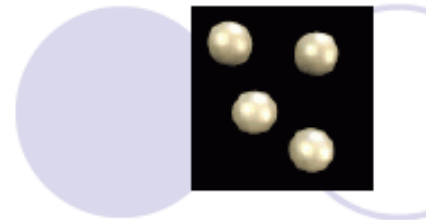




สมบัติของแก๊ส



สมบัติของแก๊ส



1. แก๊สไม่มีรูปร่างหรือปริมาตรที่แน่นอน
2. แก๊สฟุ้งกระจาย
3. ความหนาแน่นต่ำกว่าของเหลวและของแข็ง
4. สามารถถูกกดหรือถูกอัดได้
5. การเปลี่ยนอุณหภูมิและความดันของแก๊ส จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$V=V(T, P, n) \text{ equation of state}$$

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ปริมาตร อุณหภูมิ ความดัน และปริมาณของแก๊ส

1. ปริมาตร (V)

$$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ mL}$$

2. อุณหภูมิ (T) ที่นิยมใช้คือ °C, °F, K

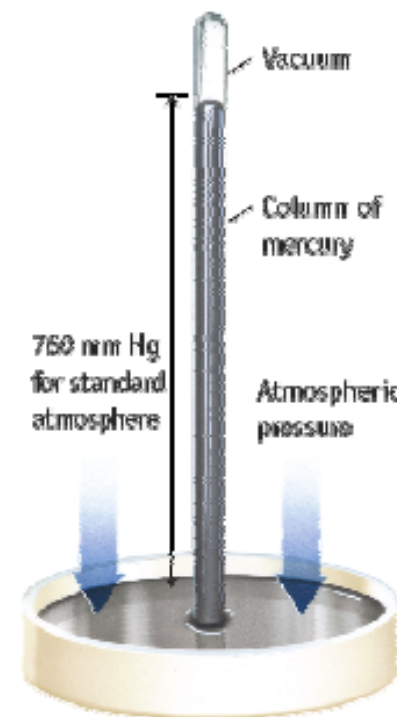
$$K = ^\circ\text{C} + 273.15, ^\circ\text{F} = 1.8^\circ\text{C} + 32$$

3. ความดัน (P) แรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ตั้งฉาก

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ Torr}$$

4. ปริมาณของแก๊ส จำนวนแก๊สที่มีอยู่ ซึ่งนิยามวัดเป็น โมล(n)

$$\text{mol} = \frac{g}{M_w} = \frac{V(\text{L or dm}^3)}{22.4 \text{ L}} = \frac{N}{6.02 \times 10^{23}}$$

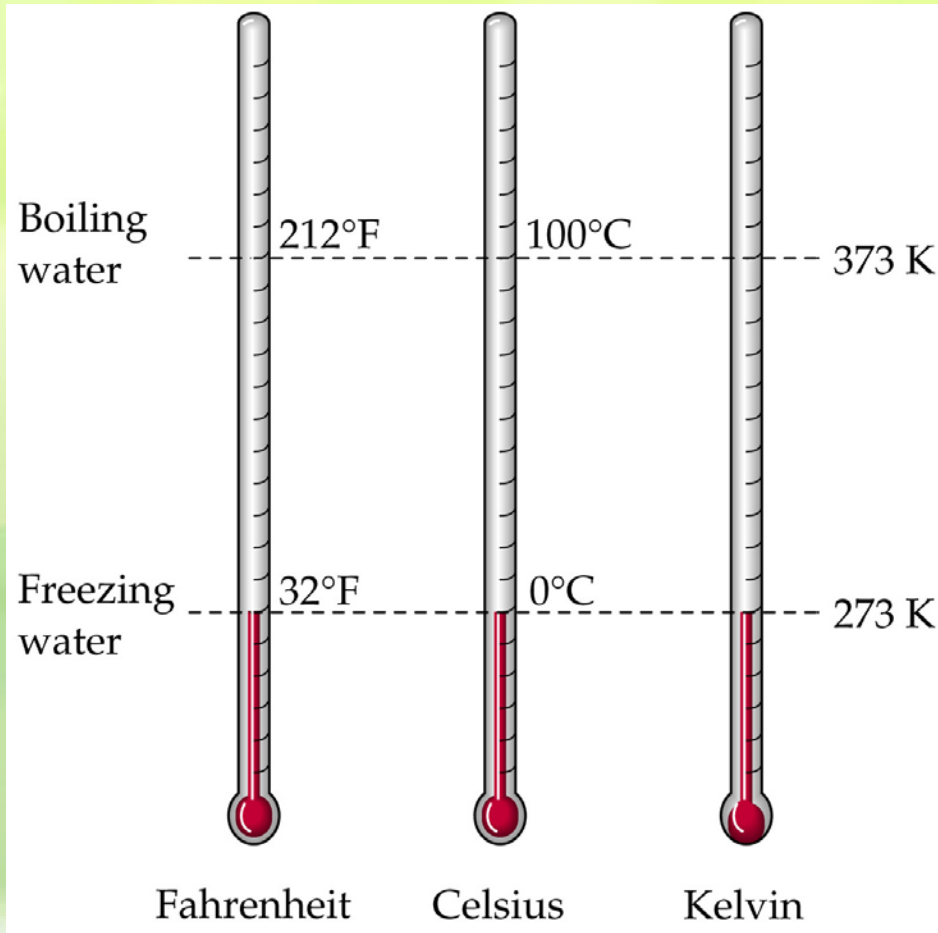


ปริมาตร (V)



