

Chương 19: Nhiệt độ

Trong cơ học, chúng ta đã xác định khái niệm về khối lượng, lực và động năng để tạo tiền đề cho phương pháp định lượng. Tương tự như vậy, một khái niệm định lượng về các hiện tượng nhiệt đòi hỏi phải định nghĩa đầy đủ về nhiệt độ, nhiệt lượng và nội năng. Chương này bắt đầu với bài viết về nhiệt độ. Tiếp theo, chúng ta xem xét tầm quan trọng khi nghiên cứu các hiện tượng nhiệt của các chất đặc biệt. Ví dụ: các loại khí giãn nở đáng kể khi nung nóng, trong khi chất lỏng và chất rắn giãn nở ít hơn. Chương này kết thúc với một nghiên cứu về khí lý tưởng ở mức vĩ mô. Ở đây, chúng ta chỉ quan tâm đến các mối quan hệ định lượng giữa áp suất, thể tích và nhiệt độ của một chất khí.

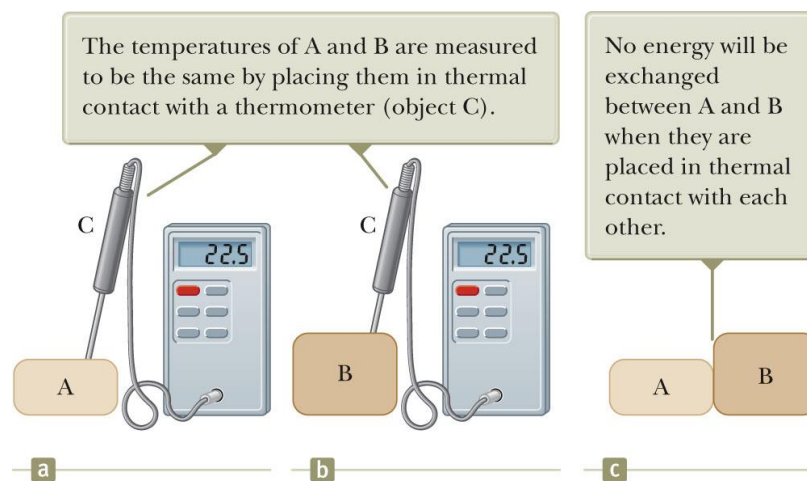
19.1 Nhiệt độ và nguyên lý thứ không của nhiệt động lực học

Nhiệt độ

Chúng ta thường kết hợp các khái niệm về nhiệt độ với độ nóng hoặc lạnh một đối tượng khi chúng ta chạm vào nó. Bằng cách này, các giác quan cho ta chỉ số định tính của nhiệt độ. Tuy nhiên, giác quan của chúng ta không đáng tin cậy và thường đánh lừa chúng ta.

Ví dụ, nếu bạn đứng bằng đôi chân trần với một chân trên thảm và một chân trên sàn gạch liền kề, ta cảm thấy gạch lạnh hơn so với thảm mặc dù cả hai đều ở cùng một nhiệt độ, lý do là vì gạch trao đổi năng lượng dưới dạng nhiệt mạnh hơn so với thảm. Làn da của bạn “đo đạc” mức độ trao đổi năng lượng bằng nhiệt chứ không phải là nhiệt độ thực tế.

Những gì chúng ta cần là một phương pháp đáng tin cậy và có thể lặp lại để đo độ nóng hoặc lạnh của đối tượng chứ không phải là tỷ lệ chuyển đổi năng lượng. Các nhà khoa học đã chế tạo và phát triển các nhiệt kế khác nhau để phục vụ các phép đo định lượng như vậy.



Hình 19.1: Nguyên lý thứ không của nhiệt động lực học, A và B cân bằng nhiệt với nhau

Nguyên lý thứ không của nhiệt động lực học

Hai đối tượng có nhiệt độ ban đầu khác nhau cuối cùng đạt được nhiệt độ trung bình khi được đặt tiếp xúc với nhau.

Ví dụ, khi nước nóng và nước lạnh được trộn lẫn trong một bồn tắm, năng lượng được chuyển từ nước nóng đến nước lạnh và nhiệt độ cuối cùng của hỗn hợp là giá trị nào đó giữa nhiệt độ nóng và lạnh ban đầu.

Nguyên lý thứ không nhiệt động học (định luật trạng thái cân bằng) phát biểu như sau:

Nếu hai vật lần lượt cân bằng nhiệt với một vật thứ ba nào đó, thì chúng cũng cân bằng nhiệt với nhau.

Cân bằng nhiệt có nghĩa là trạng thái trong đó hai vật tiếp xúc vật lí với nhau có nhiệt độ bằng nhau.

Cái quan trọng nhất mà nguyên lý thứ không thiết lập là nhiệt độ là một tính chất căn bản và có thể đo được của vật chất.

Câu hỏi 19.1: Hai đối tượng, với các kích thước, khối lượng và nhiệt độ khác nhau, được đặt tiếp xúc nhiệt. Chiều chuyển đổi năng lượng như thế nào?

- (a) Năng lượng đi từ đối tượng lớn đến đối tượng nhỏ hơn.
- (b) Năng lượng đi từ vật có khối lượng lớn đến vật có khối lượng nhỏ hơn.
- (c) Năng lượng đi từ đối tượng ở nhiệt độ cao hơn đến đối tượng ở nhiệt độ thấp hơn.

