

SINH HỌC

Dịch theo sách xuất bản lần thứ tám

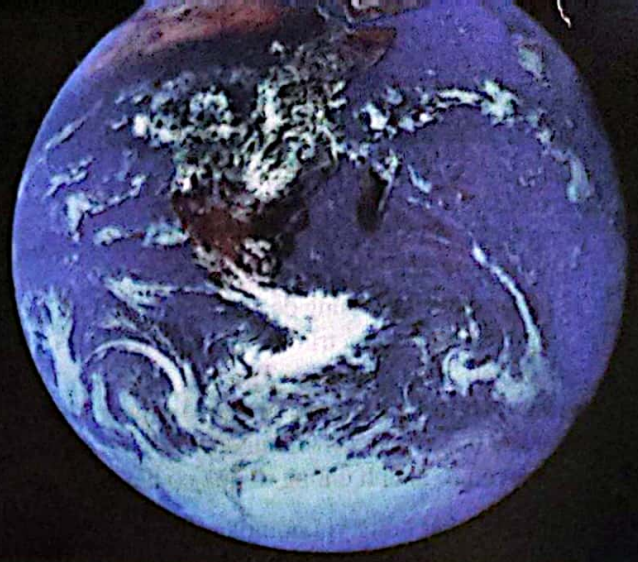
CAMPBELL • REECE

URRY • CAIN • WASSERMAN

MINORSKY • JACKSON



Nước và sự thích hợp của môi trường



▲ Hình 3.1 Tại sao sự dư thừa nước cho phép sự sống tồn tại trên hành tinh Trái Đất?

CÁC KHÁI NIỆM THEN CHỐT

- 3.1 Tính phân cực của các phân tử nước tạo nên liên kết hydrogen
- 3.2 Bốn tính chất nổi trội của nước góp phần làm cho Trái Đất thích hợp cho sự sống
- 3.3 Những điều kiện acid và base tác động đến các cơ thể sống

TỔNG QUAN

Phân tử nuôi dưỡng sự sống

Khi các nhà du hành vũ trụ nghiên cứu những hành tinh mới được phát hiện trên các quỹ đạo của các vì sao xa, họ hy vọng tìm được bằng chứng chứng tỏ có nước ở những vật thể xa tít tắp trên bầu trời đó, vì nước là chất làm nên sự sống, như chúng ta đã thấy trên Trái Đất. Tất cả các sinh vật, tương tự như chúng ta, đều được cấu tạo chủ yếu từ nước và sống trong môi trường mà nước là thành phần chủ yếu. Nước là môi trường sinh học trên Trái Đất, và có lẽ, cả trên những hành tinh khác.

Ba phần tư bề mặt Trái Đất ngập trong nước (Hình 3.1). Mặc dù hầu hết lượng nước đó ở dạng lỏng, nhưng trên Trái Đất, nó còn ở dạng băng và khí. Nước là chất duy nhất tồn tại trong môi trường tự nhiên ở cả ba trạng thái vật lý: rắn, lỏng và khí. Sự dư thừa nước là nguyên nhân chính làm cho Trái Đất có sinh vật định cư. Trong cuốn sách cổ có tên *Sự thích hợp của môi trường*, nhà sinh thái học Lawrence Henderson đã nhấn mạnh tầm quan trọng của nước đối với sự sống. Cùng với nhận thức rằng, sự sống thích nghi với môi trường thông qua chọn lọc tự nhiên, Henderson cũng nhấn mạnh rằng, để sự sống tồn tại được thì, đầu tiên môi trường phải thích hợp để lưu giữ được nó.

Sự sống trên Trái Đất bắt đầu trong nước và tiến hoá ở đó khoảng ba tỷ năm trước khi lên đất liền. Sự sống hiện đại, thậm chí cả sự sống trên đất liền, vẫn gắn chặt với nước. Mọi sinh vật đều cần nước hơn bất kỳ chất nào khác. Ví dụ, con người có thể sống được vài tuần không có thức ăn nhưng chỉ sống được khoảng một tuần nếu

thiếu nước. Các phân tử nước tham gia vào nhiều phản ứng hoá học cần thiết để duy trì sự sống. Hầu hết các tế bào được bao bọc bởi nước và bản thân các tế bào cũng chứa khoảng 70 - 95% nước.

Những tính chất nào của phân tử nước đơn giản đó cho phép nó hoạt động như nhân tố hỗ trợ mọi sinh vật sống? Trong chương này, chúng ta sẽ biết cấu trúc của phân tử nước cho phép nó tương tác với các phân tử khác, kể cả các phân tử nước khác như thế nào. Khả năng đó dẫn đến sự xuất hiện những tính chất độc đáo mới, nuôi dưỡng và duy trì các hệ thống sống trên hành tinh chúng ta. Mục tiêu của bạn trong chương này là nhận thức được nước có vai trò quan trọng như thế nào đối với sự sống trên Trái Đất.

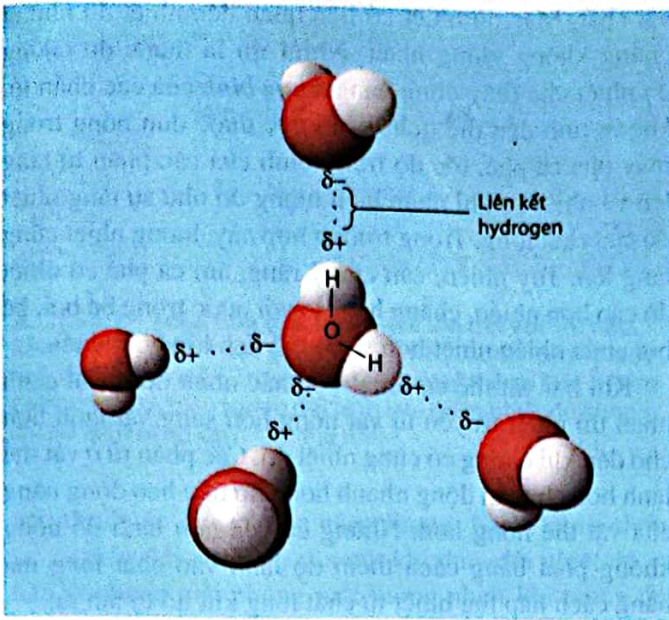
KHÁI NIỆM

3.1

Tính phân cực của các phân tử nước tạo nên liên kết hydrogen

Nước phổ biến tới mức ta dễ dàng bỏ qua sự thật rằng, nó là chất khác thường với nhiều tính chất phi thường. Từ chủ đề về các đặc tính nổi trội, chúng ta có thể tìm ra đặc điểm độc đáo về cấu trúc và sự tương tác của các phân tử nước.

Tách riêng ra thì phân tử nước thực sự đơn giản. Hình dạng của nó hơi giống chữ V với hai nguyên tử hydrogen kết hợp với nguyên tử oxygen bằng các liên kết cộng hoá trị đơn. Vì nguyên tử oxygen có âm điện nhiều hơn hydrogen nên các electron của các liên kết cộng hoá trị có nhiều thời gian nằm gần oxygen hơn là gần hydrogen; nói cách khác, chúng là các liên kết cộng hoá trị phân cực (xem Hình 2.13). Sự phân bố không đều các electron đó làm cho nước là phân tử phân cực, nghĩa là hai đầu của phân tử tích điện trái dấu: Vùng nguyên tử oxygen của phân tử có điện tích âm một phần (δ^-) và các nguyên tử hydrogen có điện tích dương một phần (δ^+).

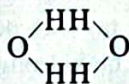


▲ **Hình 3.2 Liên kết hydrogen giữa các phân tử nước.** Những vùng tích điện của phân tử nước phân cực bị hấp dẫn bởi những phần tích điện trái dấu của các phân tử bên cạnh. Mỗi phân tử có thể tạo liên kết hydrogen với nhiều phân tử khác, và các mối liên kết đó luôn thay đổi.

Những tính chất bất thường của nước bắt nguồn từ sự tương tác giữa các phân tử phân cực của nó: Hydrogen tích điện dương yếu của phân tử này bị hấp dẫn bởi oxygen tích điện âm yếu của phân tử bên cạnh. Vậy là, hai phân tử gắn với nhau bằng liên kết hydrogen (**Hình 3.2**). Khi nước ở dạng lỏng, các liên kết hydrogen của chúng rất dễ gãy, mỗi liên kết chỉ mạnh bằng khoảng 1/20 liên kết cộng hoá trị. Các liên kết hydrogen hình thành, bị phá vỡ và lại hình thành lại với tần số cao. Mỗi liên kết chỉ tồn tại vài phần tỷ giây nhưng các phân tử liên tục hình thành những liên kết hydrogen mới với các phân tử khác. Vì thế, vào bất kỳ lúc nào, tỷ lệ các phân tử nước tạo liên kết hydrogen với các phân tử bên cạnh vẫn là chủ yếu. Những tính chất phi thường của nước chính là những đặc tính nổi trội nhờ các liên kết hydrogen sắp xếp các phân tử nước thành cấu trúc có mức độ tổ chức cao.

KIỂM TRA KHÁI NIỆM 3.1

1. Độ âm điện là gì và nó tác động như thế nào đến mối tương tác giữa các phân tử nước?
2. Tại sao hai phân tử nước cạnh nhau lại không được sắp xếp như dưới đây?



3. **ĐIỀU GÌ NẾU?** Cái gì sẽ tác động đến những tính chất của phân tử nước nếu oxygen và hydrogen có độ âm điện bằng nhau?

Câu trả lời có trong Phụ lục A.

