R \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

- Biến thiên entropy của hai quá trình là:

$$\Delta S = \Delta S_v + \Delta S_p = n \frac{i}{2} R \ln \left(\frac{p_2}{p_1} \right) + n \frac{i+2}{2} R \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

$$\rightarrow \Delta S = nR \left[\frac{i}{2} \ln \left(\frac{p_2}{p_1} \right) + \frac{i+2}{2} \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \right]$$

Thay số ta có:

$$\Delta S = \frac{6}{2} \times 8.314 \times \left(\frac{5}{2} \ln \frac{1}{1.5} + \frac{7}{2} \ln \frac{60}{20} \right) = 70.62 \text{ J/K}$$

Bài 9.25: Độ biến thiên entropi trên đoạn giữa hai quá trình đoạn nhiệt trong chu trình Carno bằng 1kcal/độ. Hiệu nhiệt độ giữa hai đường đẳng nhiệt là 100°C. Hỏi nhiệt lượng đã chuyển hóa thành công trong chu trình này

*** Nhận xét:** Bài toán liên quan tới entropy nhưng mà là bài toán ngược, tức là đã cho biết entropy và yêu cầu đi tính đại lượng khác, ở trong bài này là đi tính nhiệt lượng đã chuyển hóa thành công. Đề ý là bài toán cũng liên quan tới chu trình Carno và cho biết chênh lệch nhiệt độ \rightarrow chắc sẽ liên quan tới hiệu suất Carno.

*** Giải:**

- Bắt đầu với dữ kiện độ biến thiên entropy trên đoạn giữa hai quá trình đoạn nhiệt \rightarrow đoạn này chính là đoạn đẳng nhiệt chứ còn đoạn éo nào nữa \rightarrow quá ngon cho đội trym non roài.

$$\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T} = \frac{1}{T} \int \delta Q = \frac{Q_h}{T_1} = -\frac{Q_c}{T_2}$$

Thực ra chỉ cần nhớ trong chu trình Carno thì:

$$\frac{Q_h}{T_1} + \frac{Q_c}{T_2} = 0 \rightarrow \text{độ biến thiên entropy trong một chu trình Carno là bằng 0}$$

- Tiếp theo sử dụng dữ kiện liên quan tới hiệu suất:

$$\eta = \frac{A}{Q_h} = \frac{Q_h + Q_c}{Q_h} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \rightarrow \frac{Q_h + Q_c}{T_2 - T_1} = \frac{A}{T_2 - T_1} = \frac{Q_h}{T_1}$$

- Mấy cái bôi đỏ đã biết rồi nhé. Thay vào tính A thôi:

$$A = \frac{Q_h}{T_1} \times (T_2 - T_1) = 1 \times 100 = 100 \text{ kcal} = 418 \text{ kJ}$$

Bài 9.26: Bỏ 100g nước đá ở 0°C vào 400g nước ở 30°C trong một bình có vỏ cách nhiệt lý tưởng. Tính độ biến thiên entropy của hệ trong quá trình trao đổi nhiệt. Từ đó suy ra rằng nhiệt chỉ truyền từ vật nóng sang vật lạnh. Cho biết nhiệt nóng chảy riêng của nước đá ở 0°C là 80kcal/kg; nhiệt dung riêng của nước là 1kcal/kgđộ.

*** Nhận xét:** Bài toán liên quan tới sự biến thiên entropy qua quá trình trao đổi nhiệt giữa hai vật có nhiệt độ khác nhau. Vật 1 là nước đá như vậy trong quá trình trao đổi nhiệt đầu tiên nước đá sẽ chuyển thành pha lỏng, sau đó tăng nhiệt độ đến một giá trị nào đó. Trong khi vật 2 là nước truyền nhiệt cho nước đá và giảm đến một nhiệt độ nào đó. Khi nhiệt độ hai bên bằng nhau thì quá trình trao đổi nhiệt chấm dứt.

