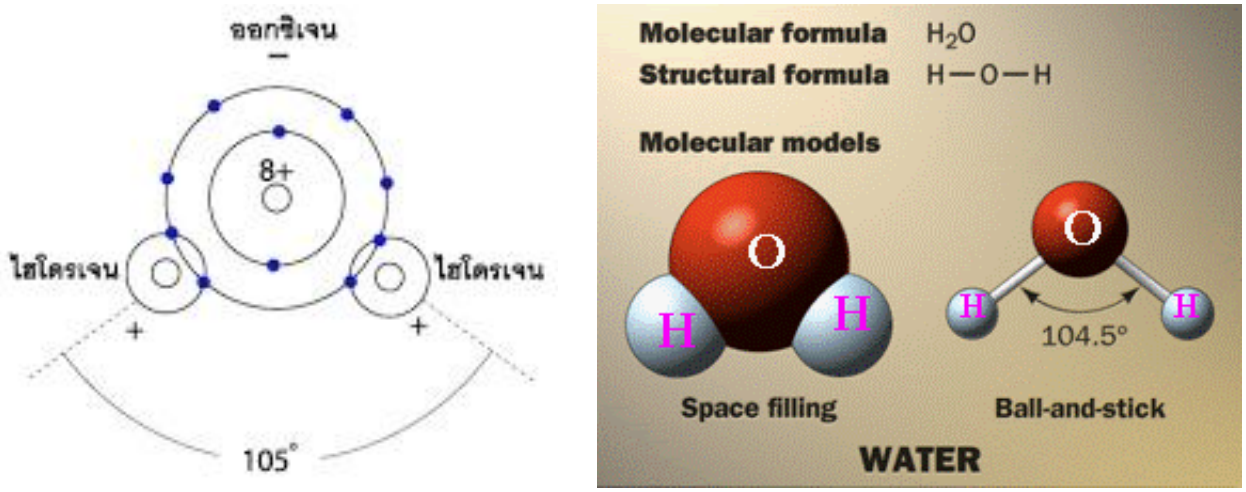
ใบความรู้ที่ 5 เรื่อง โครงสร้างโมเลกุลของน้ำ

- **สมบัติของน้ำ**

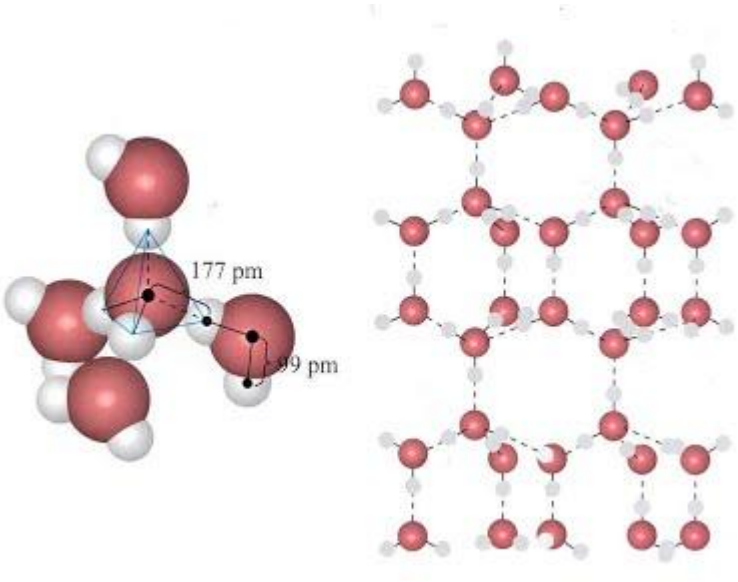
➢ โครงสร้างโมเลกุลของน้ำ

น้ำ 1 โมเลกุล (H_2O) ประกอบด้วย ไฮโดรเจน 2 อะตอม และออกซิเจน 1 อะตอมเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโควาเลนท์ (Covalent bonds) ซึ่งใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน โดยที่อะตอมทั้งสามตัวเชื่อมต่อกันเป็นมุม 105° โดยมีออกซิเจนเป็นขั้วลบ และไฮโดรเจนเป็นขั้วบวก ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โมเลกุลน้ำ