KHÁI NIỆM 3.2

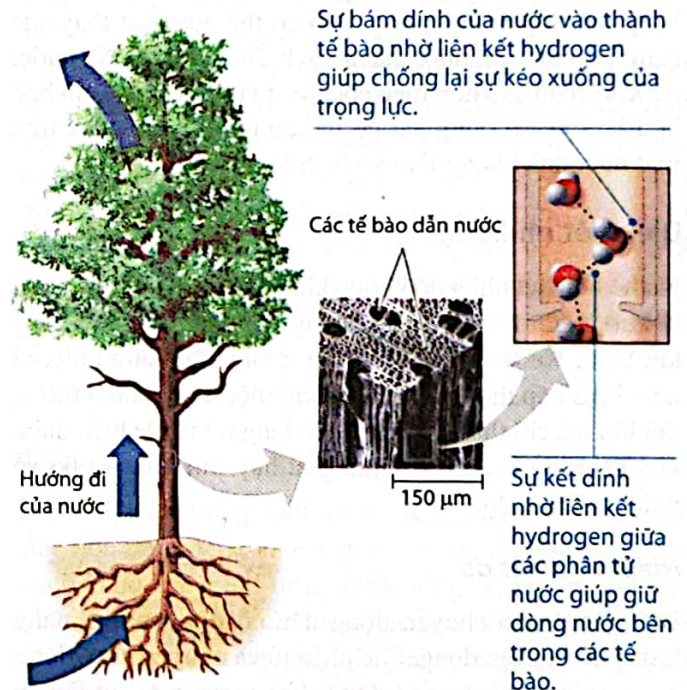
Bốn tính chất nổi trội của nước góp phần làm cho Trái Đất thích hợp cho sự sống

Chúng ta sẽ xem xét bốn đặc tính nổi trội của nước góp phần tạo nên môi trường thuận lợi cho sự sống phát triển trên Trái Đất: Tạo nên lực cố kết, khả năng điều tiết nhiệt độ, nở ra khi lạnh, tính đa tác dụng của một dung môi.

Sự kết dính

Các phân tử nước nằm rất gần nhau nhờ các liên kết hydrogen. Mặc dù sự sắp xếp các phân tử trong một mẫu nước luôn thay đổi, nhưng ở bất kỳ thời điểm nào cũng có rất nhiều phân tử liên kết với nhau bằng rất nhiều liên kết hydrogen. Những liên kết đó làm cho nước có tính cấu trúc hơn hầu hết các chất lỏng khác. Tóm lại, các liên kết hydrogen giữ cho vật chất kết khối với nhau, hiện tượng được gọi là **kết dính (cohesion)**.

Sự kết dính nhờ liên kết hydrogen góp phần vận chuyển nước và các chất dinh dưỡng hoà tan khác chống lại trọng lực ở thực vật (**Hình 3.3**). Nước từ rễ đến lá qua một mạng lưới các tế bào dẫn nước. Khi nước thoát hơi từ lá, các liên kết hydrogen làm cho các phân tử nước rời gân lá kéo các phân tử ở xa hơn và lực kéo lên được truyền qua các tế bào dẫn nước tới tận rễ. **Sự bám dính**



▲ **Hình 3.3 Sự vận chuyển nước ở thực vật.** Sự thoát hơi nước từ lá kéo nước từ rễ lên qua các tế bào vận chuyển nước. Nhờ những tính chất kết dính và bám dính mà các cây cao nhất có thể vận chuyển nước lên đến hơn 100 m - gần bằng một phần tư chiều cao toà nhà Empire State Building ở New York.



▲ **Hình 3.4** Đi trên nước. Sức căng bề mặt cao của nước được tạo ra do sức mạnh tổng cộng của các liên kết hydrogen cho phép con nhện nước đi được trên bề mặt hồ.

(adhesion) - sự bám của chất này vào chất khác, cũng đóng vai trò nào đó. Sự bám dính của nước với thành tế bào bằng liên kết hydrogen giúp chống lại sự kéo xuống của trọng lực (xem Hình 3.3).

Liên quan đến sự kết dính là **sức căng bề mặt**, mức độ đo lường sự khó khăn để kéo căng hoặc phá vỡ bề mặt chất lỏng. Nước có sức căng bề mặt lớn hơn hầu hết các chất lỏng khác. Ở khoảng tiếp xúc giữa nước và không khí là sự sắp xếp theo trật tự của các phân tử nước được liên kết lại bằng các liên kết hydrogen với nhau và với nước bên dưới. Điều đó làm cho nước dường như được bao bọc bằng một lớp màng mỏng. Bạn có thể quan sát thấy sức căng bề mặt của nước bằng cách đổ hơi đầy cốc nước; nước sẽ nằm cao hơn mép cốc. Một ví dụ có tính sinh học hơn là, một số động vật có thể đứng, đi hoặc chạy trên mặt nước mà không làm vỡ bề mặt nước (**Hình 3.4**).

Điều tiết nhiệt độ

Nước điều tiết nhiệt độ không khí bằng cách hấp thụ nhiệt từ không khí nóng và giải phóng nhiệt dự trữ vào không khí lạnh. Nước có hiệu quả như một ngân hàng nhiệt vì nó có thể hấp thụ hoặc giải phóng một lượng nhiệt tương đối lớn mà chỉ thay đổi nhiệt độ riêng rất ít. Để hiểu được khả năng đó của nước, chúng ta hãy tìm hiểu sơ bộ về nhiệt và nhiệt độ.

Nhiệt và nhiệt độ

Bất kỳ vật nào chuyển động đều có **động năng**, năng lượng của sự vận động. Các phân tử và nguyên tử có động năng vì chúng luôn vận động, không quan trọng là vận động theo hướng nào. Phân tử chuyển động càng nhanh càng có động năng lớn. **Nhiệt** là một dạng năng lượng. Với một vật thể xác định, lượng nhiệt là thước đo động năng **tổng số** của vật chất do sự vận động của các phân tử của nó; như vậy, nhiệt phụ thuộc một phần vào thể tích

vật chất. Mặc dù nhiệt có liên quan đến nhiệt độ nhưng chúng không giống nhau. **Nhiệt độ** là thước đo cường độ nhiệt cho thấy động năng **trung bình** của các phân tử, không tính đến thể tích. Khi nước được đun nóng trong máy pha cà phê, tốc độ trung bình của các phân tử tăng lên và nhiệt kế ghi nhận hiện tượng đó như sự tăng nhiệt độ của chất lỏng. Trong trường hợp này, lượng nhiệt cũng tăng lên. Tuy nhiên, cần chú ý rằng, ấm cà phê có nhiệt độ cao hơn nhiều, chẳng hạn, so với nước trong bể bơi, bể bơi chứa nhiều nhiệt hơn vì có thể tích lớn hơn nhiều.

Khi hai vật thể có nhiệt độ khác nhau được đặt cạnh nhau thì nhiệt truyền từ vật nóng hơn sang vật lạnh hơn cho đến khi chúng có cùng nhiệt độ. Các phân tử ở vật thể lạnh hơn chuyển động nhanh hơn nhờ tiêu hao động năng của vật thể nóng hơn. Những cục đá làm lạnh đồ uống không phải bằng cách thêm độ lạnh vào chất lỏng mà bằng cách hấp thụ nhiệt từ chất lỏng khi nó tự tan ra.

Xuyên suốt cuốn sách này, chúng ta sẽ dùng **thang Celsius** để chỉ nhiệt độ (độ Celsius được ký hiệu là $^{\circ}\text{C}$). Trên mặt biển, nhiệt độ đóng băng ở 0°C và sôi ở 100°C . Nhiệt độ của người là khoảng 37°C , và nhiệt độ của căn phòng tiện nghi là khoảng $20-25^{\circ}\text{C}$.

Một đơn vị thuận tiện để đo nhiệt được dùng trong cuốn sách này là **Calorie (cal)**. Calorie là lượng nhiệt cần để tăng nhiệt độ của 1 g nước lên 1°C . Ngược lại, calorie cũng là lượng nhiệt mà 1 g nước giải phóng ra khi nó lạnh đi 1°C . **Kilocalorie (kcal)**, 1.000 cal, là lượng nhiệt cần để tăng nhiệt độ của 1 kg nước lên 1°C . (Từ "calories" trên các gói thức ăn thực sự là kilocalorie). Một đơn vị khác cũng được dùng trong cuốn sách này là **joule (J)**. Một joule bằng 0,239 cal; một cal bằng 4,184 J.

Tỷ nhiệt cao của nước

Khả năng giữ ổn định nhiệt độ của nước có nguồn gốc từ tỷ nhiệt tương đối cao của nó. **Tỷ nhiệt** của một chất được xác định là lượng nhiệt mà 1 g chất đó cần hấp thụ vào hoặc mất đi để thay đổi nhiệt độ của nó đi 1°C . Chúng ta đã biết tỷ nhiệt của nước vì chúng ta đã xác định calorie là lượng nhiệt làm cho 1 g nước thay đổi 1°C . Vì vậy, tỷ nhiệt của nước là 1 cal/1 g $^{\circ}\text{C}$. So với phần lớn các chất khác, nước có tỷ nhiệt cao không bình thường. Ví dụ, ethyl alcohol - một loại đồ uống có cồn - có tỷ nhiệt là 0,6 cal/g $^{\circ}\text{C}$; nghĩa là chỉ cần 0,6 cal để tăng nhiệt độ của 1 g ethyl alcohol lên 1°C .

Vì tỷ nhiệt cao của nước có liên quan tới các vật liệu khác nên nước sẽ ít thay đổi nhiệt độ khi nó hấp thụ hoặc mất đi một lượng nhiệt nhất định. Nguyên nhân bạn có thể làm bỏng các ngón tay bạn nếu chạm vào cạnh ấm kim loại trên bếp lò khi nước trong ấm vẫn còn hơi nóng là vì tỷ nhiệt của nước lớn gấp mười lần tỷ nhiệt của sắt. Nói cách khác, cùng một lượng nhiệt sẽ làm tăng nhiệt độ của một g sắt nhanh hơn nhiều so với làm tăng nhiệt độ của một g nước. Tỷ nhiệt có thể được coi là thước đo mức độ một chất chống lại sự thay đổi nhiệt độ của nó khi nó



▲ **Hình 3.5** Hiệu ứng của khối nước lớn đối với khí hậu. Bằng việc hấp thụ hoặc giải phóng nhiệt, các đại dương điều hoà khí hậu bờ biển. Trong ví dụ một ngày tháng Tám ở Nam California này, biển tương đối lạnh làm giảm nhiệt độ không khí bờ biển bằng cách hấp thụ nhiệt.

hấp thụ hoặc giải phóng năng lượng. Nước cũng chống lại sự thay đổi nhiệt độ của nó; khi thay đổi nhiệt độ, nó hấp thụ hoặc giải phóng một lượng nhiệt lớn tương ứng cho sự thay đổi mỗi độ.