19.2 Nhiệt kế và thang đo độ C (Celcius)

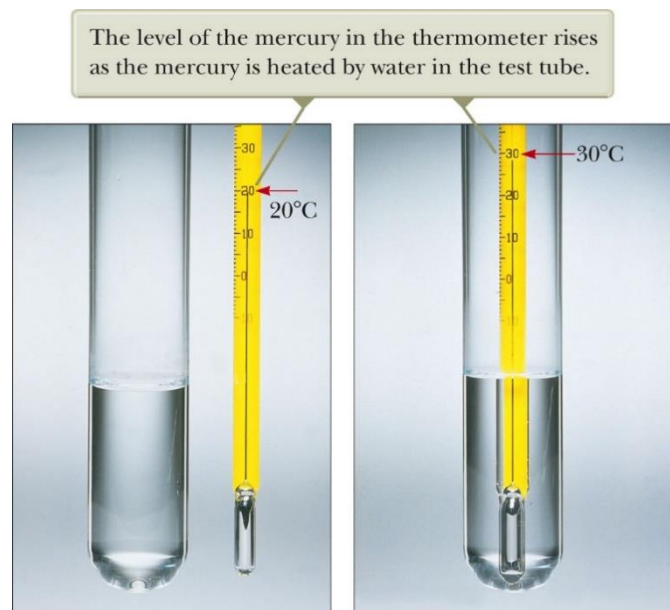
Nhiệt kế

Nhiệt kế là thiết bị được sử dụng để đo nhiệt độ của một hệ, dựa trên nguyên lý: một số tính chất vật lý của một hệ thống thay đổi khi nhiệt độ của hệ thay đổi.

Một số tính chất vật lý thay đổi theo nhiệt độ là

- thể tích của chất lỏng,
- các kích thước của chất rắn,
- áp suất của chất khí ở thể tích không đổi,
- thể tích của chất khí ở áp suất không đổi,
- điện trở của dây dẫn
- màu sắc của vật.

Nhiệt kế thông dụng có chứa một lượng chất lỏng, thường là thủy ngân hoặc rượu, có thể giãn nở trong một ống mao dẫn thủy tinh khi bị nung nóng (Hình 19.2). Trong trường hợp này, đặc tính thay đổi là thể tích của chất lỏng.



Hình 19.2: Nhiệt kế thủy ngân trước và sau khi tăng nhiệt độ của nó.

Một sự thay đổi nhiệt độ bất kỳ trong nhiệt kế được định nghĩa là tỷ lệ thuận với sự thay đổi độ cao của cột chất lỏng. Có thể hiệu chỉnh nhiệt kế bằng cách đặt nó tiếp xúc nhiệt với một hệ tự nhiên được duy trì ở nhiệt độ không đổi.

Thang nhiệt độ Celsius (độ C)

Thang nhiệt độ Celsius xác định nhiệt độ của vật theo độ C (viết tắt $^{\circ}\text{C}$), do nhà thiên văn học Anders Celsius đưa ra vào năm 1742.

Thang nhiệt độ Celsius lấy nhiệt độ của nước khi đóng băng (0°C) và nhiệt độ sôi của nước (100°C) làm chuẩn, trong điều kiện áp suất tiêu chuẩn. Sau đó chia nhỏ thành 100 vạch chia, mỗi vạch chia tương ứng với 1 độ.

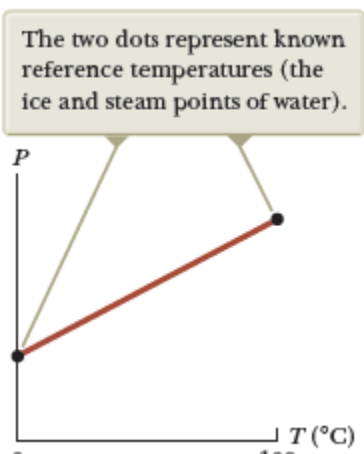
19.3 Nhiệt kế khí đẳng tích và thang nhiệt độ tuyệt đối

Nhiệt kế khí đẳng tích

Tính chất vật lý được khai thác trong thiết bị này là sự thay đổi của áp suất theo nhiệt độ ứng với thể tích không đổi.

Bình P được ngâm trong nước đá và cột B chứa thủy ngân. Thể tích của khí trong bình cầu P được giữ không đổi, cột thủy ngân B có thể nâng lên hay hạ xuống để mức thủy ngân trong cột A ở điểm "0" trên thang đo. Độ chênh lệch cột thủy ngân là h . Từ đó, ta tính được áp suất của khí ở 0°C bằng phương trình $P = P_0 + \rho gh$.

Kế tiếp cho bình P ngâm trong nước sôi. Cột thủy ngân B cũng được điều chỉnh sao cho mức thủy ngân ở cột A ở điểm "0" trên thang đo. Tiếp tục đo độ chênh lệch cột thủy ngân và từ đó, ta tính được áp suất của khí ở 100°C .