น้ำแต่ละโมเลกุลเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen-bonds) เรียงตัวต่อกันเป็นโครงสร้างจัตุรมุข (Tetrahedral) ดังภาพที่ 2 ทำให้น้ำต้องใช้ที่ว่างมากขึ้นเมื่อเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็ง ดังนั้นเมื่อน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งจะมีความหนาแน่นน้อยลง เมื่อเพิ่มความร้อนให้กับน้ำแข็งพันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย ทำให้น้ำแข็งละลายเป็นของเหลว และเมื่อโครงสร้างผลึกยุบตัวลงน้ำในสถานะของเหลวจึงใช้เนื้อที่น้อยกว่าของแข็ง นี่คือสาเหตุว่าทำไมน้ำแข็งจึงมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำ



ภาพที่ 2 พันธะไฮโดรเจนมีระยะห่าง 177 พิโคเมตร พันธะโควาเลนต์มีระยะห่าง 99 พิโคเมตร

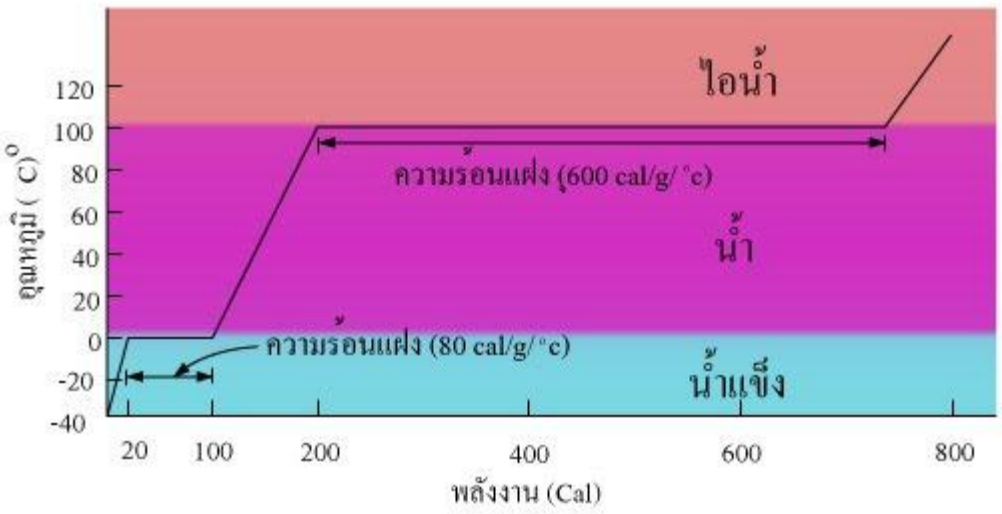
ที่มา: the full wiki

ตัวอย่างที่แสดงพันธะไฮโดรเจนที่เห็นได้ชัดคือ แรงตรึงผิวของน้ำ (Surface tension) เราจะเห็นว่า หยดน้ำบนพื้นหรือบนใบบัวมีรูปร่างเป็นทรงกลมคล้ายเลนส์นูน หรือเวลาที่เติมน้ำเต็มแก้ว ผิวน้ำจะพูนโค้งสูงเหนือปากแก้วเล็กน้อย หากปราศจากแรงตรึงผิวซึ่งเกิดจากพันธะไฮโดรเจนแล้ว ผิวน้ำจะเต็มเรียบเสมอปากแก้วพอดี แรงตรึงผิวเป็นคุณสมบัติพิเศษของน้ำ ซึ่งมีมากกว่าของเหลวชนิดอื่น ยกเว้นปรอท (Mercury) ซึ่งเป็นธาตุชนิดเดียวที่เป็นของเหลว แรงตรึงผิวทำให้น้ำเกาะรวมตัวกันและไหลซอนไซไปได้ทุกหนแห่ง แม้แต่รูโหว่และรอยแตกของหิน ด้วยเหตุนี้น้ำจึงเป็นตัวปฏิวัติรูปโฉมของพื้นผิวโลก

การเปลี่ยนสถานะของน้ำ

ภายใต้ความกดอากาศ ณ ระดับน้ำทะเลปานกลาง น้ำมีสถานะเป็นของเหลว น้ำเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส (ไอน้ำ) เมื่อมีอุณหภูมิสูงถึงจุดเดือด (Boiling point) ที่อุณหภูมิ 100°C และเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง เมื่ออุณหภูมิลดต่ำถึงจุดเยือกแข็ง (Freezing point) ที่อุณหภูมิ 0°C การเปลี่ยนสถานะของน้ำมีการดูดกลืนหรือการคายความร้อน โดยที่ไม่ทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เรียกว่า ความร้อนแฝง (Latent heat) ความร้อนแฝงมีหน่วยเป็น แคลอรี (Calorie)