*** Giải:**

- Nhiệt lượng mà vật 1 nhận được sẽ phải bằng nhiệt lượng mà vật 2 mất đi vì quá trình trao đổi nhiệt diễn ra trong bình cách nhiệt nên không thể có thất thoát nhiệt ra ngoài, từ đây ta có thể xác định được nhiệt độ cân bằng:

$$\lambda m_1 + m_1 c(T - T_1) = m_2 c(T_2 - T) \rightarrow T = \frac{c(m_2 T_2 + m_1 T_1) - \lambda m_1}{c(m_1 + m_2)}$$

- Thay số ta có: chú ý không cần đổi đơn vị khối lượng, nhiệt dung riêng và nhiệt nóng chảy vì nó tự triệt tiêu nhau rồi.

$$T = \frac{1 \times (400 \times (30 + 273) + 100 \times 273) - 80 \times 100}{1 \times (100 + 400)} = 281 \text{ K}$$

- Giờ xét độ biến thiên entropy của nước đá trước:

- Giai đoạn nóng chảy: $\Delta S_{nc} = \int \frac{\delta Q_{nc}}{T_1} = \frac{\lambda m_1}{T_1}$
- Giai đoạn tăng nhiệt độ: $\Delta S_{1T} = \int \frac{\delta Q_{1T}}{T} = \int_{T_1}^T \frac{m_1 c dT}{T} = m_1 c \ln\left(\frac{T}{T_1}\right)$
- Tổng hai giai đoạn là:

$$\Delta S_1 = \Delta S_{1T} + \Delta S_{nc} = \frac{\lambda m_1}{T_1} + m_1 c \ln\left(\frac{T}{T_1}\right)$$

- Xét độ biến thiên entropy của 400g nước:

$$\Delta S_2 = \int \frac{\delta Q_2}{T} = \int_{T_2}^T \frac{m_2 c dT}{T} = m_2 c \ln\left(\frac{T}{T_2}\right)$$

- Độ biến thiên entropy tổng cộng là:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = \frac{\lambda m_1}{T_1} + m_1 c \ln\left(\frac{T}{T_1}\right) + m_2 c \ln\left(\frac{T}{T_2}\right)$$

- Thay số ta có:

$$\Delta S = \frac{80 \times 0.1}{0 + 273} + 0.1 \times 1 \times \ln \frac{281}{0 + 273} + 0.4 \times 1 \times \ln \frac{281}{30 + 273} = 0.002 \text{ kcal/K}$$

Như vậy sau khi trao đổi nhiệt thì entropy của hệ tăng ($\Delta S > 0$) \rightarrow điều này chứng tỏ nhiệt chỉ có thể truyền từ vật nóng sang vật lạnh.

*** Chứng minh nhiệt chỉ truyền từ vật nóng sang vật lạnh:**

Xét một hệ gồm mỗi anh và chị, anh chị này bị cô lập và chỉ có thể truyền nhiệt cho nhau. Anh thì bị sốt rét chị thì bình thường kết quả là cả hai phải tèn tén ten để trao

đổi nhiệt cho nhau. Nếu chỉ xét quá trình truyền nhiệt giữa hai anh chị tất nhiên là ko tính nhiệt truyền ra ngoài môi trường xung quanh thì độ biến thiên nhiệt lượng của anh và chị phải bằng nhau về độ lớn và tất nhiên khác nhau về dấu. Cứ nhớ qui ước dấu là nhiệt vào thì dương nhiệt ra thì âm. Vậy ta có:

$$\delta Q_{anh} = -\delta Q_{chị}$$

Độ biến thiên entropy của cặp đôi này sẽ là:

$$\begin{aligned} dS &= dS_1 + dS_2 = \frac{\delta Q_{anh}}{T_{anh}} + \frac{\delta Q_{chị}}{T_{chị}} = \delta Q_{anh} \left(\frac{1}{T_{anh}} - \frac{1}{T_{chị}} \right) \\ &= \delta Q_{anh} \frac{T_{chị} - T_{anh}}{T_{anh} T_{chị}} \end{aligned}$$