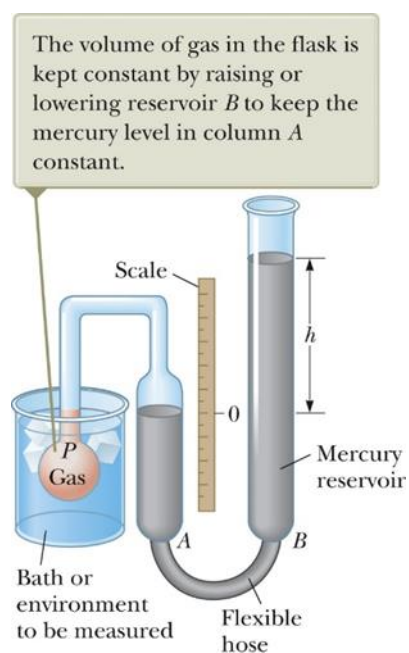


Hình 19.4: Đồ thị biểu diễn mối quan hệ của áp suất theo nhiệt độ của nhiệt kế khí đẳng tích

Nhiệt kế khí đẳng tích dễ dàng cho ra kết quả áp suất trên một dải nhiệt độ. Nó khá chính xác - miễn là chúng ta tránh gần với nhiệt độ ngưng tụ của khí. Thật thú vị khi ngoại suy biểu đồ này để xem ở nhiệt độ nào, áp suất bằng 0.

Độ không tuyệt đối

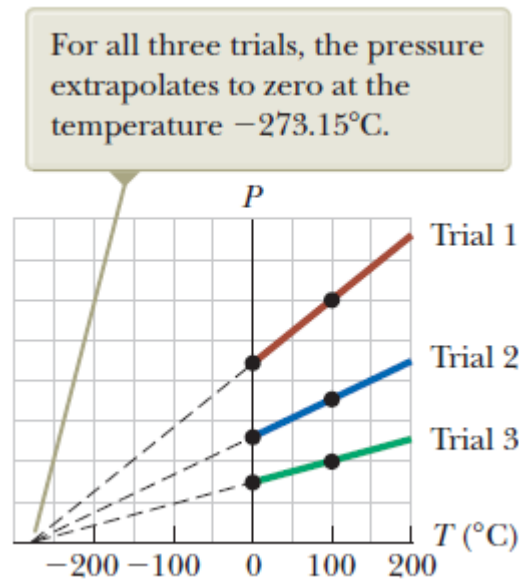
Nếu ta sử dụng nhiệt kế khí đẳng tích với các loại khí khác nhau, thực nghiệm cho thấy giá trị đọc được từ nhiệt kế không phụ thuộc vào loại khí được sử dụng. Nếu kéo dài đồ thị cho các loại khí khác nhau, áp suất luôn bằng không khi nhiệt độ là $-273,15^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ này được gọi là số không tuyệt đối – không độ tuyệt đối.



Hình 19.3: Nhiệt kế khí đẳng tích

Không độ tuyệt đối được sử dụng như là cơ sở của các thang nhiệt độ tuyệt đối. Kích thước thang chia độ của thang nhiệt độ tuyệt đối giống kích thước của thang chia độ trên thang nhiệt giai Celsius.

$$T^{\circ\text{C}} = T - 273,15$$



Hình 19.5: Đồ thị từ thực nghiệm biểu diễn áp suất theo nhiệt độ

Thang nhiệt độ tuyệt đối (thang nhiệt độ Kelvin)

Thang nhiệt độ tuyệt đối được thông qua vào năm 1954 bởi Ủy ban quốc tế về Khối lượng và Đo lường, nó dựa trên hai điểm cố định mới:

- Một điểm là điểm 0 tuyệt đối, là trạng thái nhiệt động học lý tưởng của vật chất, trong đó mọi chuyển động nhiệt đều ngừng.
- Điểm thứ hai là điểm ba của nước. Điểm ba của nước nghĩa là ứng với cùng một giá trị nhiệt độ và áp suất của nước, ba pha của nước (khí, lỏng, rắn) có thể cùng tồn tại trong cân bằng nhiệt động lực học. Điểm ba của nước xảy ra ở 0,01°C và 4,58 mm thủy ngân. Nhiệt độ này được đặt bằng giá trị 273,16 trên thang nhiệt độ tuyệt đối.

Cách làm này làm cho thang độ không tuyệt đối cũ phù hợp với các thang nhiệt độ mới.

Đơn vị đo nhiệt độ trong hệ đơn vị SI là Kelvin.

Thang nhiệt độ tuyệt đối cũng được gọi là thang nhiệt độ Kelvin.

Nhiệt độ điểm ba là 273,16 K. Khi dùng kelvin thì không sử dụng ký hiệu độ.

Kelvin được định nghĩa là 1/273,16 của độ chênh lệch giữa không độ tuyệt đối và nhiệt độ của điểm ba của nước.

Vài ví dụ về nhiệt độ tuyệt đối

Các con số ở hình 19.6 cho biết giá trị nhiệt độ tuyệt đối của các quá trình vật lý khác nhau. Thang đo là thang logarit.

Thực tế, không thể đạt nhiệt độ không tuyệt đối. Các thí nghiệm đã đến được gần nhiệt độ này.

Thang nhiệt độ Fahrenheit (độ F)

Đây là một thang đo thông dụng được sử dụng thường ngày ở Mỹ, đặt tên theo Daniel Fahrenheit. Nhiệt độ đóng băng của nước là 32°F, và nhiệt độ hóa hơi của nước là 212°F. Có 180 khoảng chia (độ) giữa hai điểm tham chiếu.