Chúng ta có thể thấy tỷ nhiệt cao của nước, giống như nhiều tính chất khác của nó, cũng do liên kết hydrogen. Nhiệt phải được hấp thụ để phá vỡ các liên kết hydrogen, và nhiệt phải được giải phóng ra khi các liên kết hydrogen hình thành. Một calorie nhiệt gây nên sự biến đổi tương đối nhỏ về nhiệt độ của nước vì phần lớn nhiệt đó được dùng để phá vỡ các liên kết hydrogen trước khi các phân tử nước bắt đầu chuyển động nhanh hơn. Và khi nhiệt độ nước giảm chút ít thì nhiều liên kết hydrogen bổ sung được hình thành, giải phóng một lượng lớn năng lượng ở dạng nhiệt.

Sự tương quan giữa tỷ nhiệt cao của nước với sự sống trên Trái Đất là gì? Những khối nước lớn có thể hấp thụ và dự trữ một lượng lớn nhiệt từ Mặt Trời vào ban ngày và vào mùa hè khi nó chỉ tăng thêm vài độ. Vào ban đêm và vào mùa đông, nước toả nhiệt có thể làm ấm không khí. Đó là lý do vì sao các vùng bờ biển, nói chung, có khí hậu ôn hoà hơn trong lục địa (**Hình 3.5**). Tỷ nhiệt cao của nước còn làm ổn định nhiệt độ các đại dương, tạo ra môi trường thuận lợi cho sự sống ở biển. Như vậy, vì tỷ nhiệt cao của nó, nước bao phủ hầu hết Trái Đất giữ cho nhiệt độ trên đất liền và trong nước dao động trong một giới hạn cho phép đối với sự sống. Ngoài ra, các sinh vật được cấu tạo chủ yếu từ nước nên chúng có thể chịu đựng với sự thay đổi nhiệt độ riêng của chúng tốt hơn là được cấu tạo từ chất lỏng có tỷ nhiệt thấp hơn.

Làm lạnh do bay hơi

Các phân tử của bất kỳ chất lỏng nào cũng nằm sát cạnh nhau vì chúng hấp dẫn nhau. Các phân tử vận động đủ nhanh để thoát khỏi sự hấp dẫn đó có thể rời khỏi chất lỏng và đi vào không khí ở dạng chất khí. Sự chuyển đổi từ dạng lỏng sang dạng khí được gọi là *sự bay hơi*. Hãy nhớ lại rằng, tốc độ vận động của các phân tử thay đổi, và nhiệt độ là động năng trung bình của các phân tử. Thậm chí, ở nhiệt độ thấp, các phân tử chuyển động nhanh nhất cũng có thể thoát vào không khí. Một số hiện tượng bay

hơi xảy ra ở bất kỳ nhiệt độ nào; ví dụ, một cốc nước ở nhiệt độ phòng, sẽ bay hơi hết. Nếu một chất lỏng được đun nóng thì động năng trung bình của các phân tử tăng lên và chất lỏng bay hơi nhanh hơn.

Nhiệt bay hơi là lượng nhiệt mà một chất lỏng phải hấp thụ để 1 g của nó chuyển hoá từ trạng thái lỏng sang trạng thái khí. Cũng vì lý do là nước có tỷ nhiệt cao nên nó cũng có nhiệt bay hơi cao so với các chất lỏng khác. Để làm bay hơi 1 g nước ở 25°C, cần khoảng 580 cal - gần gấp đôi lượng nhiệt cần để làm bay hơi 1 g alcohol hoặc ammonia. Nhiệt bay hơi cao của nước là một đặc tính nổi trội xuất hiện do các liên kết hydrogen tạo ra, chúng phải bị bẻ gãy trước khi thực hiện cuộc di cư khỏi chất lỏng.

Lượng nhiệt cao cần để làm bay hơi nước có nhiều hiệu ứng. Ví dụ, ở quy mô toàn cầu, nó giúp điều hoà khí hậu Trái Đất. Một lượng nhiệt to lớn của Mặt Trời do các biển nhiệt đới hấp thụ được tiêu thụ trong quá trình bay hơi nước bề mặt. Sau đó, không khí nhiệt đới ẩm ướt luân chuyển về hướng địa cực, nó giải phóng nhiệt khi nó đông đặc lại và tạo thành mưa. Ở mức độ cơ thể, nhiệt bay hơi cao của nước giải thích cho sự nguy hiểm của bỏng hơi nước. Sự bỏng đó là do nhiệt được giải phóng ra khi dòng hơi nước kết tụ thành dạng lỏng trên da.

Khi chất lỏng bay hơi, bề mặt chất lỏng còn ở lại phía dưới lạnh đi. Sự làm lạnh do bay hơi đó xảy ra vì những "phân tử nóng nhất", những phân tử có động năng lớn nhất, dường như đã rời đi dưới dạng khí. Điều đó giống như, nếu hàng trăm người chạy nhanh nhất của trường chuyển sang trường khác thì tốc độ trung bình của những sinh viên còn lại sẽ giảm đi.

Sự làm lạnh do bay hơi nước góp phần ổn định nhiệt độ trong các ao, hồ và cũng tạo ra cơ chế bảo vệ các sinh vật trên cạn không bị quá nóng. Ví dụ, sự bay hơi nước từ lá cây ở thực vật giữ cho các mô trong lá không bị quá nóng dưới ánh sáng mặt trời. Sự bay hơi mồ hôi từ da người xua tan nhiệt của cơ thể và giúp bảo vệ khỏi bị quá nóng vào ngày nóng bức hoặc do lượng nhiệt dư thừa vì hoạt động căng thẳng. Độ ẩm cao vào ngày nóng gây khó chịu vì nồng độ hơi nước cao trong không khí ức chế sự bay hơi mồ hôi từ cơ thể.

Sự cách nhiệt các khối nước do lớp băng nổi

Nước là một trong một số ít chất ở trạng thái ít đậm đặc hơn dưới dạng chất rắn so với trạng thái lỏng. Nói cách khác, băng nổi trong nước lỏng. Trong khi các vật chất khác co lại khi chúng trở nên rắn thì nước lại nở ra. Nguyên nhân của tập tính kỳ lạ này, một lần nữa, lại do liên kết hydrogen. Ở nhiệt độ khoảng 4°C, nước giống như các chất lỏng khác, nở ra khi nóng lên và co lại khi lạnh đi. Nước đóng băng khi các phân tử của nó không còn chuyển động mạnh mẽ nữa để có thể phá vỡ các liên kết hydrogen của chúng. Khi nhiệt độ xuống 0°C, nước bị khoá trong các lưới tinh thể, mỗi phân tử nước liên kết



▲ Hình 3.6 Băng: cấu trúc tinh thể và lớp che chắn băng băng trôi. Ở băng, mỗi phân tử nước liên kết hydrogen với bốn phân tử bên cạnh trong cấu trúc tinh thể ba chiều. Vì tinh thể trống rỗng hơn nên băng có ít phân tử hơn so với

thể tích nước tương ứng. Nói cách khác, băng ít đậm đặc hơn so với nước lỏng. Băng nổi trở thành rào cản che chắn bảo vệ nước lỏng ở bên dưới khỏi không khí lạnh. Sinh vật biển trên ảnh là loại tôm có tên là krill; nó được chụp bên dưới tầng

băng trôi ở Bắc Băng Dương.
? Nếu nước không tạo liên kết hydrogen thì điều gì sẽ xảy ra đối với môi trường sống của tôm?

hydrogen với bốn phân tử khác (Hình 3.6). Các liên kết hydrogen giữ cho các phân tử “trong vòng tay”, đủ xa nhau để tạo nên băng ít đậm đặc hơn 10% so với nước ở 4°C (số phân tử ít hơn 10% so với cùng thể tích nước). Khi băng hấp thụ đủ nhiệt để nhiệt độ của nó lên trên 0°C thì các liên kết hydrogen giữa các phân tử bị phá huỷ. Khi tinh thể vỡ ra thì băng tan và các phân tử tự do tiến sát lại gần nhau. Nước đạt mật độ cao nhất ở 4°C và sau đó bắt đầu nở ra khi các phân tử chuyển động nhanh hơn. Tuy nhiên, luôn phải nhớ rằng, thậm chí ở dạng lỏng nhiều phân tử nước vẫn liên kết với nhau bằng liên kết hydrogen dù nhanh chóng chuyển đổi: Các liên kết liên tục bị phá vỡ và tái tạo lại.

Khả năng băng nổi được vì nước nở ra khi nó trở nên rắn là yếu tố quan trọng đối với tính thích hợp cho sự sống của môi trường. Nếu băng chìm xuống thì cuối cùng, tất cả hồ, ao, thậm chí cả đại dương cũng đóng băng, làm cho sự sống không thể có được trên Trái Đất. Vào mùa hè, chỉ vài inch trên cùng của đại dương ấm lên. Thay vào đó, khi khối nước dưới sâu lạnh đi thì lớp băng nổi cách ly tầng nước lỏng bên dưới, bảo vệ nó không bị đóng băng và cho phép sự sống tồn tại bên dưới bề mặt đóng băng như ta thấy trên Hình 3.6.