1 แคลอรี คือปริมาณความร้อนซึ่งทำให้น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1°C (ดังนั้นหากเราเพิ่มความร้อน 10 แคลอรีให้กับน้ำ 1 กรัม น้ำจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น 10°C)



ภาพที่ 3 พลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของน้ำ

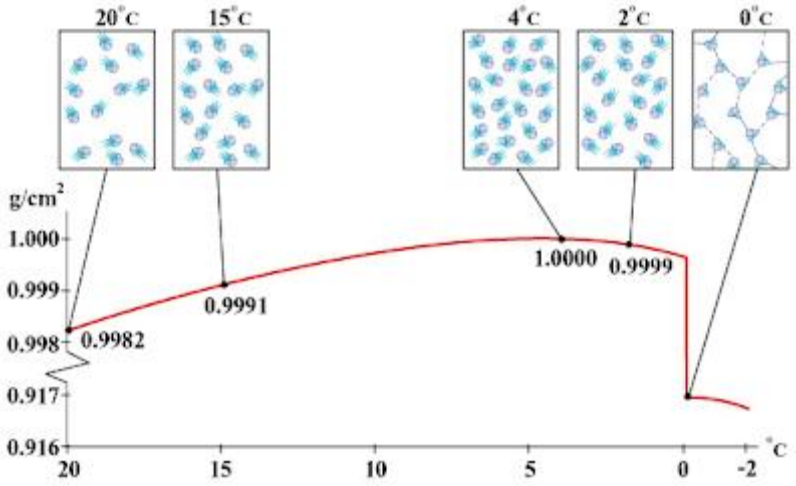
ก่อนที่น้ำแข็งละลาย น้ำแข็งต้องการความร้อนแฝง 80 แคลอรี/กรัม เพื่อทำให้น้ำ 1 กรัม เปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว น้ำแข็งดูดกลืนความร้อนนี้ไว้โดยยังคงรักษาอุณหภูมิ 0°C คงที่ไม่เปลี่ยนแปลงจนกว่าน้ำแข็งจะละลายหมดก้อน ความร้อนที่ถูกดูดกลืนเข้าไปจะทำลายพันธะไฮโดรเจนในโครงสร้างผลึกน้ำแข็ง ทำให้น้ำแข็งเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ในทางกลับกันเมื่อน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งก็จะคายความร้อนแฝงออกมา 80 แคลอรี/กรัม

เมื่อน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำ น้ำต้องการความร้อนแฝง 600 แคลอรี เพื่อที่จะเปลี่ยน น้ำ 1 กรัม ให้กลายเป็นไอน้ำ ในทำนองกลับกันเมื่อไอน้ำควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำ น้ำจะคายความร้อนแฝงออกมา 600 แคลอรี/กรัม ทำให้เรารู้สึกร้อนก่อนที่จะเกิดฝนตก

การเปลี่ยนสถานะของน้ำทำให้น้ำมีสมบัติในการพาความร้อน (Convection) ดังนั้นเมื่อน้ำเคลื่อนที่ไปตามพื้นผิวโลกในมหาสมุทร หรือในอากาศ ก็จะพาพลังงานความร้อนไปด้วย ทำให้อุณหภูมิของพื้นผิวโลกในเวลากลางวันและกลางคืนไม่แตกต่างกันมากนัก โลกจึงมีภาวะที่เอื้ออำนวยต่อสิ่งมีชีวิต

ความหนาแน่นของน้ำ

ภายใต้ความกดอากาศ ณ ระดับน้ำทะเลปานกลาง น้ำจะเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งเมื่อมีอุณหภูมิ 0°C เมื่อพิจารณากราฟในภาพที่ 4 จะเห็นว่าน้ำมีความหนาแน่นสูงสุดที่อุณหภูมิ 4°C และมีสถานะเป็นของเหลว เมื่อน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิ 0°C น้ำจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 9 โดยเราจะเห็นได้ว่า เมื่อใส่น้ำเต็มแก้วแล้วนำไปแช่ห้องแข็ง น้ำแข็งจะล้นออกนอกแก้วหรือดันให้แก้วแตก ในทำนองเดียวกันเมื่อน้ำในซอกหินแข็งตัว มันจะขยายตัวจนทำให้หินแตกเกิดกระบวนการผุพังของหิน (Weathering) ซึ่งทำให้เกิดตะกอน