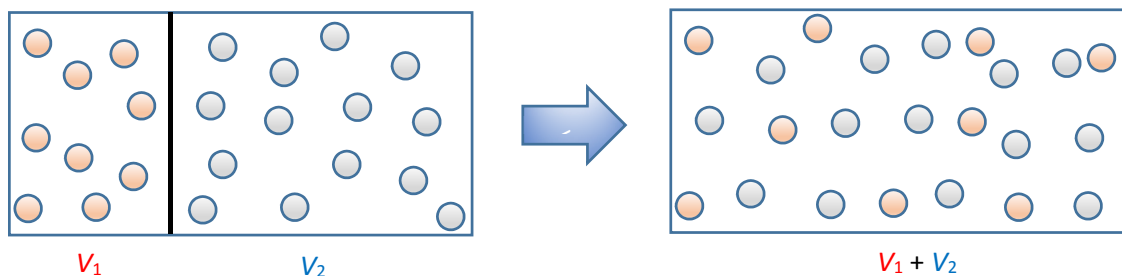
Vì $dS > 0$ nên $\delta Q_{anh} \frac{T_{chị} - T_{anh}}{T_{anh} T_{chị}} > 0$

- Nếu $T_{chị} > T_{anh} \rightarrow \delta Q_{anh} > 0 \rightarrow$ anh sẽ nhận nhiệt
- Nếu $T_{chị} < T_{anh} \rightarrow \delta Q_{anh} < 0 \rightarrow$ anh sẽ sinh nhiệt

\rightarrow như vậy nhiệt chỉ có thể truyền từ vật nóng sang vật lạnh \rightarrow hết cmn chuyện roài, sang bài tiếp.

Bài 9.28: Có hai bình khí, bình thứ nhất có thể tích $V_1=2\text{ l}$ chứa khí Nitơ ở áp suất $p_1=1\text{ at}$, bình thứ hai có thể tích $V_2=3\text{ l}$ chứa khí CO ở áp suất $p_2=5\text{ at}$. Cho hai bình thông với nhau và đặt chúng trong một vỏ cách nhiệt lý tưởng. Tính độ biến thiên entropy của hệ khí hai khí trộn lẫn vào nhau, biết nhiệt độ ban đầu trong hai bình bằng nhau và bằng 27°C .

*** Nhận xét:** Bài toán liên quan tới quá trình biến đổi entropy khi hai hỗn hợp trộn lẫn nhau. Giả sử khí ban đầu được nhốt ở hai bình và ngăn với nhau bởi vách ngăn. Sau khi bỏ vách ngăn hai khí này sẽ trộn lẫn với nhau và khi đạt tới trạng thái cân bằng thì thể tích mỗi khí chính bằng thể tích của hai bình thông nhau như hình vẽ. Như vậy ta đã biết được thể tích cuối cùng của mỗi khí \rightarrow sự thay đổi thể tích sẽ kéo theo sự thay đổi về entropy \rightarrow tính độ biến entropy của từng khí rồi cộng với nhau ta sẽ ra độ biến thiên entropy của hệ. Chú ý là quá trình trộn vào nhau diễn ra ở điều kiện đẳng nhiệt vì nhiệt độ ban đầu của hai khí là như nhau.



*** Giải:**

- Xét khí ở bình thứ nhất:

- Độ biến thiên entropy là:

$$dS_1 = \frac{\delta Q_1}{T} \rightarrow \Delta S_1 = \int \frac{\delta Q_1}{T} = \frac{1}{T} \int \delta Q_1 = \frac{Q_1}{T}$$

- Đẳng nhiệt nên biến thiên nội năng bằng không \rightarrow

$$Q_1 = A_1 = n_1 RT \ln \left(\frac{V_1 + V_2}{V_1} \right) = p_1 V_1 \ln \left(\frac{V_1 + V_2}{V_1} \right)$$

- Như vậy, ta có:

$$\Delta S_1 = \frac{Q_1}{T} = \frac{p_1 V_1}{T} \ln \left(\frac{V_1 + V_2}{V_1} \right)$$

- Xét khí ở bình thứ hai: Lập luận tương tự ta có:

$$\Delta S_2 = \frac{Q_2}{T} = \frac{p_2 V_2}{T} \ln \left(\frac{V_1 + V_2}{V_2} \right)$$

- Độ biến thiên entropy của hệ là:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = \frac{p_1 V_1}{T} \ln \left(\frac{V_1 + V_2}{V_1} \right) + \frac{p_2 V_2}{T} \ln \left(\frac{V_1 + V_2}{V_2} \right)$$

- Đến đây thì công việc còn lại chỉ là thay số bấm máy là ra:

$$\Delta S = \frac{1 \times 9.8 \times 10^4 \times 2 \times 0.001}{27 + 273} \ln \left(\frac{2 + 3}{2} \right) + \frac{5 \times 9.8 \times 10^4 \times 3 \times 0.001}{27 + 273} \ln \left(\frac{2 + 3}{3} \right) \approx 3.1 \text{ J/K}$$

Bài 9.29: 200 g sắt ở 100°C được bỏ vào một nhiệt lượng kế chứa 300 g nước ở 12°C. Entropy của hệ này thay đổi như thế nào khi cân bằng nhiệt?