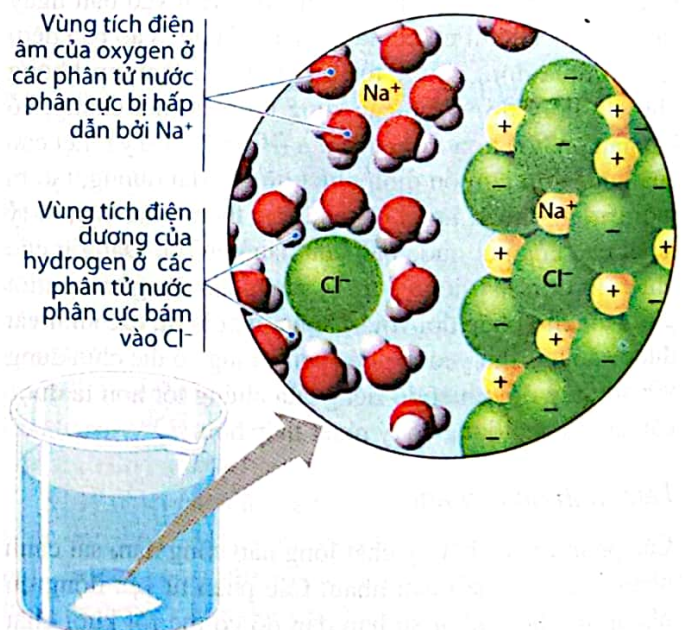
Dung môi của sự sống

Cho cục đường vào cốc nước, nó sẽ tan ra. Khi đó, chiếc cốc sẽ chứa một dung dịch đồng nhất gồm đường và nước; nồng độ đường được hoà tan sẽ như nhau ở mọi nơi trong dung dịch. Chất lỏng là hỗn hợp hoàn toàn đồng nhất gồm hai hoặc nhiều chất được gọi là **dung dịch**. Tác nhân hoà tan của dung dịch là **dung môi**, và chất được hoà tan được gọi là **chất tan**. Trong trường hợp này, nước là dung môi và đường là chất tan. **Dung dịch nước** là dung dịch trong đó nước là dung môi.

Các nhà giả kim thời trung cổ đã cố tìm kiếm loại dung môi đa năng, loại dung môi có thể hoà tan mọi thứ.

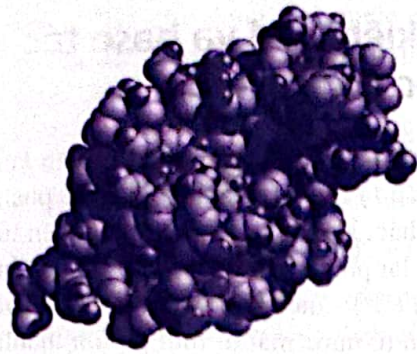
Họ đã học được rằng, không thứ gì tốt hơn nước. Tuy nhiên, nước không phải là dung môi đa năng; nếu nó là dung môi đa năng, nó sẽ hoà tan cả bình mà nó được chứa trong đó, kể cả các tế bào của chúng ta. Nhưng, nước lại là dung môi linh hoạt, một tính chất mà chúng ta có thể truy nguyên ở tính phân cực của phân tử nước.

Ví dụ, giả sử cho một thìa muối, hợp chất ion natri chloride (NaCl) vào nước (Hình 3.7). Trên bề mặt mỗi hạt muối, các ion chloride và natri tiếp xúc với dung môi. Các ion đó và các phân tử nước có ái lực tương hỗ do sự hấp dẫn giữa các điện tích trái dấu. Những vùng của

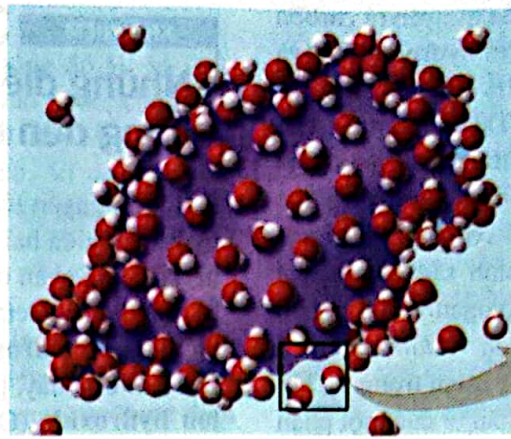


▲ Hình 3.7 Muối ăn hoà tan trong nước. Khối cầu các phân tử nước, bao bọc mỗi ion của chất tan, được gọi là lớp vỏ hydrate hoá.

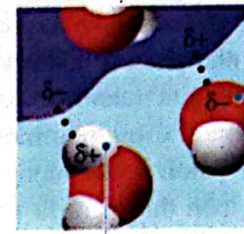
? Điều gì xảy ra nếu bạn đun lâu dung dịch này?



(a) Phân tử lysozyme trong môi trường không có nước.



(b) Phân tử lysozyme (màu tím) trong môi trường nước, như nước mắt hoặc nước bọt.



Nguyên tử oxygen này bị hấp dẫn tới vùng tích điện dương yếu trên phân tử lysozyme.

Nguyên tử hydrogen này bị hấp dẫn tới vùng tích điện âm yếu trên phân tử lysozyme.

(c) Các vùng ion và phân cực trên bề mặt protein hấp dẫn các phân tử nước.

▲ **Hình 3.8 Protein tan trong nước.** Hình này cho thấy lysozyme của người, loại protein tìm thấy trong nước mắt và nước bọt có hoạt chất kháng khuẩn.

nguyên tử oxygen ở phân tử nước được tích điện âm bám với các Na^+ . Những vùng hydrogen được tích điện dương và bị hấp dẫn bởi các Cl^- . Kết quả là, các phân tử nước bao lấy các ion natri và chloride, tách và che chắn ion này với ion kia: Khối cầu các phân tử nước bao quanh mỗi ion hoà tan được gọi là lớp **hydrat hoá**. Từ bề mặt mỗi tinh thể muối, nước xâm nhập vào trong để cuối cùng hoà tan tất cả các ion. Kết quả là dung dịch gồm hai chất tan, gồm cation natri và anion chloride được trộn đều trong nước - dung môi. Các hợp chất ion khác cũng hoà tan trong nước. Ví dụ, nước biển chứa rất nhiều ion hoà tan giống như các tế bào sống.

Không nhất thiết phải là hợp chất ion mới hoà tan trong nước; nhiều hợp chất được cấu tạo từ các phân tử không ion phân cực, như đường, cũng hoà tan trong nước. Những hợp chất như vậy hoà tan khi các phân tử nước bao lấy mỗi phân tử chất tan, tạo liên kết hydrogen với chúng. Thậm chí, các phân tử lớn như protein cũng có thể hoà tan trong nước nếu chúng có những vùng ion và phân cực trên bề mặt của chúng (**Hình 3.8**). Nhiều loại hợp chất phân cực hoà tan trong nước (cùng với các ion) của các chất lỏng sinh học, như máu, nhựa cây, và chất lỏng trong các tế bào. Nước là dung môi của sự sống.

Các chất ưa nước và kỵ nước

Bất kỳ chất nào có ái lực với nước đều được gọi là **chất ưa nước** - hydrophilic (từ chữ Hy Lạp *hydrogen* - nước- và *philos* - thích). Trong một số trường hợp, chất có thể là ưa nước mà không thực sự hoà tan được. Ví dụ, một số phân tử trong tế bào lớn tới mức chúng không hoà tan được. Thay vào đó, chúng lơ lửng trong dung dịch lỏng của tế bào. Một hỗn hợp như vậy là ví dụ về **chất keo (colloid)**, huyền phù ổn định của các hạt nhỏ trong chất lỏng. Một ví dụ khác về chất ưa nước nhưng không hoà tan là bông, một sản phẩm của thực vật. Bông được cấu tạo từ các phân tử cellulose lớn - loại hợp chất có nhiều

vùng tích điện âm một phần và nhiều vùng tích điện dương một phần, có thể tạo liên kết hydrogen với nước.

Nước bám dính vào các sợi cellulose. Nhờ vậy, không cần mất nhiều sức để một chiếc khăn bông có thể lau khô người, và nó cũng không bị hoà tan trong chiếc máy giặt. Cellulose cũng có mặt ở thành các tế bào vận chuyển nước trong cây; ở phần trước, bạn đã biết sự bám dính của nước tới thành các tế bào ưa nước đó cho phép sự vận chuyển nước diễn ra như thế nào.

Tất nhiên, cũng có những phân tử không có ái lực với nước. Các chất không phải là hợp chất ion và không phân cực (hoặc vì lý do nào đó, không tạo liên kết hydrogen) thực sự đẩy nước; những chất đó được gọi là **kỵ nước** - hydrophobic (từ chữ Hy Lạp *phobos* - sợ). Một ví dụ từ bếp núc là dầu thực vật, như bạn biết, không hoà trộn được với chất có nước, như giấm. Tính kỵ nước của các phân tử dầu là do sự chiếm ưu thế của các liên kết không phân cực, trong trường hợp này là liên kết giữa carbon và hydrogen, chúng gần như chia sẻ đều các electron. Các phân tử kỵ nước có liên quan đến dầu là những thành phần chính của màng tế bào. (Hãy hình dung, điều gì sẽ xảy ra với tế bào nếu màng của nó bị hoà tan!)

Nồng độ chất tan trong dung dịch nước

Hoá sinh học là hoá học "ướt". Hầu hết các phản ứng hoá học trong cơ thể chứa các chất tan trong nước. Để tìm hiểu các phản ứng như vậy, chúng ta phải biết có bao nhiêu nguyên tử và phân tử tham gia vào và phải có khả năng tính được nồng độ các chất tan trong dung dịch nước (số phân tử chất tan trong một thể tích dung dịch).

Khi tiến hành thí nghiệm, chúng ta dùng khối lượng để tính số phân tử. Chúng ta biết khối lượng của mỗi nguyên tử trong một phân tử cụ thể nên chúng ta có thể tính được **khối lượng phân tử**, nó đơn giản là tổng khối lượng các nguyên tử trong phân tử. Ví dụ, hãy tính khối lượng của đường ăn (sucrose), chất có công thức

$C_{12}H_{22}O_{11}$. Làm tròn thì khối lượng của nguyên tử carbon là 12 dalton, khối lượng của nguyên tử hydrogen là 1 và khối lượng của nguyên tử oxygen là 16. Như vậy, sucrose có khối lượng phân tử 342 dalton. Tất nhiên, việc cân một số lượng nhỏ phân tử là không thể thực hiện được. Vì lý do đó, chúng ta thường đo lường các chất bằng đơn vị được gọi là mol. Cũng như một tá có nghĩa là 12 vật thể, một **mole (mol)** có số lượng chính xác các vật thể là $6,02 \times 10^{23}$, còn được gọi là số Avogadro. Từ nguồn gốc cách xác định số Avogadro và đơn vị *dalton* nên có $6,02 \times 10^{23}$ dalton trong 1 g. Điều này quan trọng vì, khi chúng ta xác định được khối lượng phân tử của một phân tử, ví dụ như của glucose, chúng ta có thể dùng số đó (342) và thay bằng đơn vị *gram* để biểu diễn khối lượng của $6,02 \times 10^{23}$ phân tử glucose, hoặc 1 mol glucose (đôi khi còn được gọi là *khối lượng mol*). Cho nên, trong phòng thí nghiệm, để lấy 1 mol glucose chúng ta cân 342 g.