Mối quan hệ giữa các thang đo

Mối quan hệ giữa độ Celsius và Kelvin

$$T_C = T - 273,15$$

Mối quan hệ giữa độ Celsius và độ F

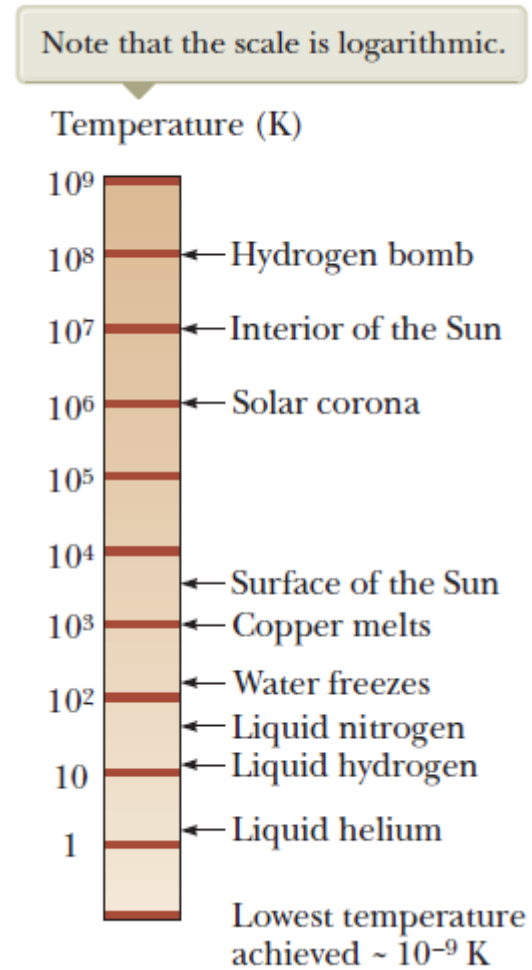
$$T_F = \frac{9}{5} T_C + 32$$

Nhiệt độ đóng băng của nước

$$0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K} = 32^\circ\text{F}$$

Nhiệt độ hóa hơi của nước

$$100^\circ\text{C} = 373,15 \text{ K} = 212^\circ\text{F}$$



Hình 19.6: Nhiệt độ tuyệt đối của các quá trình vật lý khác nhau

Câu hỏi 19.2: Hãy xem xét các cặp vật liệu sau đây. Cặp nào có hai vật liệu, vật liệu này nóng gấp đôi vật liệu kia? (a) nước sôi ở 100 °C, một ly nước ở 50 °C (b) nước sôi ở 100 °C, mêtan đông lạnh tại - 50 °C (c) một khối băng ở -20 °C, ngọn lửa 233 °C (d) không có cặp nào trong số đó

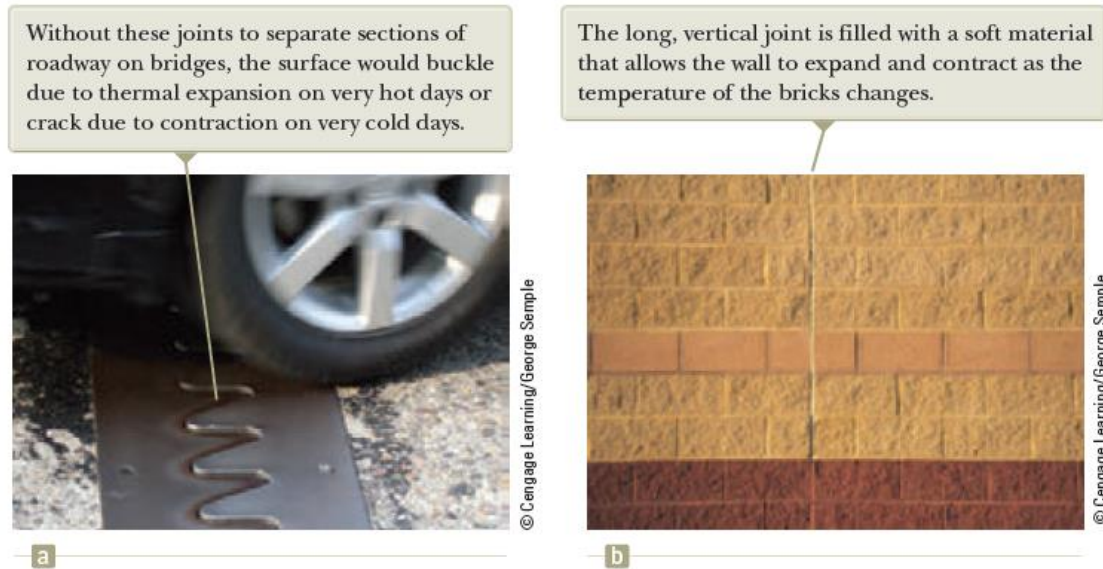
Bài tập mẫu 19.1:

Nhiệt độ 50 °F đổi ra nhiệt độ Celcius và Kelvin bằng bao nhiêu?
(Đáp số 10 °C và 283 K)

19.4 Sự giãn nở nhiệt của chất rắn và chất lỏng

Giãn nở nhiệt

Giãn nở nhiệt là sự gia tăng kích thước của một vật khi nhiệt độ của nó tăng lên. Giãn nở nhiệt là hệ quả của sự thay đổi khoảng cách tương đối giữa các nguyên tử trong một vật. Nếu sự giãn nở tương đối nhỏ so với kích thước ban đầu của vật, sự thay đổi theo chiều bất kỳ,



Hình 19.7: Ví dụ về giãn nở nhiệt

lấy xấp xỉ, là tỷ lệ thuận với lũy thừa bậc nhất của sự thay đổi về nhiệt độ. Các ví dụ về giãn nở nhiệt được minh họa trong hình 19.7.