ภาพที่ 4 ความหนาแน่นของน้ำ ณ อุณหภูมิต่างๆ

น้ำ เป็นสิ่งมหัศจรรย์ของจักรวาล สสารทั่วไปมีความหนาแน่นมากขึ้นเมื่อเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง แต่น้ำมีความหนาแน่นน้อยลงเมื่อเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง ด้วยเหตุนี้น้ำแข็งจึงลอยอยู่บนน้ำ ถ้าหากน้ำแข็งมีความหนาแน่นกว่าน้ำ เมื่ออุณหภูมิของอากาศลดลง น้ำในมหาสมุทรแข็งตัวและจมตัวลงสู่ก้นมหาสมุทร ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณพื้นมหาสมุทรไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ดังนั้นการที่น้ำมีความหนาแน่นน้อยลงเมื่อเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งจึงเป็นผลดีที่เอื้ออำนวยต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก เมื่ออุณหภูมิของอากาศลดต่ำกว่าจุดน้ำแข็ง น้ำแข็งจะเกิดขึ้นบนผิวมหาสมุทร ทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันไม่ให้น้ำทะเลที่อยู่เบื้องล่างสูญเสียความร้อนจนกลายเป็นน้ำแข็งไปหมด สิ่งมีชีวิตจึงสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในท้องทะเลได้อย่างอบอุ่น

ความจุความร้อน

ท่านเคยสังเกตหรือไม่ว่า เวลาเล่นน้ำทะเลในตอนกลางวันจะรู้สึกเย็นสบาย แต่ถ้าเล่นน้ำทะเลในตอนกลางคืนจะรู้สึกอบอุ่น ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมีความจุความร้อน (Heat capacity) น้ำมีความร้อนจำเพาะ 4.184 จูล/กรัม/องศาเซลเซียส ซึ่งหมายถึงการที่จะทำให้น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1°C จะต้องใช้พลังงาน 4.184 จูล ถ้าต้องการให้น้ำจำนวน 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1°C จะต้องใช้พลังงาน 4,184 จูล ดังนั้นการที่จะทำให้อุณหภูมิของน้ำทะเลสูงขึ้นได้ จะต้องอาศัยพลังงานมหาศาลจากดวงอาทิตย์ นั่นจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ในตอนกลางวันอุณหภูมิของน้ำทะเลต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศ และหลักฐานของการคงอยู่ของความจุความร้อนของน้ำก็คือ ในตอนกลางคืนน้ำทะเลมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากการดูดกลืนพลังงานจากดวงอาทิตย์ในเวลากลางวัน ความจุความร้อนของน้ำทะเลทำให้สภาพภูมิอากาศของแต่ละภูมิภาคแตกต่างกัน พื้นที่ห่างไกลจากทะเล เช่น บริเวณใจกลางทวีป อุณหภูมิกลางวันกลางคืนแตกต่างกันมาก ส่วนพื้นที่ชายฝั่งและหมู่เกาะกลางมหาสมุทร มีอุณหภูมิกลางวันกลางคืนแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

ตัวทำละลาย

เมื่อเปรียบเทียบน้ำกับสารประกอบชนิดอื่นแล้ว น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุด โมเลกุลของน้ำยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยแรงอิเล็กโตรสแตติก (Electrostatic forces) นอกจากโมเลกุลของน้ำจะเชื่อมต่อกันเองแล้ว โมเลกุลของน้ำยังสามารถยึดเหนี่ยวกับโมเลกุลอื่นด้วย โมเลกุลของสารประกอบบางชนิดยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไอออน (Ionic bonds) โดยมีแรงอิ

เล็กโตรสแตติกระหว่างประจุบวกและประจุลบของอะตอมแต่ละตัว แรงอิเล็กโตรสแตติกของโมเลกุลเหล่านี้จะลดลงเหลือเพียง 1/80 เมื่อถูกรบกวนจากแรงอิเล็กโตรสแตติกของน้ำ น้ำจึงเป็นตัวทำละลายที่ดี เนื่องจากแรงอีเล็กโตรสแตกติกของโมเลกุลน้ำมีพลังมากกว่าแรงอิเล็กโตรสแตกติกของโมเลกุลอื่นเสมอ