Ưu điểm về mặt thực hành của việc đo lường hoá chất bằng mol là, một mol của một chất có số phân tử đúng bằng số phân tử của một mol của một chất bất kỳ khác. Nếu khối lượng phân tử của chất A là 342 dalton và khối lượng phân tử của chất B là 10 dalton thì 342 g chất A có số phân tử như 10 g chất B. Một mol của ethyl alcohol (C_2H_6O) cũng chứa $6,02 \times 10^{23}$ phân tử nhưng khối lượng của nó chỉ là 46 g vì khối lượng của phân tử ethyl alcohol nhỏ hơn khối lượng của một phân tử sucrose. Cách đo bằng mol thuận tiện cho các nhà khoa học làm việc trong phòng thí nghiệm để phối hợp các chất theo một tỷ lệ phân tử xác định.

Bằng cách nào chúng ta có thể pha 1 lít (L) dung dịch chứa 1 mol sucrose hoà tan trong nước? Chúng ta cân 342 g sucrose, rồi vừa thêm dần nước vào vừa khuấy cho đến khi đường tan hết. Sau đó, thêm nước cho đến khi có 1 L dung dịch. Lúc đó, chúng ta có dung dịch 1 mol (1 M) sucrose. **Nồng độ phân tử gam** - số mol chất tan trên một lít dung dịch - là đơn vị đo nồng độ được các nhà sinh học sử dụng thường xuyên nhất cho các dung dịch nước.

KIỂM TRA KHÁI NIỆM 3.2

1. Hãy mô tả các tính chất của nước đóng góp vào sự vận động lên trên của nước trong cây như thế nào.
2. Giải thích câu "không phải vì nóng mà vì ẩm".
3. Bằng cách nào sự đóng băng của nước có thể phá vỡ các tảng đá?
4. Nếu bạn là dược sỹ, bạn pha dung dịch 0,5 M natri chloride (NaCl) như thế nào? (Khối lượng nguyên tử của Na là 23 dalton và của Cl là 35,5 dalton).
5. **ĐIỀU GÌ NẾU?** Chân của con nhện nước (xem Hình 3.4) được bao bọc bằng các chất kỵ nước. Điều đó có thể có ý nghĩa gì? Điều gì xảy ra nếu đó là chất ưa nước?

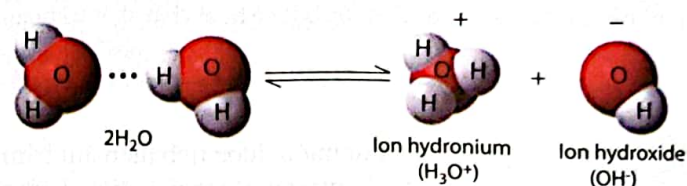
Câu trả lời có trong Phụ lục A.

KHÁI NIỆM

3.3

Những điều kiện acid và base tác động đến các cơ thể sống

Đôi khi nguyên tử hydrogen đang tham gia vào liên kết hydrogen giữa hai phân tử nước lại dịch chuyển từ phân tử này sang phân tử khác. Khi điều đó xảy ra, nguyên tử hydrogen để electron lại phía sau và cái thực sự chuyển dịch là **ion hydrogen** (H^+) - một proton đơn lẻ với điện tích 1+. Lúc này, phân tử nước mất đi một proton thành **ion hydroxide** (OH^-) có điện tích 1-. Proton gắn kết với phân tử nước khác, làm cho phân tử đó thành **ion hydronium** (H_3O^+). Chúng ta có thể minh hoạ bằng hình phản ứng này như sau:



Để thuận tiện, H^+ (ion hydrogen) được dùng để đại diện cho H_3O^+ (ion hydronium). Tuy nhiên, luôn phải nhớ rằng, H^+ không tồn tại riêng như vậy trong dung dịch nước. Nó luôn liên kết với phân tử nước khác ở dạng H_3O^+ .

Như được chỉ ra bằng mũi tên kép hai chiều, đây là phản ứng thuận nghịch, sẽ đạt trạng thái cân bằng động khi các phân tử nước phân ly với tốc độ bằng với tốc độ chúng được tái tạo từ H^+ và OH^- . Tại điểm cân bằng đó, nồng độ các phân tử nước vượt rất xa nồng độ H^+ và OH^- . Trong nước tinh khiết, chỉ có duy nhất một phân tử nước trong mỗi 554 triệu phân tử phân ly. Nồng độ mỗi loại ion trong nước tinh khiết là 10^{-7} M (ở 25°C). Điều đó có nghĩa rằng, chỉ có một phần mười triệu của một mol ion hydrogen trên một lít nước tinh khiết và số ion hydroxide cũng như vậy.

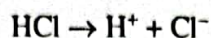
Mặc dù sự phân ly của nước là thuận nghịch và hiếm xảy ra về mặt thống kê, nhưng nó lại cực kỳ quan trọng đối với hoá học sự sống. H^+ và OH^- hoạt động hoá học rất mạnh. Sự thay đổi nồng độ của chúng tác động nghiêm trọng đến protein của tế bào và các phân tử phức tạp khác. Như chúng ta đã thấy, nồng độ H^+ và OH^- bằng nhau ở nước tinh khiết, nhưng việc thêm vào những loại chất tan nhất định, được gọi là acid và base, sẽ phá vỡ trạng thái cân bằng đó. Các nhà sinh học dùng cái gọi là thang pH để mô tả mức độ acid hoặc base (chất ngược với acid) trong dung dịch. Trong phần còn lại của chương này, bạn sẽ được học về acid, base, pH và tại sao sự thay đổi pH có thể ảnh hưởng bất lợi đến cơ thể.

Tác động của sự thay đổi pH

Trước khi thảo luận về thang pH, hãy xem acid và base là gì và chúng phản ứng như thế nào với nước.

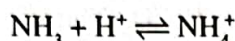
Acid và base

Cái gì làm cho dung dịch nước có nồng độ H^+ và OH^- không cân bằng? Khi acid hoà tan vào nước, chúng bổ sung thêm H^+ vào dung dịch. Acid là chất làm tăng nồng độ ion hydrogen của dung dịch. Ví dụ, khi acid hydrochloride (HCl) được thêm vào nước, các ion hydrogen tách khỏi các ion chloride:

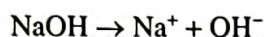


Nguồn H^+ này (sự phân ly của nước là nguồn khác) tạo nên dung dịch acid - dung dịch có nhiều H^+ hơn OH^- .

Chất làm giảm nồng độ ion hydrogen của dung dịch được gọi là base. Một số base làm giảm nồng độ H^+ một cách trực tiếp bằng cách nhận các H^+ . Ví dụ, ammonia (NH_3) hoạt động như một base khi đòi electron không góp chung ở lớp hoá trị của nitrogen hấp dẫn ion hydrogen từ dung dịch, tạo nên ion ammonium (NH_4^+):



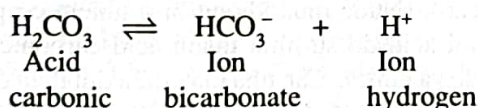
Các base khác làm giảm nồng độ H^+ một cách gián tiếp bằng cách phân ly để tạo nên các ion hydroxide rồi các ion này kết hợp với các ion hydrogen tạo thành nước. Một base như vậy là natri hydroxide (NaOH), chất mà trong nước phân ly thành các ion:



Trong cả hai trường hợp, base đều làm giảm nồng độ H^+ . Các dung dịch có nồng độ OH^- cao hơn H^+ được gọi là dung dịch base. Dung dịch, trong đó nồng độ H^+ và OH^- bằng nhau được gọi là dung dịch trung tính.

Chú ý rằng, chỉ một mũi tên được sử dụng trong các phản ứng của HCl và NaOH. Các hợp chất đó phân ly hoàn toàn khi hoà vào nước và vì thế acid hydrochloride được gọi là acid mạnh và natri hydroxide được gọi là base mạnh. Ngược lại, ammonia là một base tương đối yếu. Mũi tên kép trong phản ứng của ammonia cho thấy rằng, sự gắn kết và giải phóng các ion hydrogen là các phản ứng thuận nghịch, mặc dù ở điểm cân bằng, tỷ lệ NH_4^+ so với NH_3 sẽ được cố định.

Cũng có những acid yếu, nhận và giải phóng các ion hydrogen một cách thuận nghịch. Acid carbonic là một ví dụ:



Ở đây, trạng thái cân bằng nghiêng về phía trái của phản ứng; nghĩa là khi thêm acid carbonic vào dung dịch thì, ở bất kỳ thời điểm nào, chỉ 1% số phân tử phân ly. Tuy vậy, đó cũng đủ để dịch chuyển sự cân bằng của H^+ và OH^- khỏi trạng thái trung tính.