เมื่อบรรจุก๊าซลงในภาชนะ โมเลกุลของก๊าซซึ่งมีการเคลื่อนที่อย่างอิสระจะกระจายทั่วทั้งภาชนะ ถ้ามีก๊าซผสมอยู่ในภาชนะเดียวกัน ถือว่าองค์ประกอบแต่ละชนิดมีปริมาตรเท่าภาชนะที่บรรจุนั้นด้วย **เมื่ออุณหภูมิและความดันเปลี่ยน ปริมาตรของก๊าซจะเปลี่ยน**

อุณหภูมิ (T)



$$^{\circ}\text{C} = 5/9(^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$^{\circ}\text{F} = 9/5(^{\circ}\text{C} + 32)$$

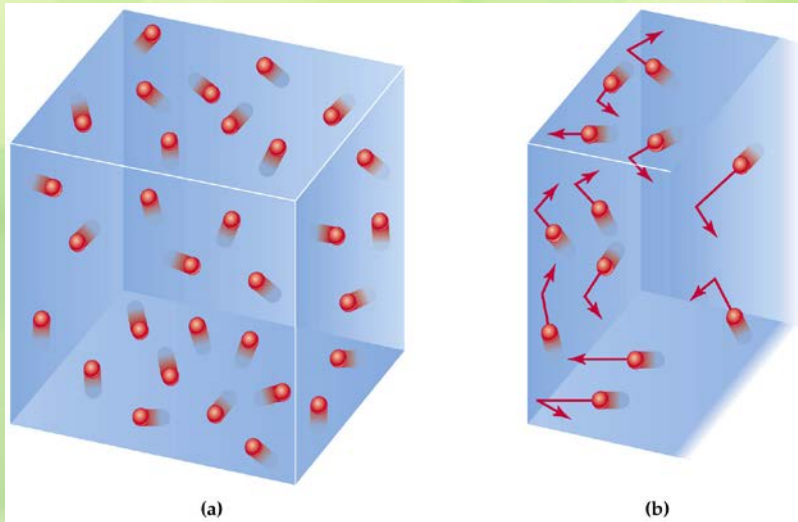
$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15$$

อุณหภูมิเคลวิน หรืออุณหภูมิ
สัมบูรณ์ เป็นหน่วยที่ใช้ในการ
คำนวณทางเคมี

ความดัน (P)

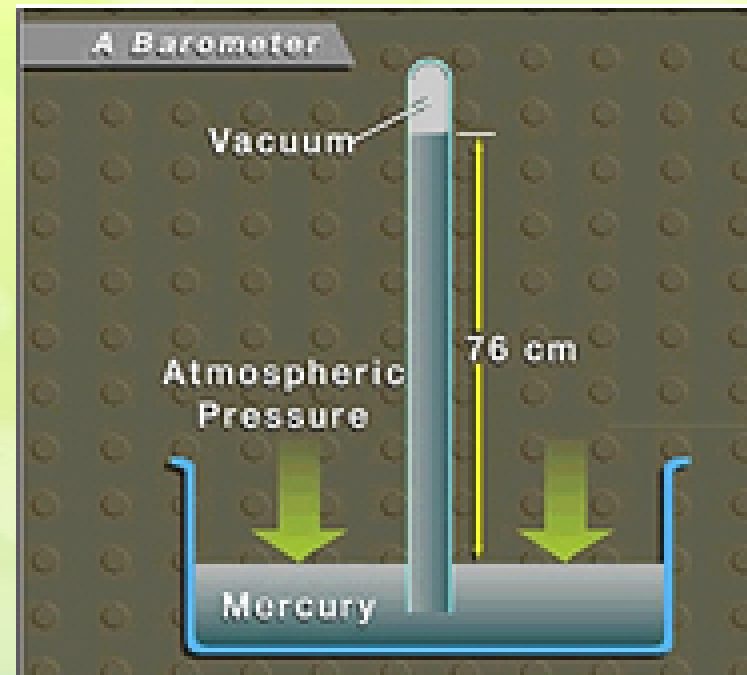
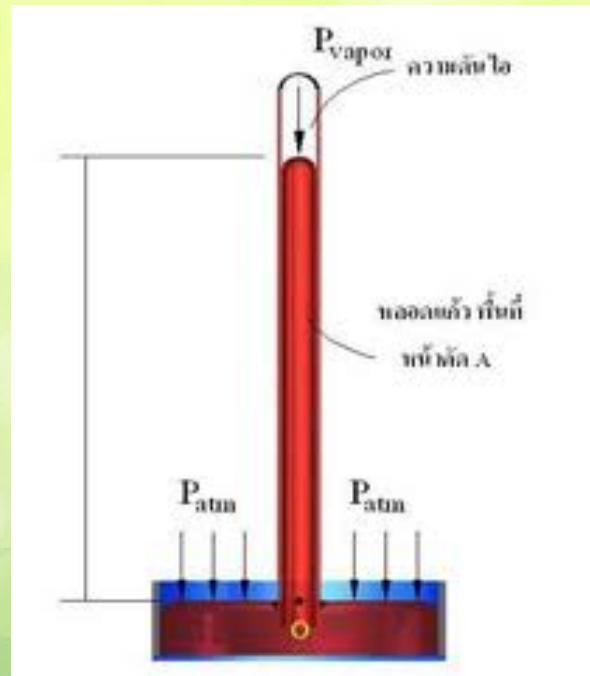
ความดัน คือ แรงที่กระทำต่อพื้นที่ตั้งฉาก

$$P = F/A$$



หน่วยที่ใช้วัดความดัน คือ บรรยากาศ,
มิลลิเมตรปรอท, นิวตันต่อตารางเมตร,
ไดน์ต่อตารางเซนติเมตร, ปอนด์ต่อ
ตารางนิ้ว, บาร์, ทอร์, ปาสคาล