ยกตัวอย่าง เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ประกอบด้วยโซเดียมประจุบวก (Na^+) เชื่อมต่อกับคลอรีนประจุลบ (Cl^-) ด้วยพันธะไอออน เมื่อใส่ผลึกเกลือลงในน้ำ แรงอีเล็กโตรสแตติกระหว่างโซเดียมกับคลอรีนจะลดลง 80 เท่า ทำให้ไฮโดรเจนประจุบวกของน้ำ (H^+) ยึดจับคลอรีนประจุลบของเกลือ (Cl^-) ของเกลือ และออกซิเจนประจุลบของน้ำ (O^-) ยึดจับโซเดียมประจุบวกของเกลือ (Na^+) ทำให้เกิดสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ในภาพที่ 5

ภาพที่ 5 การทำละลายของน้ำ

น้ำทะเลมีรสเค็ม เนื่องจากเป็นที่รวมของสารละลายชนิดต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นประจุโซเดียม (Na^+) และประจุคลอไรด์ (Cl^-) นอกจากน้ำเป็นตัวทำละลายของแข็งแล้ว น้ำยังเป็นตัวทำละลายแก๊สอีกด้วย น้ำฝนละลายแก๊สคาร์บอนได้ออกไซด์ในอากาศจึงมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน น้ำในแหล่งน้ำละลายออกซิเจนในฟองอากาศ ทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำหายใจได้ ประสิทธิภาพในการละลายแก๊สของน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ สัตว์น้ำหลายชนิดชอบน้ำเย็นมากกว่าน้ำอุ่น เนื่องจากน้ำเย็นสามารถละลายออกซิเจนได้ดีกว่าน้ำอุ่น ความเข้มข้นของแก๊สซึ่งละลายอยู่ในน้ำมีหน่วยวัดเป็น parts per billion (ppb) หรือ ต่อพันล้านส่วน เช่น ค่าออกซิเจนในน้ำ 5 ppb หมายถึง ในน้ำ 1 พันล้านส่วนมีแก๊สออกซิเจนละลายอยู่ 5 ส่วน

สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ

น้ำบริสุทธิ์ ใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่เหนี่ยวนำไฟฟ้า การนำไฟฟ้าของน้ำแสดงถึง การเจือปนของสารละลายในน้ำ การเหนี่ยวนำไฟฟ้าของน้ำมีหน่วยวัดเป็น ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (mS/cm) น้ำสะอาดมีค่าการนำไฟฟ้าประมาณ 5 – 30 mS/cm แต่น้ำที่ไม่บริสุทธิ์ เช่น น้ำที่ปล่อยออกจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่านี้

น้ำอ่อน – น้ำกระด้าง

น้ำอ่อน (Soft water) หมายถึง น้ำในสภาพปกติทั่วไป น้ำกระด้าง (Hard water) หมายถึง น้ำที่มีสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตหรือแคลไซต์ปนอยู่มาก น้ำกระด้างจึงมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน เมื่อเราใช้น้ำกระด้างอาบน้ำหรือล้างมือ น้ำจะทำให้สบู่ไม่เป็นฟอง และเช็ดคราบสบู่ออกจากตัวไม่เกลี้ยง น้ำกระด้างส่วนมากอยู่ในแหล่งน้ำบาดาลซึ่งมีหินพื้นเป็นหินปูน

ความเป็นกรด - เบส

กรด (Acid) หมายถึง สสารที่ปล่อยประจุไฮโดรเนียม (H_3O^+) ให้กับสารละลาย ตัวอย่างเช่น เมื่อผสมน้ำกับกรดเกลือจะเกิดประจุไฮโดรเนียมและประจุคลอไรด์ตามสูตร $H_2O + HCl \rightarrow (H_3O^+) + Cl^-$ ทำให้เกิดสารละลายที่เป็นกรด ได้แก่ กรดกำมะถัน (H_2SO_4) น้ำส้มสายชู (CH_3COOH)

เบส (Base) หมายถึง สสารที่ปล่อยประจุไฮดรอกไซด์ (OH^-) ให้กับสารละลาย ตัวอย่างเช่น เมื่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) แตกตัว จะให้ประจุไฮดรอกไซด์ตามสูตร $NaCL \rightarrow Na^+ + OH^-$ เมื่อโลหะไฮดรอกไซด์ละลายน้ำจะปล่อยประจุไฮดรอกไซด์ออกมาเรียกว่า "ด่าง" (Alkali) สสารที่เป็นเบส ได้แก่ ปูนซีเมนต์ (CaO) และ แอมโมเนีย (NH_3)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของ กรด และ ด่าง

