

## ก๊าซ ของเหลว ของแข็ง

### สถานะของสาร

สสารแบ่งออกตามสถานะได้ 3 สถานะ คือ ก๊าซ ของเหลว ของแข็ง ก๊าซ คือ สสารที่มีอนุภาคอยู่ห่างกันมาก มีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาทุกทิศทางอย่างไม่เป็นระเบียบ มีสมบัติฟุ้งกระจาย ในการกำหนดสถานะของก๊าซจะต้องระบุปริมาตร อุณหภูมิ และความดันเสมอ

### สมบัติของก๊าซ

ปริมาตรของก๊าซ เนื่องจากก๊าซมีสมบัติฟุ้งกระจายและเคลื่อนที่ตลอดเวลา ปริมาตรของก๊าซจึงมีค่าเท่ากับปริมาตรของภาชนะที่บรรจุก๊าซนั้น หน่วยของปริมาตรคือ ลิตรหรือลูกบาศก์เดซิเมตร มิลลิเมตรหรือลูกบาศก์เซนติเมตร และลูกบาศก์เมตร

อุณหภูมิของก๊าซ นิยมวัดเป็นองศาเซลเซียส ( $^{\circ}\text{C}$ ) องศาฟาเรนไฮต์ ( $^{\circ}\text{F}$ ) องศาโรเมอร์ ( $^{\circ}\text{R}$ ) และเคลวิน (K) หน่วยที่ใช้มากที่สุดในเรื่องการคำนวณของก๊าซ คือ เคลวิน (K) ซึ่งสัมพันธ์กับองศาเซลเซียส

คือ  $\text{K} = 273 + ^{\circ}\text{C}$  ค่าที่ละเอียดคือ 273.15

ความดันของก๊าซ หมายถึง แรงกระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกัน ในกรณีที่ก๊าซบรรจุอยู่ในภาชนะ ความดันของก๊าซเกิดจากการชนกันระหว่างโมเลกุลของก๊าซกับภาชนะ

หน่วยของความดัน คือ บรรยากาศ (atm) มิลลิเมตรของปรอท (mmHg) นิวตันต่อตารางเมตร ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดย  $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$

**STP** คือ อุณหภูมิและความดันมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0 องศาเซลเซียส หรือ 273.15 เคลวิน และ

1 บรรยากาศ หรือ 760 มิลลิเมตรของปรอท ในวิชาเคมีนิยมใช้บรรยากาศ (atm)

### การคำนวณเกี่ยวกับเรื่องก๊าซ

กฎของบอยล์ กล่าวว่า "ที่อุณหภูมิและมวลของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซใด ๆ จะแปรผกผันกับความดัน"

$$V \propto \frac{1}{P} \quad (\text{เมื่อ } T, m \text{ คงที่})$$

$$PV = k_1 \quad (\text{เมื่อ } k_1 \text{ คือค่าคงที่})$$

$$P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = \dots = P_nV_n = k$$

กฎของชาลส์ กล่าวว่า "เมื่อความดันของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ (เคลวิน)"

กฎของเกย์-ลูสแซก กล่าวว่า "ความดันของก๊าซใด ๆ จะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิ เมื่อปริมาตรของก๊าซคงที่"

$P \propto T$  (เมื่อ  $V$  และ  $m$  คงที่)

$$\frac{P}{T} = k \text{ (k คือค่าคงที่)}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3} = \dots = \frac{P_n}{T_n} = k$$

กฎรวมของก๊าซ : เมื่อนำกฎทั้ง 3 กฎมารวมกัน

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ (เมื่อ } T \text{ คงที่)}$$

$$V \propto T \text{ (เมื่อ } P \text{ คงที่)}$$

$$P \propto T \text{ (เมื่อ } V \text{ คงที่)}$$

$$\therefore V \propto \frac{T}{P}$$

$$\frac{PV}{T} = k \text{ (k คือค่าคงที่)}$$

$$\therefore \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = \frac{P_3V_3}{T_3} = \dots = \frac{P_nV_n}{T_n} \text{ เมื่อ } T \text{ เป็นอุณหภูมิเคลวิน (K)}$$