Giãn nở dài

Giả sử một đối tượng có chiều dài ban đầu L_i . Nhiệt độ thay đổi một lượng $\Delta T = T_f - T_i$, chiều dài thay đổi một lượng $\Delta L = L_f - L_i$. Ta định nghĩa hệ số giãn nở dài là:

$$\alpha = \frac{\Delta L / L_i}{\Delta T}$$

Hay:

$$\Delta L = \alpha L_i \Delta T$$

Hệ số giãn nở dài, α , có đơn vị là $(^\circ\text{C})^{-1}$

Một số vật liệu giãn nở dọc theo một chiều, nhưng co lại theo các chiều khác khi nhiệt độ tăng. Do các kích thước dài thay đổi, diện tích bề mặt và thể tích cũng thay đổi theo sự thay đổi về nhiệt độ. Một lỗ hổng trong một mẫu vật liệu cũng giãn nở giống như phần rỗng đã được lấp đầy bởi vật liệu ấy. Khái niệm về sự nở vì nhiệt có thể được xem là tương tự với sự phóng ảnh.

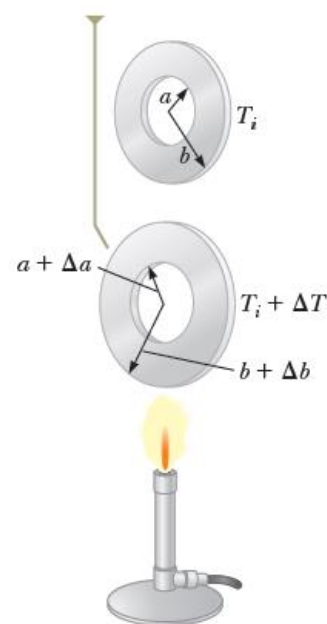
Giãn nở khối

Sự giãn nở khối tỷ lệ thuận với khối lượng ban đầu và sự thay đổi về nhiệt độ.

$$\Delta V = \beta V_i \Delta T$$

- β là hệ số giãn nở khối.

Khi vòng bị đốt nóng, kích thước theo các chiều đều tăng lên. Khoảng trống trong vòng đệm và vòng đệm giãn nở như nhau



Hình 19.8: Sự giãn nở vì nhiệt của một cái vòng.

- Đối với một vật rắn, $\beta = 3\alpha$ (Giả định vật liệu là đẳng hướng, giống nhau ở tất cả các hướng).
- Đối với một chất lỏng hoặc khí, β được cho trong bảng.

Bảng 19.1: Hệ số giãn nở nhiệt của một số vật liệu

Table 19.1 Average Expansion Coefficients for Some Materials Near Room Temperature

Material (Solids)	Average Linear Expansion Coefficient (α)($^{\circ}\text{C}$) ⁻¹	Material (Liquids and Gases)	Average Volume Expansion Coefficient (β)($^{\circ}\text{C}$) ⁻¹
Aluminum	24×10^{-6}	Acetone	1.5×10^{-4}
Brass and bronze	19×10^{-6}	Alcohol, ethyl	1.12×10^{-4}
Concrete	12×10^{-6}	Benzene	1.24×10^{-4}
Copper	17×10^{-6}	Gasoline	9.6×10^{-4}
Glass (ordinary)	9×10^{-6}	Glycerin	4.85×10^{-4}
Glass (Pyrex)	3.2×10^{-6}	Mercury	1.82×10^{-4}
Invar (Ni-Fe alloy)	0.9×10^{-6}	Turpentine	9.0×10^{-4}
Lead	29×10^{-6}	Air ^a at 0 $^{\circ}\text{C}$	3.67×10^{-3}
Steel	11×10^{-6}	Helium ^a	3.665×10^{-3}

^aGases do not have a specific value for the volume expansion coefficient because the amount of expansion depends on the type of process through which the gas is taken. The values given here assume the gas undergoes an expansion at constant pressure.