กรด	*เบส*
รสเปรี้ยว	*รสขม*
เปลี่ยนกระดาษลิตมัสสีน้ำเงินเป็นสีแดง	*เปลี่ยนกระดาษแดงสีน้ำเงินเป็นสีน้ำเงิน*
ให้โปรตอนขณะที่ทำปฏิกิริยา	*รับโปรตอนขณะที่ทำปฏิกิริยา*
ทำปฏิกิริยากับโลหะ เกิดแก๊สไฮโดรเจน	*ทำให้เกิดไฮดรอกไซด์ และประจุของโลหะ ซึ่งไม่ละลายน้ำ*

ในการวัดความเป็น กรด – เบส ในสารละลาย เราใช้คำว่า pH เป็นตัวบ่งชี้ ตัว p ย่อมาจาคำว่า power ซึ่งมีความหมายในเชิงยกกำลัง ส่วน H หมายถึง ความเข้มของประจุไฮโดรเจน pH ซึ่งมีค่าเป็นตัวเลข 0 – 14 สารประกอบที่มีค่า pH 5 มีประจุไฮโดรเจนมากกว่าสารประกอบที่มีค่า pH 6 ถึง 10 เท่า

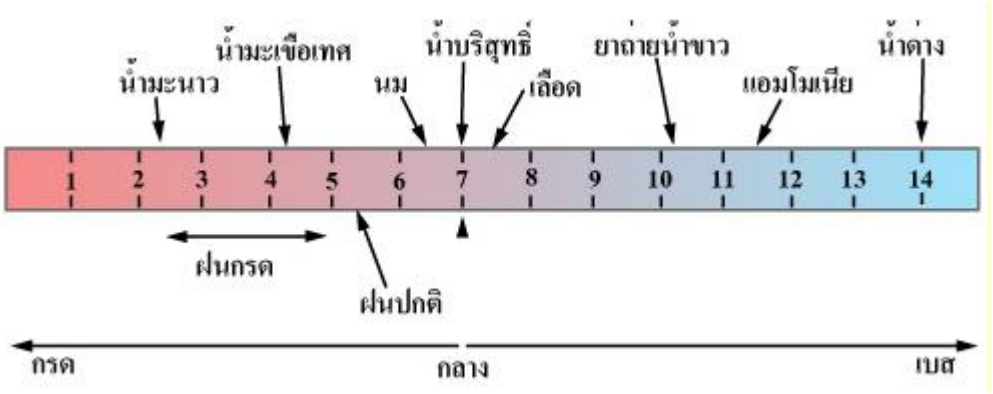
น้ำบริสุทธิ์มีค่าเป็นกลางอยู่ที่ pH 7 หมายถึง น้ำ 1 ลิตร ที่อุณหภูมิ 25°C มีประจุไฮโดรเจน และประจุไฮดรอกไซด์ อยู่จำนวนเท่ากันคือ 1×10^{-7} โมล

ค่า pH ต่ำ แสดงว่า สารประกอบมีความเป็นกรดสูง เช่น น้ำมะนาวมี pH 2.3

ค่า pH สูง แสดงว่า สารประกอบมีความเป็นเบสสูง เช่น น้ำยาทำความสะอาดพื้นมี pH 13

สิ่งมีชีวิตในน้ำส่วนมากอาศัยอยู่ในน้ำที่มีค่า pH 6.5 – 9 โดยปกติน้ำฝนตามธรรมชาติมีความเป็นกรดเล็กน้อย เนื่องจากการละลายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ แต่ทว่าในเขตอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยแก๊สเสียออกมา จะทำให้เกิดสภาวะฝนกรด น้ำฝนที่สะสมอยู่ในแหล่งน้ำทำให้ค่า pH ต่ำลง

เมื่อ pH ต่ำกว่า 5.5 ปลาจะตายหมด เมื่อ pH ต่ำกว่า 4 สิ่งมีชีวิตในน้ำจะไม่สามารถทนทานได้เลย การศึกษาความเป็นกรด – เบสของน้ำ จึงมีความสำคัญมากต่อการประมงและการเกษตร



ภาพที่ 6 pH ของสารประกอบชนิดต่างๆ