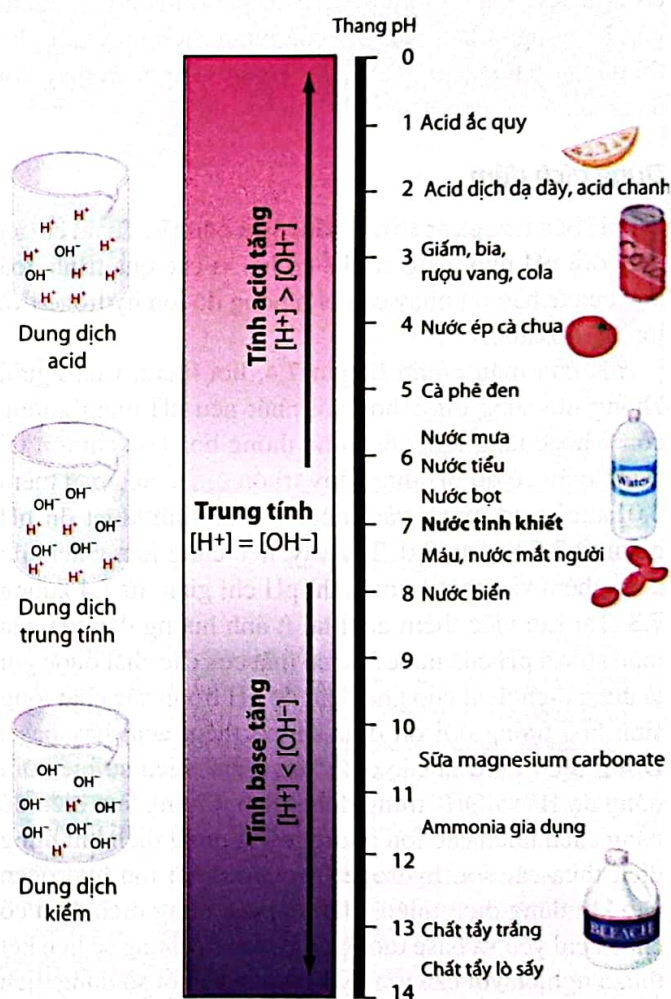
Thang pH

Trong bất kỳ dung dịch nước nào ở $25^\circ C$, sản phẩm là nồng độ H^+ và OH^- cũng ổn định là 10^{-14} . Có thể viết

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14}$$

Trong phương trình như vậy, móc vuông chỉ nồng độ mol. Ở dung dịch trung tính, tại nhiệt độ phòng ($25^\circ C$), $[H^+] = 10^{-7}$ và $[OH^-] = 10^{-7}$, vì thế, trong trường hợp này, 10^{-14} là tích $10^{-7} \times 10^{-7}$. Nếu thêm đủ lượng acid vào dung dịch để tăng $[H^+]$ đến $10^{-5} M$ thì $[OH^-]$ sẽ giảm một lượng tương ứng xuống $10^{-9} M$ (chú ý là $10^{-5} \times 10^{-9} = 10^{-14}$). Mối tương quan hằng số đó thể hiện tính hoạt động của acid và base trong dung dịch nước. Acid không chỉ bổ sung ion hydrogen cho dung dịch mà còn loại bỏ các ion hydroxide do xu thế các H^+ kết hợp với OH^- , tạo nước. Base có hiệu ứng ngược lại, làm tăng nồng độ OH^- , những cũng làm giảm nồng độ H^+ do hình thành nước. Nếu bổ sung đủ lượng base để tăng nồng độ OH^- đến $10^{-4} M$ thì nó sẽ làm cho nồng độ H^+ giảm xuống còn $10^{-10} M$. Bất cứ khi nào chúng ta biết nồng độ của H^+ hoặc OH^- trong dung dịch nước, chúng ta cũng có thể suy ra nồng độ của ion kia.

Vì nồng độ H^+ và OH^- của dung dịch có thể thay đổi tính bằng một phần trăm tỷ hoặc hơn nên các nhà khoa học đã xây dựng cách biểu diễn sự biến động đó một cách thuận tiện hơn là bằng mol trên lít. Thang pH (Hình 3.9)



▲ Hình 3.7 Thang pH và giá trị pH của một số dung dịch nước.

dùng logarit để rút ngắn phổ nồng độ H^+ và OH^- . pH của dung dịch được xác định bằng logarit âm (cơ số 10) của nồng độ ion hydrogen:

$$pH = -\log [H^+]$$

Ví dụ, dung dịch nước trung tính, $[H^+]$ là 10^{-7} M, cho ta
 $-\log 10^{-7} = -(-7) = 7$

Chú ý rằng, pH giảm khi nồng độ H^+ tăng. Cũng chú ý rằng, mặc dù thang pH được xây dựng dựa trên nồng độ H^+ , nó cũng nói đến nồng độ OH^- . Dung dịch có pH 10 có nồng độ ion hydrogen là 10^{-10} M và ion hydroxide là 10^{-4} M.

pH của dung dịch nước trung tính ở 25°C là 7, điểm giữa của thang. Giá trị pH nhỏ hơn 7 chỉ dung dịch acid; số càng nhỏ, tính acid của dung dịch càng cao. Với các dung dịch base, pH lớn hơn 7. Phần lớn các chất lỏng sinh học có pH 6–8. Tuy nhiên, có một vài ngoại lệ, bao gồm dịch tiêu hoá ở dạ dày người có tính acid mạnh, pH khoảng 2.

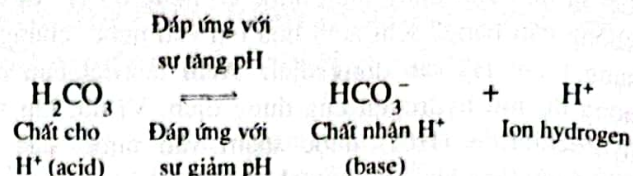
Cần nhớ rằng, đơn vị pH thể hiện sự sai khác gấp mười lần về nồng độ H^+ và OH^- . Đặc trưng toán học đó giúp thu gọn thang pH. Dung dịch có pH 3 không phải là có tính acid gấp đôi dung dịch có pH 6 mà có tính acid gấp hàng ngàn lần. Khi pH của dung dịch thay đổi nhẹ thì nồng độ thực của H^+ và OH^- trong dung dịch thay đổi đáng kể.

Dung dịch đệm

Độ pH bên trong các tế bào sống gần bằng 7. Thậm chí sự thay đổi pH nhỏ cũng có thể có hại vì các quá trình hoá học của tế bào rất nhạy cảm với nồng độ ion hydrogen và ion hydroxide.

pH của máu người là gần 7,4, hơi kiềm. Con người không thể sống được hơn vài phút nếu pH giảm xuống còn 7 hoặc tăng lên 7,8, và hệ thống hoá học chỉ tồn tại trong máu có độ pH được duy trì ổn định. Nếu bạn thêm 0,01 mol acid mạnh vào một lít nước tinh khiết thì pH giảm từ 7,0 xuống 2,0. Tuy vậy, nếu cùng lượng acid đó được thêm vào một lít máu thì pH chỉ giảm từ 7,4 xuống 7,3. Tại sao việc thêm acid lại ít ảnh hưởng đến pH của máu so với pH của nước? Sự có mặt của các chất được gọi là dung dịch đệm cho phép giữ độ pH trong các chất lỏng sinh học tương đối ổn định dù có thêm acid hay base. **Dung dịch đệm** là các chất làm giảm thiểu sự biến đổi nồng độ H^+ và OH^- trong dung dịch. Chúng làm điều đó bằng cách nhận các ion hydrogen từ dung dịch khi dung dịch thừa các ion hydrogen và cho thêm ion hydrogen vào khi dung dịch thiếu. Hầu hết các dung dịch đệm có chứa acid yếu và base tương ứng của nó, chúng sẽ liên kết thuận nghịch với các ion hydrogen. Có một số dung dịch đệm đóng góp cho sự ổn định độ pH của máu người và nhiều dung dịch sinh học khác. Một trong số đó là acid carbonic (H_2CO_3), loại acid được tạo thành khi CO_2 phản ứng với nước trong huyết tương. Như đã đề cập trước đây,

acid carbonic phân ly sinh ra ion bicarbonate (HCO_3^-) và ion hydrogen (H^+):



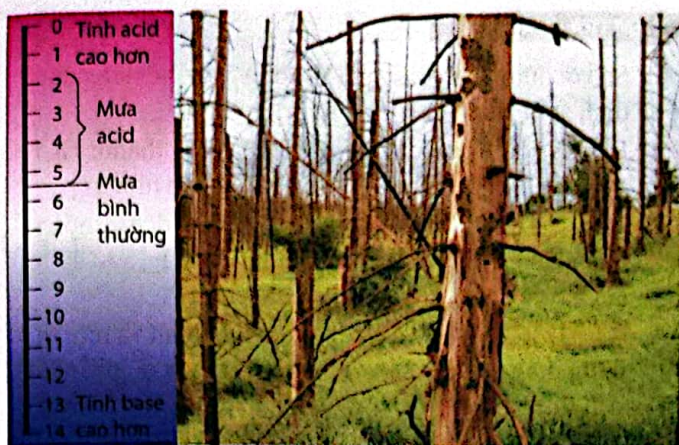
Trạng thái cân bằng hoá học giữa acid carbonic và bicarbonate hoạt động như chất điều hoà độ pH; phản ứng theo hướng sang phải hoặc sang trái khi các chất khác trong dung dịch bổ sung thêm hoặc lấy đi các ion hydrogen. Nếu nồng độ H^+ trong máu bắt đầu giảm (nghĩa là, nếu pH tăng) thì phản ứng diễn ra theo hướng sang phải, và có nhiều acid carbonic phân ly hơn, bổ sung thêm ion hydrogen. Nhưng khi nồng độ H^+ trong máu bắt đầu tăng (khi pH giảm) thì phản ứng diễn ra theo hướng sang trái, và HCO_3^- (base) lấy đi các ion hydrogen từ dung dịch và tạo ra H_2CO_3 . Như vậy, hệ dung dịch đệm acid carbonic - bicarbonate gồm một acid và một base ở trạng thái cân bằng với nhau. Hầu hết các dung dịch đệm khác cũng là các cặp acid-base.

Những nguy cơ đe dọa chất lượng nước trên Trái Đất

Xét sự phụ thuộc của toàn bộ sự sống trên Trái Đất vào nước thì sự ô nhiễm các sông, hồ, biển và ô nhiễm mưa là vấn đề môi trường khốc liệt. Nhiều nguy cơ đe dọa chất lượng nước là do các hoạt động của con người. Ví dụ, hãy xét việc đốt các nhiên liệu hoá thạch (than đá, dầu mỏ và khí đốt). Cách làm như vậy đã ngày càng gia tăng kể từ sau cuộc Cách mạng Công nghiệp vào những năm 1800, giải phóng các hợp chất khí vào khí quyển, kể cả một lượng khổng lồ khí CO_2 . Các phản ứng hoá học của các hợp chất đó với nước làm thay đổi sự cân bằng tinh tế các điều kiện cho sự sống trên Trái Đất do nó tác động đến pH của nước và nhiệt độ.