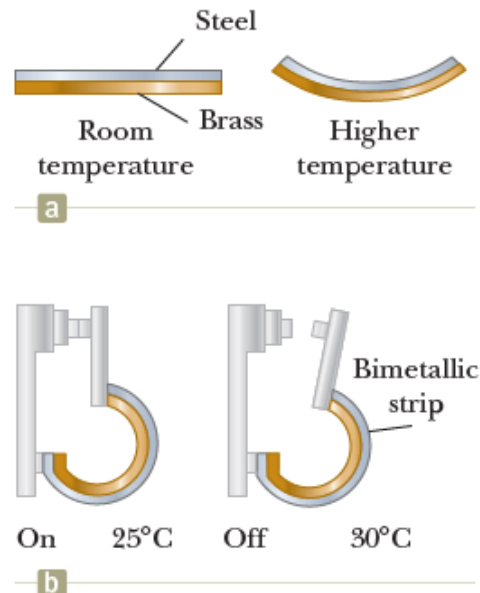
Giãn nở diện tích

Sự thay đổi diện tích tỷ lệ thuận với diện tích ban đầu và sự thay đổi về nhiệt độ:

$$\Delta A = 2\alpha A_i \Delta T$$

Dải lưỡng kim (băng kép)

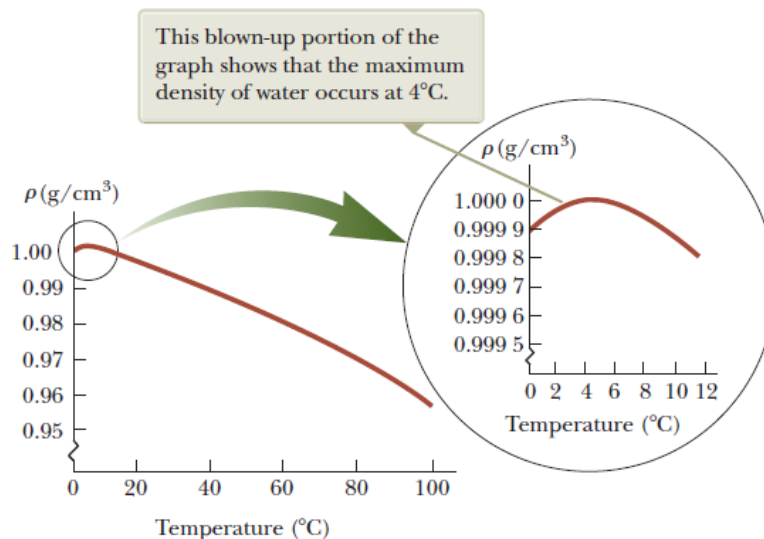
Một thiết bị cơ đơn giản được gọi là dải lưỡng kim, được tìm thấy trong các thiết bị thực tế như máy điều nhiệt cơ học, sử dụng sự khác biệt về hệ số giãn nở khác nhau của các nguyên vật liệu. Nó bao gồm hai dải kim loại mỏng làm bằng các vật liệu khác nhau, nối với nhau. Khi nhiệt độ của dải tăng lên, hai kim loại mở rộng bằng các lượng khác nhau và uốn cong như trong hình 19.9.



Hình 19.9: a) Dải lưỡng kim uốn cong khi nhiệt độ thay đổi do hai kim loại có hệ số giãn nở nhiệt khác nhau và b) Một dải lưỡng kim được sử dụng trong bộ điều nhiệt để ngắt hoặc làm tiếp xúc điện.

Sự giãn nở nhiệt của nước

- Khi tăng nhiệt độ từ 0°C đến 4°C, nước co lại. Mật độ của nó tăng lên.
- Trên 4°C, nước giãn nở khi nhiệt độ tăng. Mật độ của nó giảm.
- Mật độ nước tối đa (1 000 g / cm³) xảy ra ở 4°C



Hình 19.10: Mật độ nước thay đổi theo nhiệt độ ở áp suất khí quyển.

Câu hỏi 19.3: Nếu bạn được yêu cầu làm một nhiệt kế thủy tinh rất nhạy, bạn sẽ chọn loại chất lỏng nào sau đây? (a) thủy ngân (b) rượu (c) xăng (d) glycerin

Câu hỏi 19.4: Hai khối cầu được làm bằng cùng một kim loại và có cùng bán kính, nhưng một cái rỗng và một cái đặc. Khi nhiệt độ tăng, quả cầu nào mở rộng hơn? (a) Quả cầu đặc (b) Quả cầu rỗng (c) Hai quả cầu mở rộng như nhau (d) Không có đủ thông tin.

Bài tập mẫu 19.2:

Một đoạn đường ray làm bằng thép có chiều dài 30 m khi nhiệt độ là 0 °C. Độ dài của nó bằng bao nhiêu khi nhiệt độ là 40 °C?

(Đáp số: 30,013m)

19.5 Mô tả vĩ mô về khí lý tưởng

Khí lý tưởng

Khí lý tưởng là một loại *chất khí* tưởng tượng chứa các hạt giống nhau có kích thước vô cùng nhỏ so với *thể tích* của khối khí và không tương tác với nhau, chúng chỉ *va chạm đàn hồi* với tường bao quanh khối khí.

Đối với chất khí, thể tích phụ thuộc vào kích thước của bình chứa.

Phương trình trạng thái của chất khí:

Rất hữu ích để biết mối liên hệ giữa khối lượng, áp suất và nhiệt độ của khí có khối lượng m .

Phương trình mô tả sự liên hệ giữa các đại lượng này được gọi là *phương trình trạng thái*.

Một cách tổng quát, phương trình trạng thái là khá phức tạp. Tuy nhiên, nếu khí được duy trì ở áp suất thấp, thì phương trình trạng thái trở nên đơn giản hơn nhiều. Các phương trình trạng thái có thể được xác định từ kết quả thí nghiệm.