กฎของอาโวกาโดร กล่าวว่า "ภายใต้สภาวะที่อุณหภูมิและความดันคงที่ ก๊าซที่มีปริมาตรเท่ากันจะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน" หรืออาจกล่าวได้ว่า "ที่อุณหภูมิและความดันคงที่ ปริมาตรของก๊าซใด ๆ จะแปรผันโดยตรงกับจำนวนโมลของก๊าซนั้น ๆ "

$$V \propto n$$

เมื่อ  $V$  เป็นปริมาตร และ  $n$  เป็นจำนวนโมล

$$\text{จาก } V \propto \frac{T}{P}$$

$$\therefore V \propto \frac{nT}{P}$$

$$\frac{PV}{nT} = R$$

เมื่อ  $R$  เป็นค่าคงตัวของก๊าซ และ  $T$  เป็นอุณหภูมิเคลวิน

$$PV = nRT$$

$$P = \text{ความดัน atm}$$

$$R = 0.082 \text{ dm}^3 \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$V = \text{ปริมาตร dm}^3$$

$$n = \text{จำนวนโมล}$$

$$T = \text{อุณหภูมิ K}$$

กฎของดอลตัน เป็นกฎที่เกี่ยวกับก๊าซผสม ซึ่งกล่าวไว้ว่า "เมื่อมีก๊าซตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปผสมอยู่ในภาชนะเดียวกันโดยไม่ทำปฏิกิริยากัน ก๊าซแต่ละชนิดจะก่อให้เกิดความดันเสมือนหนึ่งว่าก๊าซนั้นบรรจุอยู่เต็มภาชนะแต่ลำพัง และความดันรวมจะมีค่าเท่ากับผลรวมของความดันของก๊าซทุกชนิดรวมกัน" เมื่อ  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$  คือความดันย่อย

## ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

1. โมเลกุลของก๊าซมีขนาดเล็กมาก มีปริมาตรเป็นศูนย์ โมเลกุลอยู่ห่างกันมากเพราะก๊าซถูกอัดตัวได้ง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับของเหลวและของแข็ง
2. แต่ละโมเลกุลเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ไม่มีแรงกระทำต่อกันเพราะโมเลกุลอยู่ห่างกันมาก
3. โมเลกุลของก๊าซเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยอัตราเร็วคงที่ เมื่อชนกันเองหรือชนผนังภาชนะจะเปลี่ยนทิศทางและเปลี่ยนอัตราเร็วด้วย แต่อัตราเร็วเฉลี่ยคงที่เมื่ออุณหภูมิคงที่
4. เมื่อโมเลกุลของก๊าซชนกับผนังภาชนะอาจมีการถ่ายเทพลังงานแต่ไม่สูญเสียพลังงานรวมแต่อย่างไร พลังงานจลน์เฉลี่ยจะคงที่ที่อุณหภูมิคงที่ และแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิเคลวิน

## ชนิดของก๊าซ

1. ก๊าซสมบูรณ์หรือก๊าซในอุดมคติหรือก๊าซสมมติ (ideal gas) คือ ก๊าซที่มีสมบัติครบถ้วนตามทฤษฎีจลน์ของก๊าซ เช่น ก๊าซเฉื่อยและก๊าซที่อยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูง ความดันต่ำ
2. ก๊าซไม่สมบูรณ์หรือก๊าซจริง (real gas) คือ ก๊าซที่ไม่ประพฤติตัวตามทฤษฎีจลน์ เช่น  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  เป็นต้น

## การแพร่ของก๊าซ

การแพร่ผ่าน (effusion) คือ กระบวนการที่ก๊าซเคลื่อนที่จากบริเวณหนึ่งผ่านรูที่เล็กมากออกสู่บริเวณอื่นโดยโมเลกุลไม่ชนกันเอง

การแพร่ (diffusion) คือ กระบวนการที่ก๊าซเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยมีการชนกันระหว่างโมเลกุลตลอดเวลา

กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม กล่าวว่า "อัตราการแพร่ผ่านของก๊าซ แปรผกผันกับรากที่สองของความหนาแน่น (d)"

$$R \propto \frac{1}{\sqrt{d}}$$

ถ้าเปรียบเทียบการแพร่ของก๊าซ 2 ชนิด คือ ชนิด A และ B ภายใต้สภาวะเดียวกัน

$$\frac{R_A}{R_B} = \sqrt{\frac{d_B}{d_A}}$$

จากสูตร

$$PV = nRT$$

$$PV = \frac{g}{M}RT$$

$$D = \frac{g}{V} = \frac{PM}{RT}$$

แทนค่า

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{\sqrt{PM_B / RT}}{\sqrt{PM_A / RT}} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$$