Việc đốt các nhiên liệu hoá thạch là nguồn chính tạo ra oxide lưu huỳnh và oxide nitrogen. Các chất đó phản ứng với nước trong không khí tạo nên các acid mạnh, rơi xuống Trái Đất cùng với mưa và tuyết. **Mưa acid** gồm mưa, tuyết hoặc sương mù có pH thấp hơn pH 5,2 (có tính acid cao). (Nước mưa không bị ô nhiễm có pH khoảng 5,6, hơi acid do sự hình thành acid carbonic từ carbon dioxide và nước). Các nhà máy điện đốt than đá tạo thêm nhiều các oxide đó hơn bất kỳ một nguồn nào khác. Gió mang các chất ô nhiễm đi khắp nơi và mưa acid có thể xảy ra cách các trung tâm công nghiệp hàng trăm km. Ở những điểm nhất định tại Pennsylvania và New York, pH của nước mưa vào tháng 12 năm 2001 trung bình là 4,3, có tính acid hơn khoảng 20 lần so với nước mưa bình thường. Mưa acid xảy ra ở nhiều vùng, bao gồm Nam Canada, dãy núi Cascade của Tây Bắc Thái Bình Dương và một số vùng của châu Âu và châu Á (**Hình 3.10**).

Mưa acid có thể huỷ hoại sự sống trong các hồ và sông suối. Ngoài ra, mưa acid trên đất còn tác động nghiêm trọng đến hoá học đất và gây thiệt hại đến một



▲ **Hình 3.10** Mưa acid và tác động của nó đến rừng. Người ta cho rằng, mưa acid giết chết cây cối trong nhiều khu rừng, kể cả khu rừng của Cộng hoà Czech trên hình này.

số khu rừng Bắc Mỹ và châu Âu (xem Hình 3.10). Tuy nhiên, những nghiên cứu cho thấy rằng, gần đây phần lớn các khu rừng Bắc Mỹ cơ bản không còn bị mưa acid nữa, chủ yếu là nhờ sự bổ sung vào Điều luật Không khí Sạch năm 1990.

Carbon dioxide, sản phẩm chính của sự đốt nhiên liệu hoá thạch, còn gây ra những vấn đề khác. Lượng thải nó vào khí quyển tăng đều đặn và được kỳ vọng tăng gấp đôi vào năm 2065 so với năm 1880. Khoảng một nửa lượng CO_2 nằm lại trong không khí, hoạt động như tấm chăn phản xạ phủ hành tinh, ngăn cản nhiệt toả vào vũ trụ. “Hiệu ứng nhà kính” đó và các vấn đề liên quan với nó sẽ được thảo luận ở Chương 55. Một phần CO_2 sẽ được cây xanh và các sinh vật khác lấy đi trong quá trình quang hợp, quá trình đã được nhắc đến ở Chương 2. Phần còn lại - khoảng 30% hoặc hơn - được các đại dương hấp thụ. Dù thể tích nước ở các đại dương lớn, nhưng các nhà khoa học vẫn lo lắng rằng, sự hấp thụ quá nhiều CO_2 sẽ gây hại cho sự sống và các hệ sinh thái biển.

Khí CO_2 hoà tan vào nước biển, nó phản ứng với nước (H_2O) tạo acid carbonic (H_2CO_3). Các acid carbonic lại phân ly tạo photon và cân bằng 2 ion là bicarbonate (HCO_3^-) và carbonate (CO_3^{2-}). Vì nước biển bị acid hoá do thừa proton, sự cân bằng sẽ dịch về hướng HCO_3^- , làm giảm nồng độ CO_3^{2-} . Nhiều nghiên cứu cho thấy rằng, sự vôi hoá, sự tạo ra calcium carbonate (CaCO_3) bởi san hô và các sinh vật khác, bị tác động trực tiếp bởi nồng độ CO_3^{2-} . Vì thế, bất kỳ sự giảm CO_3^{2-} nào cũng là mối quan tâm lớn vì sự vôi hoá giải thích cho sự hình thành các rạn san hô ở các biển nhiệt đới của chúng ta. Những hệ sinh thái nhạy cảm đó như những thiên đường cho rất nhiều sinh vật.

Có lẽ một trong số những nghiên cứu nổi tiếng và dài hơi nhất về sự vôi hoá rạn san hô là nghiên cứu được thực hiện bởi các nhà khoa học tại trung tâm nghiên cứu hệ sinh thái ở Arizona có tên là Biosphere-2. Trung tâm này có hệ sinh thái rạn san hô nhân tạo, trong đó nhiệt độ và hoá học của nước biển được kiểm soát và điều chỉnh. Chris Langdon và các cộng sự sử dụng hệ thống này để kiểm tra tác động của nồng độ CO_3^{2-} biến đổi lên tốc độ vôi hoá rạn san hô (Hình 3.11). Cùng với các kết luận

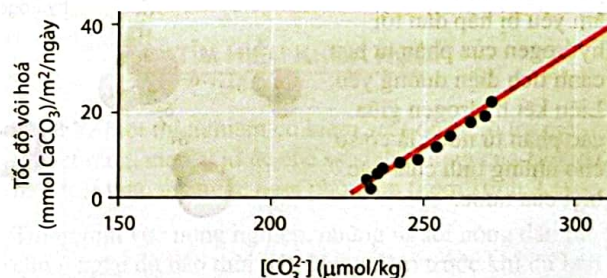
▼ Hình 3.11 Tìm hiểu

Nồng độ ion carbonate tác động như thế nào đến sự vôi hoá các rạn san hô

THÍ NGHIỆM Chris Langdon và các cộng sự tại Trường Đại học Tổng hợp Columbia muốn tìm hiểu sự tăng thải khí CO_2 do đốt nhiên liệu hoá thạch và hậu quả giảm nồng độ CO_3^{2-} ở biển tác động đến các rạn san hô như thế nào. Họ lợi dụng ưu thế của hệ thống rạn san hô nhân tạo tại Biosphere-2. Chiếc bể 2.650 m^3 này giống như một quần xã rạn san hô tự nhiên. Trong bốn năm, các nhà nghiên cứu đã thay đổi một cách có kiểm soát nồng độ carbonate trong nước biển và đo tốc độ vôi hoá của các sinh vật của rạn san hô.



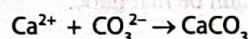
KẾT QUẢ Tốc độ vôi hoá thấp ở nồng độ ion carbonate thấp ($[\text{CO}_3^{2-}]$).



KẾT LUẬN Các rạn san hô có thể bị nguy hiểm do nồng độ $[\text{CO}_3^{2-}]$ giảm. Các nghiên cứu khác tiên đoán sự thải CO_2 sẽ tăng gấp đôi từ năm 1880 đến 2065 và hậu quả là tăng nồng độ ion carbonate. Kết hợp các tiên đoán đó với các kết quả của nghiên cứu này, các tác giả cho rằng, vào năm 2065 tốc độ vôi hoá các rạn san hô có thể giảm 40% so với mức độ trước cách mạng công nghiệp.

NGUỒN C. Langdon et al. Effect of calcium carbonate saturation state on the calcification rate of an experimental coral reef. *Global Biogeochemical Cycles* 14: 639-654 (2000).

ĐIỀU GÌ NẾU? Số liệu trên là số liệu đối với nồng độ calcium (Ca^{2+}) cụ thể. Có một loạt thí nghiệm bao gồm các đo đạc ở hai nồng độ calcium cao hơn. Giả sử rằng phản ứng dưới đây thể hiện sự vôi hoá, hãy phán đoán nồng độ $[\text{Ca}^{2+}]$ tác động như thế nào đến kết quả và giải thích tại sao.



từ những nghiên cứu khác, các kết quả của họ đã đưa họ đến tiên đoán rằng, mức thải khí CO_2 tăng gấp đôi theo dự đoán vào năm 2065 sẽ làm giảm mức độ vôi hoá các rạn san hô xuống 40%. Mặc dù các nhà khoa học có thể không đồng ý với tỷ lệ đó, nhưng hầu hết đều đồng ý rằng, nghiên cứu đó và các nghiên cứu khác đã làm cho chúng ta phải quan tâm lo lắng.

Nếu vẫn còn lý do để lạc quan về chất lượng nước trên hành tinh chúng ta trong tương lai thì đó là, chúng ta đã có những tiến bộ trong việc tìm hiểu về sự cân bằng hoá học tinh tế trong nước đại dương và các khối nước khác. Những tiến bộ tiếp tục chỉ có thể có từ hành động của người dân, những người lo lắng về chất lượng môi trường. Điều đó đòi hỏi sự hiểu biết về vai trò sống còn của nước đối với tính thích hợp của môi trường cho sự sống được tiếp tục trên Trái Đất.

KIỂM TRA KHÁI NIỆM

3.3

1. So với dung dịch base pH 9, cùng một thể tích dung dịch acid pH 4 có số ion hydrogen gấp ___ lần.
2. HCl là acid mạnh, phân ly trong nước thành: $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$. pH của 0,01 M HCl là bao nhiêu?
3. Acid acetic (CH_3COOH) có thể làm đệm, giống như acid carbonic. Viết phản ứng phân ly, xác định acid, base, chất nhận H^+ và chất cho H^+ .
4. **ĐIỀU GÌ NẾU?** Cho một lít nước tinh khiết và một lít dung dịch acid acetic; điều gì xảy ra với độ pH nếu bạn thêm 0,01 mol acid mạnh vào mỗi loại? Dùng phương trình hoá học để giải thích kết quả.

Câu trả lời có trong Phụ lục A.