Khí có mật độ thấp thường được xem là *khí lý tưởng*. Và ta có thể dùng mô hình khí lý tưởng để đưa ra các dự đoán phù hợp để mô tả hành vi của các khí thực ở áp suất thấp.

Mô hình khí lý tưởng

Các mô hình khí lý tưởng có thể được sử dụng để đưa ra dự đoán về các cách biến đổi của chất khí.

Nếu chất khí ở áp suất thấp, mô hình này mô tả đầy đủ các biến đổi của các khí thực sự.

Mol

Lượng khí trong một thể tích nhất định được biểu diễn bởi số mol, n .

Một mol của một chất là lượng chất đó có chứa N_A hạt cấu thành của chất đó. Với N_A là số Avogadro: $N_A = 6\,022 \times 10^{23}$. Các hạt cấu thành có thể là các nguyên tử hay phân tử.

Số mol có thể được xác định từ khối lượng của các chất:

$$n = \frac{m}{M}$$

M là khối lượng mol của chất, có thể thu được từ bảng tuần hoàn, là khối lượng nguyên tử thể hiện trong gam/mol, m là khối lượng của mẫu, n là số mol.

Ví dụ: Một người có khối lượng 4,00 u nên $M = 4,00 \text{ g / mol}$

Các định luật về khí

- Khi một chất khí được giữ ở nhiệt độ không đổi, tích giữa áp suất p và thể tích V của nó là một hằng số hay áp suất tỷ lệ nghịch với thể tích của nó (Định luật Boyle).
- Khi một chất khí được giữ ở áp suất không đổi, tỉ số giữa thể tích V và nhiệt độ T không đổi hay thể tích và nhiệt độ tỉ lệ thuận với nhau (Định luật Charles và Gay-Lussac).
- Khi khối lượng của khí được giữ không đổi, tỉ số giữa áp suất p và nhiệt độ T không đổi hay áp suất tỷ lệ thuận với nhiệt độ (Định luật Guy-Lussac).

Phương trình trạng thái của chất khí lý tưởng:

Phương trình trạng thái khí lý tưởng:

$$PV = nRT$$

R là hằng số, được gọi là hằng số khí lý tưởng.

$$R = 8,314 \text{ J / mol} \cdot \text{K} = 0,08214 \text{ atm} \cdot \text{l / mol} \cdot \text{K}$$

Từ đây, bạn có thể xác định rằng 1 mol của bất kỳ chất khí ở áp suất khí quyển và ở 0 °C là 22,4 l.

Định luật khí lý tưởng thường được viết theo tổng số của các phân tử, N , hiện diện trong mẫu.

$$PV = nRT = \left(\frac{N}{N_A}\right)RT = Nk_B T$$

k_B là hằng số Boltzmann, $k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J / K}$

Người ta thường gọi p , V , T và các biến nhiệt động của khí lý tưởng.

Nếu biết phương trình trạng thái, một trong các biến luôn có thể được diễn tả như một hàm của hai biến kia.

Câu hỏi 19.5: Vào một ngày mùa đông, bạn bật lò sưởi và nhiệt độ không khí bên trong nhà của bạn tăng lên. Giả sử nhà của bạn có lượng rò rỉ thông thường giữa không khí bên trong và không khí bên ngoài. Số lượng mol không khí trong phòng của bạn bây giờ (a) lớn hơn trước, (b) nhỏ hơn trước, hoặc (c) giống như trước?

Bài tập ví dụ 19.3:

Một bình xịt chứa khí ở áp suất 202 kPa, có thể tích 125 cm³ và nhiệt độ 22 °C. Sau đó nó được ném vào một ngọn lửa. (Cảnh báo: Không thực hiện thí nghiệm này; nó rất nguy hiểm.). Khi nhiệt độ của khí trong bình đạt đến 195 °C, áp suất bên trong bình bằng bao nhiêu? Giả sử thể tích của khí không đổi.

(Đáp số: 320 kPa)

Tóm tắt chương 19

Hai vật **cân bằng nhiệt** với nhau nếu chúng không trao đổi năng lượng với nhau khi chúng có tiếp xúc nhiệt với nhau. Khi hai vật cân bằng nhiệt với nhau, nhiệt độ của chúng bằng nhau.

Nguyên lý thứ không nhiệt động học: Nếu hai vật lần lượt cân bằng nhiệt với một vật thứ ba nào đó, thì chúng cũng cân bằng nhiệt với nhau.

Đơn vị đo nhiệt độ trong hệ đơn vị SI là **Kelvin**.

Giãn nở nhiệt là sự gia tăng kích thước của một vật khi nhiệt độ của nó tăng lên. Độ thay đổi chiều dài của vật khi nhiệt độ thay đổi:

$$\Delta L = \alpha L_i \Delta T$$

Phương trình trạng thái khí lý tưởng:

$$PV = nRT$$

Câu hỏi lý thuyết chương 19

1. Cho một khí lý tưởng có áp suất 5×10^6 Pa ở 25°C , giãn nở gấp 3 lần thể tích ban đầu, áp suất cuối cùng của nó là $1,07 \times 10^6$ Pa. Nhiệt độ cuối cùng của nó bằng bao nhiêu?
a) 450 K, b) 233 K, c) 212 K, d) 191 K, e) 115 K
2. Nếu thể tích của một khí lý tưởng tăng gấp đôi trong khi nhiệt độ của nó tăng lên 4 lần, thì áp suất của khí a) không đổi, b) giảm 2 lần, c) giảm 4 lần, d) tăng 2 lần, e) tăng 4 lần
3. Con lắc của một đồng hồ quả lắc được làm bằng đồng thau. Khi nhiệt độ tăng lên, chu kỳ đồng hồ sẽ như thế nào? (a) tăng lên. (b) giảm. (c) vẫn giữ nguyên.
4. Nhiệt độ 162°F tương đương bao nhiêu độ trong thang Kelvins? (a) 373 K (b) 288 K (c) 345 K (d) 201 K (e) 308 K
5. Một quả bóng cao su chứa đầy 1 lít không khí tại 1 atm và 300 K. Sau đó được đưa vào tủ lạnh để làm lạnh đến 100 K. Giả sử cao su vẫn linh hoạt khi nó lạnh đi. Thể tích của quả bóng sẽ (a) giảm còn $\frac{1}{3}L$ (b) giảm còn $\frac{1}{\sqrt{3}}L$ (c) giữ nguyên không đổi (d) tăng đến $\sqrt{3}L$. (e) tăng đến 3 L.
6. Giả sử bạn đổ một khay đá vào một cái bát chứa một phần nước và đậy nắp. Sau nửa giờ, bên trong bát đạt đến trạng thái cân bằng nhiệt, với nhiều nước hơn và ít đá hơn lúc đầu. Điều nào sau đây là đúng? (a) nhiệt độ của nước cao hơn nhiệt độ của đá còn lại. (b) Nhiệt độ của nước bằng với nhiệt độ đá. (c) Nhiệt độ của nước nhỏ hơn nhiệt độ của đá. (d) Nhiệt độ của nước và đá phụ thuộc vào khối lượng hiện tại.
7. Khoan một lỗ trong một tấm kim loại. Khi tăng nhiệt độ tấm kim loại, đường kính lỗ khoan sẽ (a) giảm. (b) tăng (c) không đổi. (d) câu trả lời phụ thuộc vào nhiệt độ ban đầu của kim loại. (e) không có câu nào đúng.
8. Một mảnh đồng được thả vào một cốc nước. (a) Nếu nhiệt độ của nước lúc đó tăng lên, nhiệt độ của đồng sẽ như thế nào? (b) Nước và đồng ở trạng thái cân bằng nhiệt khi nào?
9. Một số người đi chơi dã ngoại ghé cửa hàng để mua túi khoai tây chiên. Sau đó, họ lái xe lên núi đến địa điểm dã ngoại. Khi họ dỡ đồ ăn, họ nhận thấy rằng túi khoai tây chiên bị phồng lên như bong bóng. Tại sao xảy ra như vậy?
10. Nắp kim loại trên lọ thủy tinh thường có thể được nới lỏng bằng cách cho nước nóng lên trên chúng. Tại sao?
11. Hai vật có thể cân bằng nhiệt nếu chúng không tiếp xúc với nhau không? Giải thích.

Bài tập chương 19

1. Trong một thí nghiệm của sinh viên, một nhiệt kế khí đẳng tích được hiệu chuẩn trong đá khô ($-78,5^\circ\text{C}$; 0,900 atm) và trong rượu cồn đang sôi (78°C ; 1,635 atm). Ngoài ra, $P = A + BT$, trong đó A và B là các hằng số.
(a) Tính nhiệt độ tại đó áp suất bằng 0
(b) Tính áp suất tại điểm đóng băng

- (c) Tính áp suất tại điểm sôi của nước?
2. Gọng kính được làm bằng nhựa epoxy. Ở nhiệt độ phòng (20°C), gọng có tròng kính hình tròn, bán kính 2,20 cm. Tính nhiệt độ nung nóng để gọng giãn nở tới bán kính 2.21 cm? Biết hệ số nở dài của epoxy là $1.3 \times 10^{-4}(\text{C}^{\circ})^{-1}$
 3. Hệ số giãn nở khối của chất CCl_4 là $5.81 \times 10^{-4}(\text{C}^{\circ})^{-1}$. Hệ số nở dài của thép là $11 \times 10^{-6}(\text{C}^{\circ})^{-1}$. Một bình bằng thép 50,0 gal (Gallon chất lỏng của Mỹ bằng 3,785411784 lít) chứa đầy khí CCl_4 ở nhiệt độ 10°C . Vậy khi nhiệt độ tăng đến 30°C , có bao nhiêu lượng khí bị trào ra?
 4. Một thùng chứa khí có áp suất 11,0 atm và nhiệt độ 25°C . Nếu $\frac{2}{3}$ số lượng khí bị mất đi và nhiệt độ tăng lên đến 75°C , tính áp suất lượng khí còn lại trong thùng?
 5. Lớp ô tô được thổi phồng với không khí ban đầu 10°C và áp suất bình thường trong khí quyển. Trong quá trình này, không khí được nén đến 28% so thể tích ban đầu và nhiệt độ tăng lên đến 40°C . (A) Tính áp suất lốp? (B) Sau khi xe chạy với tốc độ cao, nhiệt độ của lốp xe tăng lên đến 85°C và thể tích bên trong của lốp tăng 2%. Tính áp suất lốp mới?