ความดัน (P)



หน่วยความดันบรรยากาศ

- 1 atm = 760 mmHg = 760 torr
 - = 1.01325×10^5 Pa
 - = 101.325 kPa
 - = 1.01325×10^5 N/m²
 - = 1.01325×10^6 dyne cm⁻²

อุณหภูมิ และความดันมาตรฐาน (STP)

STP (Standard Temperature and Pressure)

- ปริมาตรของแก๊ส ขึ้นกับอุณหภูมิ และความดัน
- ที่สภาวะมาตรฐาน อุณหภูมิ **0 °C (273.15 K)** และ ความดัน **1 บรรยากาศ** (1 atm or 760 Torr or 760 mm.Hg)
- แก๊ส 1 โมล จะมีปริมาตร เท่ากับ **22.4 ลิตร** ที่ STP



หน่วยของความดัน

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ Nm}^{-2} = 1 \text{ kgm}^{-1}\text{s}^{-2}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mmHg} = 133.332 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ psi} = 6.894757 \text{ kPa}$$

ตัวอย่างแก๊ส H_2 6.72 dm^3 ที่ STP จงคำนวณหา ($H=1$)



1. จำนวนมวลของแก๊ส
2. จำนวนโมล
3. จำนวนโมเลกุล
4. จำนวนอะตอม

$$1\text{mol} = M_w = 22.4 \text{ L} = 6.02 \times 10^{23}$$

$$\text{mol} = \frac{g}{M_w} = \frac{V(\text{L or dm}^3)}{22.4 \text{ L}} = \frac{N}{6.02 \times 10^{23}}$$

ตัวอย่าง กำหนดแก๊ส H_2 6.72 dm^3 ที่ STP จงคำนวณหา

$$\text{mol} = \frac{g}{M_w} = \frac{V(\text{L or dm}^3)}{22.4 \text{ L}} = \frac{N}{6.02 \times 10^{23}}$$

1. มวลของแก๊ส (0.6 กรัม)

2. จำนวนโมล (0.3 โมล)

NOTE! $1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ L} = 1000 \text{ mL} = 1000 \text{ cm}^3$

ตัวอย่าง กำหนดแก๊ส H_2 6.72 dm^3 ที่ STP จงคำนวณหา

3. จำนวนโมเลกุล

$(1.806 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล})$

4. จำนวนอะตอม

$(2 \times 1.806 \times 10^{23} \text{ อะตอม})$

ตัวอย่าง กำหนดแก๊ส CO_2 0.8 mol ที่ STP (C=12, O=16)

จงคำนวณหา



1. มวลของแก๊ส
2. จำนวนโมเลกุล
3. ปริมาตร cm^3
4. จำนวนอะตอม

$$\text{mol} = \frac{g}{M_w} = \frac{V(\text{L or dm}^3)}{22.4 \text{ L}} = \frac{N}{6.02 \times 10^{23}}$$

ตัวอย่าง กำหนดแก๊ส **CO₂ 0.8 mol** จงคำนวณหา (**C=12, O=16**)

1. มวลของแก๊ส (35.2 กรัม)

2. จำนวนโมเลกุล (4.816×10^{23} โมเลกุล)



ตัวอย่าง กำหนดแก๊ส **CO₂ 0.8 mol** จงคำนวณหา (**C=12, O=16**)

3. ปริมาตร (17,920 cm³)

4. จำนวนอะตอม (**14.448x10²³** อะตอม)



ตัวอย่าง กำหนดแก๊ส **NH₃ 6.72 dm³ ที่STP** จงคำนวณหา (**N=14, H=1**)

1. จำนวนอะตอมของธาตุทั้งหมด (**7.224×10^{23} อะตอม**)

2. จำนวนอะตอมของธาตุไฮโดรเจน (**5.418×10^{23} อะตอม**)



ตัวอย่าง กำหนดแก๊ส **NH₃ 6.72 dm³ ที่STP** จงคำนวณหา (**N=14, H=1**)

3. มวลของแก๊ส (5.1 กรัม)

4. จำนวนโมเลกุล (**1.806×10^{23}**)



ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส (The Kinetic Theory of Gases)

เป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายคุณสมบัติของแก๊ส ซึ่งเกี่ยวข้องกับความร้อนและการเคลื่อนไหวยของโมเลกุล เพื่อความสะดวกในการศึกษาจึงได้แบ่งแก๊สออกเป็น 2 ประเภท

1. แก๊สอุดมคติ (ideal gas) แก๊สที่มีพฤติกรรมเป็นไปตามกฎหรือทฤษฎีต่าง ๆ ไม่มีอยู่จริง เป็นเพียงแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ของแก๊สเท่านั้น ถือว่าแก๊สไม่มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล

2. แก๊สจริง (real gas) แก๊สที่มีพฤติกรรมไม่เป็นไปตามกฎหรือทฤษฎีต่าง ๆ เนื่องจากเป็นแก๊สที่มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล แต่ถ้าที่อุณหภูมิสูงและความดันต่ำ จะมีสมบัติใกล้เคียงกับแก๊สสมบูรณ์มาก

ข้อสรุปทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

(The Kinetic Theory of Gases)



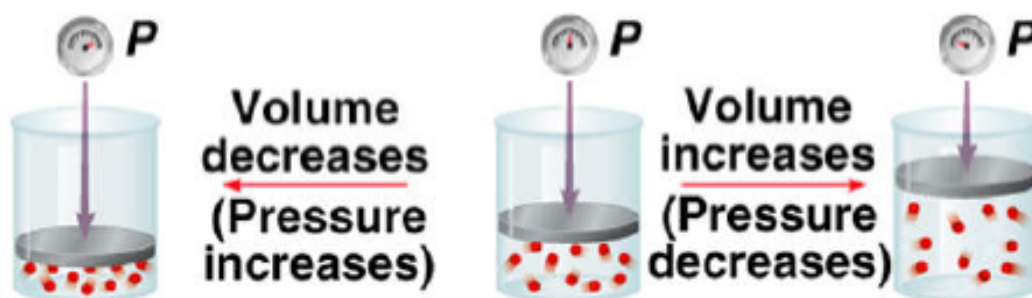
1. แก๊สในอุดมคติ ประกอบด้วยอนุภาคเล็กๆ เรียกว่า โมเลกุล
จำนวนมาก และอยู่ห่างกันมาก **ไม่มีแรงกระทำต่อกัน**
2. โมเลกุล **เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง**ตลอดเวลา และจะมี **อัตราเร็วคงที่**
โดยอัตราเร็วเฉลี่ยของแก๊สชนิดหนึ่งๆ จะคงที่เสมอ
3. ในการชนกันของโมเลกุลนั้น จะมีการถ่ายเทพลังงานจลน์
ระหว่างกัน แต่ **ไม่มีการสูญเสียพลังงาน**
4. ที่อุณหภูมิเดียวกันแก๊สทุกชนิดจะมีพลังงานจลน์เฉลี่ยเท่ากัน

ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส (The Kinetic Theory of Gases)



นำมาอธิบายสมบัติของแก๊ส

1. แก๊สพุ่งกระจายได้เพราะโมเลกุลเคลื่อนที่โดยอิสระ
2. ความดันของแก๊สเกิดจากโมเลกุลของแก๊สจำนวนมากพุ่งชนผนังภาชนะ เนื่องจากโมเลกุลเคลื่อนที่ได้ทุกทิศทาง
3. ความดันของแก๊สขึ้นกับขนาดของภาชนะที่บรรจุ ถ้าปริมาตรลดลง การชนผนังจะถี่ขึ้น ถ้าเพิ่มอุณหภูมิ การชนกันมากขึ้น ความดันก็จะสูงขึ้นเช่นกัน



การใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายสมบัติของแก๊ส

1. ใช้อธิบายว่าทำไมแก๊สจึงมีรูปร่างและปริมาตรไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับภาชนะที่บรรจุ ตามทฤษฎีจลน์ของแก๊สทราบว่าโมเลกุลของแก๊สมีขนาดเล็กมากและไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน ทำให้โมเลกุลของแก๊สเคลื่อนที่กระจายเต็มภาชนะที่บรรจุ จึงทำให้มีรูปร่างเหมือนภาชนะที่บรรจุและมีปริมาตรเท่ากับภาชนะที่บรรจุ

การใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายสมบัติของแก๊ส

2. ใช้ธิบายว่าทำไมแก๊สมีความดัน ตามทฤษฎีจลน์ของแก๊สกล่าวว่า โมเลกุลของแก๊สแต่ละโมเลกุลเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงตลอดเวลา ด้วยอัตราเร็วคงที่ เกิดการชนกันเอง และชนผนังภาชนะตลอดเวลา การที่โมเลกุลของแก๊สเคลื่อนที่ชนผนังภาชนะตลอดเวลา ทำให้เกิดแรงดัน และผลรวมของแรงดันทั้งหมดที่มีต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เรียกว่า ความดันของแก๊ส

การใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายสมบัติของแก๊ส

3. ใช้ธิบายว่าทำไมปริมาตรของแก๊สจึงแปรผกผันกับความดัน เมื่ออุณหภูมิและจำนวนโมลคงที่ จากทฤษฎีจลน์ที่กล่าวว่า ที่อุณหภูมิกงที่ อัตราเร็วเฉลี่ยของแก๊สชนิดเดียวกันจะมีค่าคงที่ และที่อุณหภูมิกงที่แก๊สทุกชนิดมีพลังงานจลน์เฉลี่ยเท่ากัน และจากความสัมพันธ์ที่ว่าเมื่ออุณหภูมิกงที่ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน คือ เมื่อปริมาตรของแก๊สลดลงความดันของแก๊สจะเพิ่มขึ้น และเมื่อปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้น ความดันของแก๊สจะลดลง ซึ่งการลดปริมาตรของแก๊สแล้วความดันเพิ่มขึ้นเพราะเมื่ออุณหภูมิกงที่โมเลกุลจะมีความเร็วเฉลี่ยคงที่แต่เมื่อปริมาตรลดลงการชนผนังภาชนะจะเกิดบ่อยครั้งขึ้นทำให้เกิดแรงดันมากขึ้นทำให้ความดันของแก๊สเพิ่มขึ้น

การใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายสมบัติของแก๊ส

4. ใช้อธิบายว่าทำไมความดันของแก๊สจึงแปรผันตรงกับจำนวนโมลหรือจำนวนโมเลกุลของแก๊สเมื่ออุณหภูมิและปริมาตรคงที่ จากทฤษฎีจลน์ของแก๊สเมื่อโมเลกุลของแก๊สแต่ละโมเลกุลมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงตลอดเวลาในอัตราเร็วเฉลี่ยคงที่เมื่ออุณหภูมิคงที่ ดังนั้นเมื่อเพิ่มจำนวนโมเลกุล จะทำให้โมเลกุลชนกันเองและชนผนังบ่อยครั้งขึ้น ทำให้เกิดแรงดันมากขึ้น

การใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายสมบัติของแก๊ส

5. ใช้ธิบายว่าทำไมปริมาตรของแก๊สจึงแปรผันตรงกับอุณหภูมิเมื่อความดันและจำนวนโมเลกุลของแก๊สคงที่ (กฎของชาร์ล) จากทฤษฎีจลน์ พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิเคลวิน นั่นคือ เมื่ออุณหภูมิสูง แก๊สจะมีพลังงานจลน์เฉลี่ยสูง เมื่ออุณหภูมิต่ำจะมีพลังงานจลน์เฉลี่ยต่ำ และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โมเลกุลของแก๊สจะมีพลังงานจลน์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นจึงเคลื่อนที่ชนผนังแรงและบ่อยครั้งยิ่งขึ้นทำให้มีแรงดันมากขึ้นจนไปดันให้ก้านกระบอกฉีดยาเคลื่อนที่ขึ้นทำให้ปริมาตรในกระบอกฉีดยาเพิ่มขึ้น

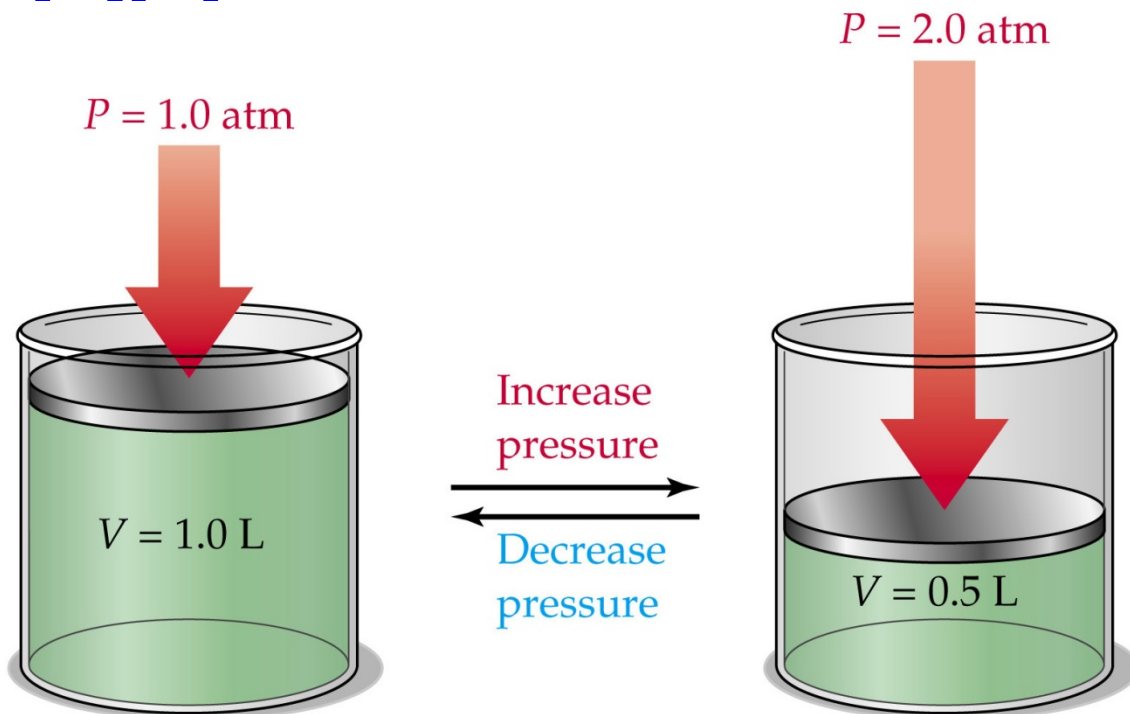
แก๊สอุดมคติ { $PV=nRT$ }

1. กฎของบอยล์ (Boyle's law) [$P \propto (1/V)$]
2. กฎของชาร์ล และเกย์ลูสแซก (Charles's Law and Gay Lussac's Law)
[$V \propto T, P \propto T$]
3. สมการรวมกฎแก๊ส (Combined gas law equation) [$PV \propto T$]
4. กฎของอาโวกาโดร (Avogadro's law) [$V \propto n$]
5. กฎของแก๊สสมบูรณ์แบบ (ideal gas law) [$PV \propto nT$]
6. กฎความดันย่อยของดาลตัน (Dalton's Law of partial pressures)
[$P_t = P_1 + P_2 + \dots$]
7. เศษส่วนของโมลหาความดันย่อย [$X_j = n_j/n_T, X_j = P_j/P_T$]
8. กฎการแพร่ของเกรแฮม [$R \propto (1/M_w)^{1/2}$]