Ôn tập chương

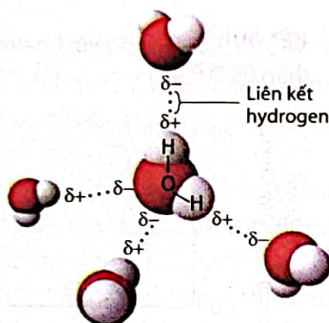
3

TÓM TẮT CÁC KHÁI NIỆM THEN CHỐT

KHÁI NIỆM 3.1

Tính phân cực của các phân tử nước tạo liên kết hydrogen (tr. 46-47)

- ▶ Liên kết hydrogen hình thành khi oxygen của một phân tử nước tích điện âm yếu bị hấp dẫn tới hydrogen của phân tử bên cạnh tích điện dương yếu. Liên kết hydrogen giữa các phân tử nước là cơ sở cho những tính chất đặc biệt của nước.



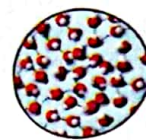
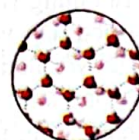
KHÁI NIỆM 3.2

Bốn tính chất nổi trội của nước góp phần làm cho Trái Đất thích hợp cho sự sống (tr. 47-52)

- ▶ **Sự kết dính** Liên kết hydrogen giữ cho các phân tử nước nằm gần nhau, và sự kết dính đó giúp kéo nước đi lên trong các tế bào dẫn nước của thực vật. Liên kết hydrogen cũng tạo nên sức căng bề mặt của nước.
- ▶ **Điều tiết nhiệt độ** Nước có tỷ nhiệt cao: Nhiệt được hấp thụ khi các liên kết hydrogen đứt gãy và được giải phóng ra khi các liên kết hydrogen hình thành. Điều đó giúp giữ cho nhiệt độ tương đối ổn định trong giới hạn cho phép sự sống tồn tại.

Sự lạnh đi do bay hơi là do nhiệt lượng bay hơi cao của nước. Sự mất đi những phân tử nước hoạt động mạnh nhất do bay hơi làm lạnh bề mặt nước.

- ▶ **Sự cách nhiệt các khối nước do lớp băng nổi** Băng nổi vì nó ít đậm đặc hơn so với nước lỏng; điều đó cho phép sự sống tồn tại dưới lớp bề mặt bị đóng băng của hồ ao và các biển cực.



Băng: liên kết hydrogen ổn định
Nước lỏng: liên kết hydrogen nhất thời

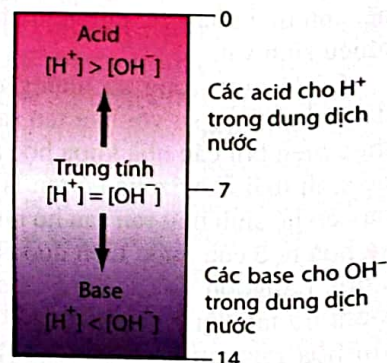
- ▶ **Dung môi của sự sống** Nước là dung môi linh hoạt khác thường vì các phân tử phân cực của nó bị hấp dẫn do tích điện và các chất phân cực có khả năng tạo liên kết hydrogen. Các chất ưa nước có ái lực với nước; các chất kỵ nước thì không. Độ mol - số mol chất tan trên lít của dung dịch - được sử dụng để đo lường nồng độ chất tan trong dung dịch. Mol là số lượng xác định số phân tử của một chất. Khối lượng mol của chất tính bằng gram cũng bằng khối lượng phân tử tính bằng dalton.

KHÁI NIỆM 3.3

Những điều kiện acid và base tác động đến các cơ thể sống (tr. 52-56)

- ▶ Phân tử nước có thể truyền H^+ đến phân tử nước khác tạo H_3O^+ (biểu diễn đơn giản là H^+) và OH^- .

- ▶ **Tác động của sự thay đổi pH** Nồng độ H^+ được biểu diễn bằng pH, với $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$. Dung dịch đệm trong các chất lỏng sinh học chống lại sự thay đổi pH. Đệm gồm một cặp acid-base kết hợp thuận nghịch với các ion hydrogen.



► Những nguy cơ đe dọa chất lượng nước trên Trái Đất

Sự đốt cháy các nhiên liệu hoá thạch thải oxide (dẫn đến mưa acid) và làm tăng lượng CO_2 . Một số CO_2 hoà tan vào nước biển, làm giảm độ pH và có tiềm năng tác động đến tốc độ vôi hoá của các rạn san hô.

KIỂM TRA KIẾN THỨC CỦA BẠN

TỰ KIỂM TRA

- Nhiều loài động vật có vú kiểm soát nhiệt độ cơ thể bằng cách tiết mồ hôi. Tính chất nào của nước chịu trách nhiệm trực tiếp nhất cho khả năng tiết mồ hôi để làm giảm nhiệt độ cơ thể?
 - sự thay đổi mật độ nước khi ngưng tụ
 - khả năng hoà tan các phân tử nước vào không khí
 - giải phóng nhiệt do hình thành liên kết hydrogen
 - hấp thụ nhiệt do phá vỡ các liên kết hydrogen
 - sức căng bề mặt cao của nước
- Một miếng pizza có 500 kcal. Nếu bạn có thể đốt cháy miếng pizza đó và dùng tất cả lượng nhiệt đó để đun bình 50-L chứa nước lạnh thì nhiệt độ nước có thể tăng khoảng bao nhiêu?
 - 50°C
 - 5°C
 - 10°C
 - 100°C
 - 1°C
- Liên kết bị phá vỡ khi nước bay hơi là
 - liên kết ion.
 - liên kết hydrogen giữa các phân tử nước.
 - liên kết cộng hoá trị giữa các nguyên tử trong các phân tử nước.
 - liên kết cộng hoá trị phân cực.
 - liên kết cộng hoá trị không phân cực.
- Vật liệu nào dưới đây kỵ nước?
 - giấy
 - muối ăn
 - sáp ong
 - đường
 - mỹ sợi
- Chúng ta có thể tin chắc rằng, một mol đường và một mol vitamin C có
 - khối lượng tính bằng dalton bằng nhau.
 - khối lượng tính bằng gram bằng nhau.
 - số lượng phân tử bằng nhau.
 - số nguyên tử bằng nhau.
 - thể tích bằng nhau.
- Bạn phải lấy bao nhiêu gram acid acetic ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) để pha 10 L dung dịch 0,1 M acid acetic?
(Chú ý: Khối lượng nguyên tử tính bằng dalton là: carbon: 12; hydrogen: 1 và oxygen: 16)
 - 10,0 g
 - 0,1 g
 - 6,0 g
 - 60,0 g
 - 0,6 g
- Một hồ nước có pH 4,0. Nồng độ ion hydrogen của hồ đó là bao nhiêu?
 - 4,0 M
 - 10^{-10} M
 - 10^{-4} M
 - 10^4 M
 - 4%

8. Nồng độ ion hydroxide ở hồ nước ở câu hỏi 7 là bao nhiêu?

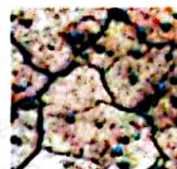
a. 10^{-7} M
b. 10^{-4} M
c. 10^{-10} M
d. 10^{-14} M
e. 10 M

9. **HÃY VẼ** Dùng mô hình không gian vẽ ba phân tử nước và đánh dấu các nguyên tử. Kẻ các đường liên thể hiện các liên kết cộng hoá trị và các đường chấm thể hiện các liên kết hydrogen. Bổ sung các ký hiệu tích điện từng phần tương ứng.

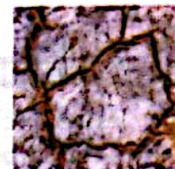
Câu trả lời có trong phụ lục A.

LIÊN HỆ VỚI TIẾN HOÁ

10. Bề mặt sao Hoả có nhiều đặc điểm cảnh quan giống như cảnh quan do nước chảy trên Trái Đất tạo nên, kể cả những con kênh uốn khúc và những vùng



Bề mặt sao Hoả



Bề mặt Trái Đất

nước rửa trôi. Năm 2004, hình ảnh Meridiani Planum trên sao Hoả do NASA's *Opportunity* rover chụp cho phép giả thiết rằng, nước đã từng tồn tại trên bề mặt nó. Ví dụ, hình bên trái cho thấy cấu trúc nhiều góc cạnh của đá. Kiểu cấu trúc tương tự cũng thấy ở đá trên Trái Đất (hình bên phải) tương ứng với sự có mặt của nước vào giai đoạn sớm. Băng cũng tồn tại ở các cực sao Hoả ngày nay, nên một số nhà khoa học hy vọng có nhiều khả năng có nhiều nước bên dưới bề mặt sao Hoả. Tại sao người ta lại quan tâm nhiều đến sự có mặt của nước trên sao Hoả như vậy? Có phải sự có mặt của nước cho thấy sự sống xuất hiện từ đó? Những yếu tố vật lý nào khác nữa có thể có ý nghĩa quan trọng?

TÌM HIỂU KHOA HỌC

- Thiết kế một thí nghiệm có kiểm soát để kiểm tra giả thuyết rằng, mưa acid ức chế sự sinh trưởng của *Elodea*, một loài thực vật nước ngọt phổ biến (xem Hình 2.19).
- Trong lĩnh vực nông nghiệp, những người nông dân rất chú ý nghe dự báo thời tiết. Ngay đêm trước khi dự báo có băng, những người nông dân tưới nước lên cây trồng để bảo vệ cây. Sử dụng các tính chất của nước để giải thích phương pháp đó. Cần giải thích rõ tại sao liên kết hydrogen là nguyên nhân của hiện tượng này.

KHOA HỌC, CÔNG NGHỆ VÀ XÃ HỘI

13. Nông nghiệp, công nghiệp và dân số các thành phố tăng cùng cạnh tranh nhau nước thông qua các mối ảnh hưởng chính trị. Nếu bạn là người quản lý nguồn nước ở các vùng khô hạn, bạn sẽ ưu tiên cấp nguồn nước hạn chế đó cho lĩnh vực nào? Bạn cần làm thế nào để có được sự nhất trí giữa những nhóm người có những mối quan tâm khác nhau đó?