*** Nhận xét:** Bài toán liên quan tới sự thay đổi entropy khi hai chất có nhiệt độ khác nhau trao đổi nhiệt với nhau. Thông thường bước đầu là đi tìm nhiệt độ ở trạng thái cân bằng nhiệt \rightarrow cái này thì dễ ợt \rightarrow sử dụng phương trình cân bằng nhiệt. Sau khi có nhiệt độ ở trạng thái cân bằng rồi thì việc tính nhiệt lượng thay đổi cho mỗi vật để đạt đến trạng thái cân bằng thì quá đơn giản rồi. Chú ý bài này phải check thêm thông số nhiệt dung riêng của sắt (đáng ra đề phải cho, toàn chơi đánh đố nhau). Thi mà đề ko cho là vỡ mặt, ai mà nhớ được. Giờ là thời đại google nên mấy cái bảng thông số ko nhất thiết phải nhớ vì search mấy giây là ra. Nói chung là tôi phản đối kiểu ra đề mà ko cho giá trị hằng số và mấy công thức qui đổi đơn vị \rightarrow vì nó phản khoa học quá, chỉ nên nhớ ngay sinh của gấu, của bố mẹ thôi :v

*** Giải:**

- Từ phương trình cân bằng nhiệt ta có:

$$\begin{aligned} m_{Fe}c_{Fe}(T_{oFe} - T) &= m_{H_2O}c_{H_2O}(T - T_{oH_2O}) \rightarrow T \\ &= \frac{m_{Fe}c_{Fe}T_{oFe} + m_{H_2O}c_{H_2O}T_{oH_2O}}{m_{Fe}c_{Fe} + m_{H_2O}c_{H_2O}} \end{aligned}$$

- Thay số vào ta có:

$$T = \frac{0.2 \times 460 \times (100 + 273) + 0.3 \times 4180 \times (12 + 273)}{0.2 \times 460 + 0.3 \times 4180} = 291 \text{ K}$$

- Độ biến thiên entropy của miếng sắt là:

$$dS_{Fe} = \frac{\delta Q_{Fe}}{T} \rightarrow \Delta S_{Fe} = \int_{T_{oFe}}^T \frac{\delta Q_{Fe}}{T} = \int_{T_{oFe}}^T \frac{m_{Fe}c_{Fe}dT}{T} = m_{Fe}c_{Fe} \ln \frac{T}{T_{oFe}}$$

- Độ biến thiên entropy của nước là:

$$\begin{aligned} dS_{H_2O} &= \frac{\delta Q_{H_2O}}{T} \rightarrow \Delta S_{H_2O} = \int_{T_{oH_2O}}^T \frac{\delta Q_{Fe}}{T} = \int_{T_{oH_2O}}^T \frac{m_{H_2O}c_{H_2O}dT}{T} \\ &= m_{H_2O}c_{H_2O} \ln \frac{T}{T_{oH_2O}} \end{aligned}$$

- Độ biến thiên entropy của hệ là:

$$\Delta S = \Delta S_{Fe} + \Delta S_{H_2O} = m_{Fe}c_{Fe} \ln \frac{T}{T_{oFe}} + m_{H_2O}c_{H_2O} \ln \frac{T}{T_{oH_2O}}$$

- Thay số ta có:

$$\Delta S = 0.2 \times 460 \times \ln \frac{291}{100 + 273} + 0.3 \times 4180 \times \ln \frac{291}{12 + 273} \approx 3.3 \text{ J/K}$$

- Như vậy thấy rõ là một vật có thể giảm entropy nhưng nó sẽ kéo theo entropy của hệ khác tăng và tăng thậm chí nhiều hơn cả lượng entropy bị giảm. Đây chính là lý do entropy của vũ trụ luôn luôn tăng chứ ko bao giờ giảm :v. Phù cuối cũng đã xong bài cuối. Kết thúc seri về lờ 1 ở đây.