Boyle's Law

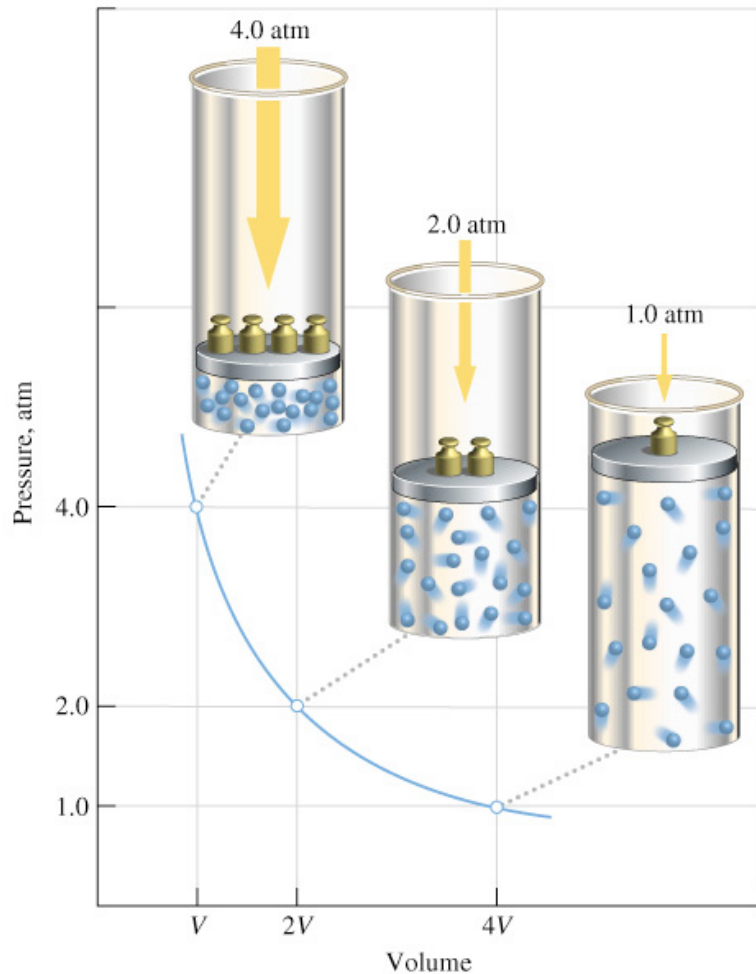
ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) และปริมาตร

(V)



“ ที่อุณหภูมิและ
มวลของแก๊สคงที่
ปริมาตรของแก๊ส
จะแปรผกผันกับ
ความดัน ”

Boyle's Law



$$V \propto \frac{1}{P} \quad n \text{ และ } T \text{ คงที่}$$

$$V = \text{constant} \times \frac{1}{P}$$

$$PV = \text{constant}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = P_3 V_3 = \dots$$

1. กฎของบอยล์ (Boyle's law)

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

ตัวอย่าง แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 350 cm^3 ที่ 99 kPa แก๊สนี้ จะมี
ปริมาตรเท่าใดที่ 120 kPa ถ้าอุณหภูมิคงที่