จาก

$$\sqrt{\frac{d_B}{d_A}} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$$

$$\frac{d_B}{d_A} = \frac{M_B}{M_A}$$

$$\therefore d \propto M$$

หรือความหนาแน่นของก๊าซจะแปรผันโดยตรงกับมวลโมเลกุลที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน

### สมบัติของของเหลว

การระเหย คือ กระบวนการกลายเป็นไอของของเหลวที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ โดยเกิดบริเวณผิวหน้าของของเหลวเท่านั้น การระเหยเกิดจากโมเลกุลของของเหลวมีพลังงานจลน์สูงจนกระทั่งเอาชนะแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของของเหลวได้ แล้วหลุดออกจากผิวหน้าของของเหลวกลายเป็นไอได้

ความดันไอ คือ ความดันของไอที่อยู่เหนือของเหลวจะเข้าสู่ภาวะสมดุลเมื่อ

1. ระบบปิด
2. อัตราการระเหยเท่ากับอัตราการควบแน่นเรียกว่า สมดุลไดนามิก
3. สมบัติของระบบคงที่ คือมีไอจำนวนคงที่

ความดันของไอของของเหลวขึ้นอยู่กับ

1. ชนิดของของเหลว ถ้าของเหลวมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลสูง (จุดเดือดจะสูง) จะกลายเป็นไอได้ยาก ความดันไอลด ในทางกลับกันของเหลวที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลต่ำจะมีความดันไอสูง
2. อุณหภูมิ ความดันไอจะแปรผันตามอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงจำนวนโมเลกุลที่มีพลังงานสูงจะเพิ่มขึ้น ทำให้ของเหลวกลายเป็นไอได้ง่าย ความดันไอสูง  
จุดเดือดของของเหลว คือ อุณหภูมิที่ความดันไอของของเหลวเท่ากับความดันบรรยากาศ (ความดันบรรยากาศ = 760 มิลลิเมตรปรอทหรือ 1 บรรยากาศ) หรือเรียกว่าจุดเดือดปกติ

### สมบัติของของแข็ง

ของแข็งมีรูปร่างที่แน่นอน มีความแข็งแรง เพราะอะตอมหรือโมเลกุลที่ประกอบขึ้นเป็นของแข็งอยู่ในตำแหน่งที่แน่นอนและชิดกันมาก มีรูปร่างลักษณะเฉพาะตัวเรียกว่า ผลึก

#### การเปลี่ยนสถานะของของแข็ง

ของแข็งจะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เรียกว่า การหลอมเหลว และเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซ เรียกว่า การระเหิด เช่น การกลายเป็นก๊าซของลูกเหม็น เป็นต้น

#### การจัดเรียงอนุภาคในของแข็ง

ของแข็งบางชนิดเป็นธาตุเดียวกัน มีสัญลักษณ์และสมบัติทางเคมีเหมือนกัน แต่สมบัติทางกายภาพต่างกัน เช่น จุดเดือด จุดหลอมเหลว ความหนาแน่น เป็นต้น ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า การเป็นอัญรูปและเรียกชื่อต่าง ๆ ของธาตุเดียวกันนี้ว่ารูปของธาตุ

สาเหตุที่ทำให้เกิดรูปต่าง ๆ กัน

1. จำนวนอะตอมในโมเลกุลไม่เท่ากัน เช่น ออกซิเจน ( $O_2$ ) กับโอโซน ( $O_3$ )

$O_2$  มี 2 อะตอม จับกันเป็นเส้นตรง  $O = O$

O<sub>3</sub> มี 3 อะตอม ทำมุมกัน 120 องศา

2. จำนวนอะตอมในโมเลกุลเท่ากัน แต่การเรียงตัวของโมเลกุลในผลึกไม่เหมือนกัน

กำมะถัน 1 โมเลกุลมี 8 อะตอม (S<sub>8</sub>) จะจัดเรียงอะตอมทั้ง 8 อะตอมเป็นรูปมงกุฎ โมเลกุลแต่ละโมเลกุลจะมีการเรียงตัวกันเป็นรูปผลึกต่าง ๆ กัน คือเป็นรูปมอนอคลินิก (รูปเข็ม) และรูปรอมบิก (รูปเหลี่ยม)