จากกฎของบอยล์ $P_1 V_1 = P_2 V_2$ ที่ T คงที่

$$(99 \text{ KPa})(350 \text{ cm}^3) = (120 \text{ KPa})V_2$$

$$V_2 = 288.75 \text{ cm}^3$$



$$1 \text{ atm} = 101.325 \text{ kPa}$$

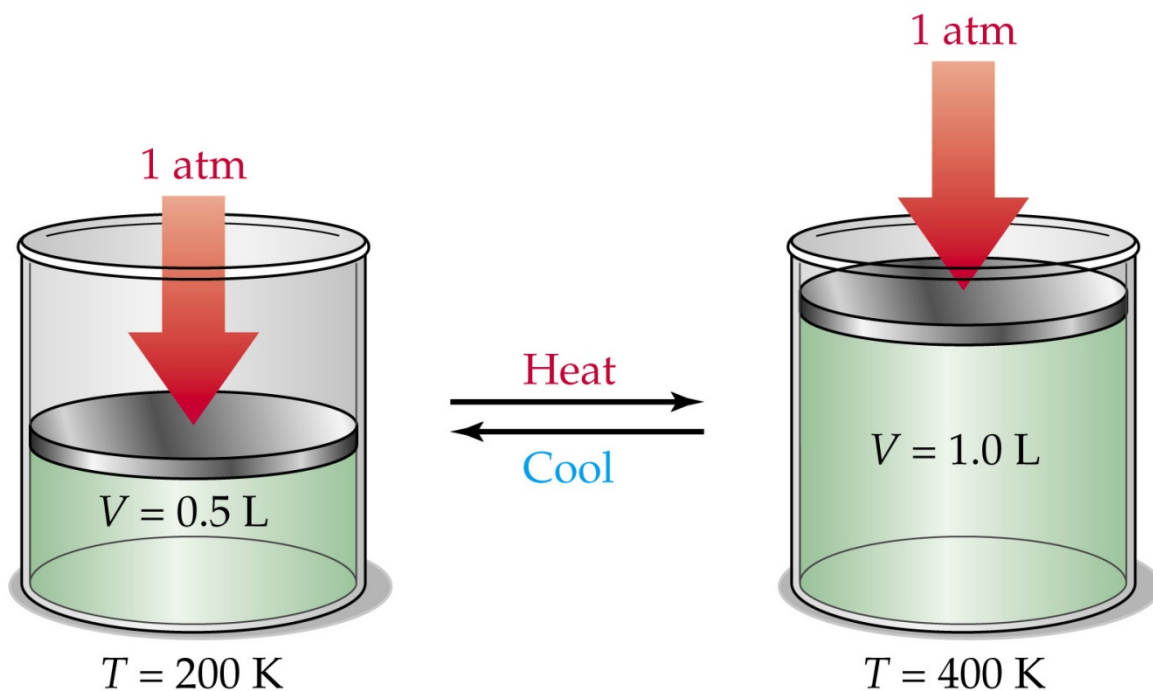
Boyle's Law

Ex1. ก๊าซชนิดหนึ่งมีปริมาตร 400 cm^3 ภายใต้ความดัน 0.8 atm ที่อุณหภูมิคงที่ ถ้าความดันเพิ่มขึ้นเป็น 76 cmHg ก๊าซจะมีปริมาตรกี่ลิตร



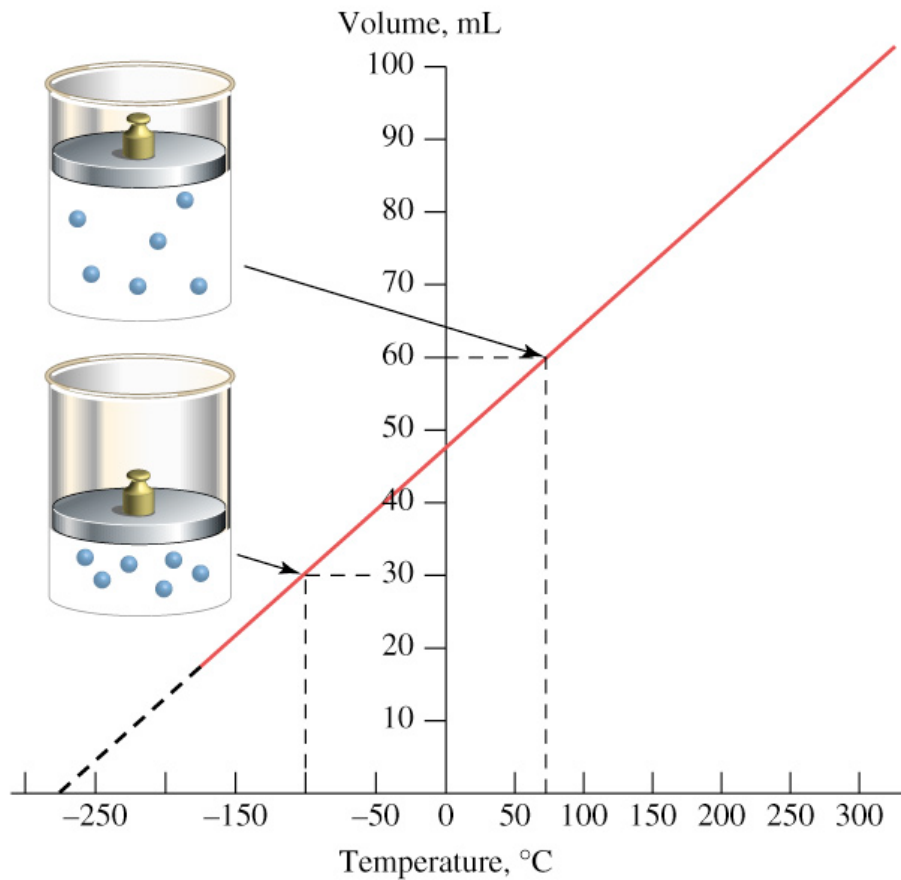
Charles's Law

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T) และปริมาตร (V)



“เมื่อมวลและ
ความดันของแก๊ส
คงที่ ปริมาตรของ
แก๊สจะแปรผัน
ตรงกับอุณหภูมิ
เคลวิน”

Charles's Law



$$V \propto T \quad n \text{ และ } P \text{ คงที่}$$

$$V = \text{constant} \times T$$

$$\frac{V}{T} = \text{constant}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} = \dots$$

2. กฎของชาร์ล (Charles's law)

ตัวอย่าง แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 1.50 dm^3 ที่ 25°C และ 1 atm

จงคำนวณหาปริมาตรของแก๊สที่ 100°C และ 1 atm (1.88 dm^3)