ฟอสฟอรัส 1 โมเลกุลมี 4 อะตอม (P<sub>4</sub>) มี 2 รูป คือ ฟอสฟอรัสขาวและแดง ฟอสฟอรัสทั้ง 4 อะตอม จะต่อกันเป็นรูปทรงเหลี่ยมสี่หน้า มีมุมระหว่างพันธะเป็น 109.5 องศาในฟอสฟอรัสขาว และต่อกันเป็นสายในฟอสฟอรัสแดง

3. การเรียงตัวของอะตอมในผลึกต่างกัน เช่น เพชรและแกรไฟต์ อะตอมของคาร์บอนในเพชรจะเรียงตัวกันเป็นผลึกในลักษณะ 3 มิติ ส่วนอะตอมของคาร์บอนในแกรไฟต์จะเรียงตัวกันเป็นแผ่นในระนาบเดียวกันแล้วแต่ละแผ่นเหล่านี้นำมาเรียงซ้อนกันอีกที

การจัดเรียงอะตอมหรือโมเลกุลต่างกันจะทำให้รูปร่างและสมบัติบางประการ เช่น จุดเดือด จุดหลอมเหลว และความหนาแน่นแตกต่างกันด้วย

สมบัติบางประการของรูปต่าง ๆ ของธาตุบางชนิด



ชื่อธาตุ	รูปร่างของธาตุ	ลักษณะภายนอก	จุดหลอมเหลว (°C)	จุดเดือด (°C)	ความหนาแน่น (g/cm <sup>3</sup> )	สภาพนำไฟฟ้า
คาร์บอน	แกรไฟต์	เป็นผงหรือแผ่นสีดำ	3,652	4,827	2.25	นำ
ฟอสฟอรัส	เพชร	ผลึกรูปเหลี่ยม	สูงกว่า 3,550	-	3.51	ไม่นำ
	ฟอสฟอรัสขาว	เป็นก้อนสีขาวหรือสีเหลือง	44	280	1.82	ไม่นำ
กำมะถัน	ฟอสฟอรัสแดง	เป็นผงสีแดง	590	-	2.34	ไม่นำ
	ฟอสฟอรัสดำ	เป็นเกล็ดสีดำ	610	-	2.699	นำ
	รอมบิก	ผลึกรูปเหลี่ยม	113	445	2.07	ไม่นำ
	มอนอคลินิก	สีเหลี่ยมผลึกรูปเข็มสีเหลือง	119	445	2.07	ไม่นำ

### เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับก๊าซ ของเหลว และของแข็ง

ตามปกติโมเลกุลของก๊าซจะอยู่ห่างกัน เมื่อลดอุณหภูมิลง โมเลกุลจะเคลื่อนที่ช้าลง และอุณหภูมิลดลงถึงจุดหนึ่ง โมเลกุลของก๊าซจะถูกดึงดูดด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์และแรงระหว่างขั้ว ทำให้โมเลกุลของก๊าซอยู่ชิดกันมากขึ้นจะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวที่ความดันปกติ ถ้าลดอุณหภูมิของก๊าซและเพิ่มความดัน ในขณะเดียวกันก๊าซจะกลายเป็นของเหลวได้ง่ายขึ้นเพราะความดันจะช่วยอัดให้โมเลกุลเข้ามาชิดกันมากขึ้น ดังนั้นเมื่อลดอุณหภูมิและเพิ่มความดันให้กับก๊าซ ก๊าซจะกลายเป็นของเหลว ถ้าลดอุณหภูมิและเพิ่มความดันต่อไปอีกจะกลายเป็นของแข็งได้

ก๊าซที่ถูกทำให้เป็นของแข็งหรือของเหลวจะมีจุดเดือดต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง ของเหลวและของแข็งเหล่านี้มีประโยชน์ในการใช้สารทำความเย็น เช่น แอมโมเนียเหลว (-33.3 องศาเซลเซียส) อากาศเหลว (-190 องศาเซลเซียส) และคาร์บอนไดออกไซด์แข็งหรือน้ำแข็งแห้ง (-78.5 องศาเซลเซียส)

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(	ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(	แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุ)ไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(	คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