จากกฎของชาร์ล $V_1/T_1 = V_2/T_2$ ที่ ความดัน 1 atm

$$(1.50 \text{ dm}^3)/(273.15+25\text{K}) = V_2/(273.15+100\text{K})$$

$$V_2 = 1.88 \text{ dm}^3$$

Charles's Law

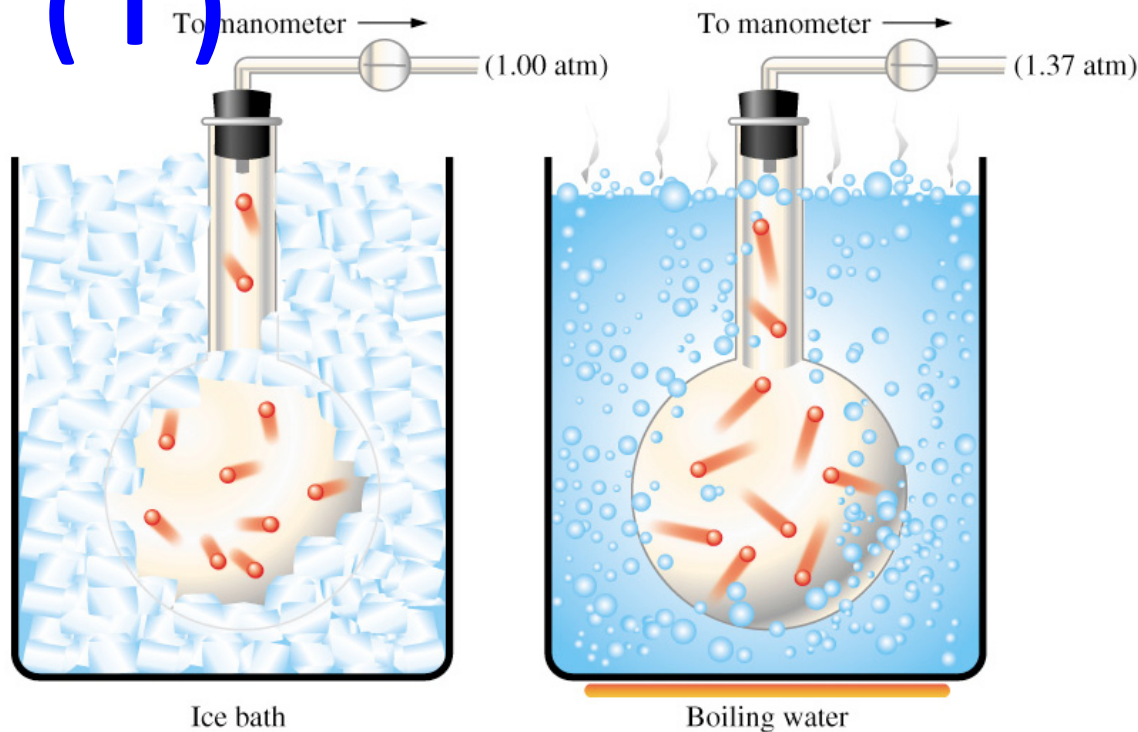
Ex1. แก๊สไนโตรเจนมีปริมาตร 800 cm^3 จะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นเท่าใด
ถ้าเพิ่มอุณหภูมิจาก 273 K เป็น 320 K โดยไม่เปลี่ยนแปลงความดัน



Gay-Lussac's Law

ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) และอุณหภูมิ

(T)



“ที่ปริมาตรคงที่
ความดันของแก๊ส
จะแปรผันโดยตรง
กับอุณหภูมิเคล
วิน”

ตัวอย่าง แก๊สชนิดหนึ่งที่อุณหภูมิ 25 °C ในภาชนะใบหนึ่งมีความดัน 100 atm ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 80 °C จงหาความดันของแก๊สนี้ ถ้าภาชนะนี้มีปริมาตรคงที่ (118.45 atm)

จากกฎของเกย์ลูสแซก $P_1/T_1 = P_2/T_2$ ที่ V คงที่

$$(100 \text{ atm})/(273+25\text{K}) = P_2/(273+80\text{K})$$

$$P_2 = 118.46 \text{ atm}$$

Gay-Lussac's Law

Ex1. แก๊สจำนวนหนึ่งอยู่ในภาชนะเหล็ก มีความดัน 760 torr ที่ 25°C จงหาความดันของแก๊สในภาชนะเหล็ก ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 50°C



Homework

1. แก๊ส **SO₂** มีปริมาตร **1.45 dm³** ที่ **2.75 atm** สมมติว่า
อุณหภูมิคงที่ แก๊สนี้จะมีปริมาตรเท่าใดที่ **107 kPa (3.77 dm³)**



Homework

2. บอลลูกหนึ่งปริมาตร 2 dm^3 อุณหภูมิ 25°C ถ้านำออกไปข้างนอก
ในเช้าวันหนึ่งในฤดูหนาวที่เย็นจัดมากซึ่งอุณหภูมิเท่ากับ -1°C จงหาว่าปริมาตร
ของบอลลูกเป็นเท่าใด สมมติว่าความดันอากาศในบอลลูกคงที่ (1.82 dm^3)



The combined gas law

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

เมื่อปริมาณของก๊าซคงที่ (n คงที่)

3. สมการรวมกฎแก๊ส



(Combined gas law equation)

Boyle's law

$P \propto 1/V$ เมื่อ T และ n คงที่

Charles's law

$V \propto T$ เมื่อ P และ n คงที่

Gay Lussac's law

$P \propto T$ เมื่อ V และ n คงที่

Combined gas law eqn

$PV \propto T$ เมื่อ n คงที่

สถานะที่ 1 $P_1 V_1 / T_1 = k$

สถานะที่ 2 $P_2 V_2 / T_2 = k$

ดังนั้น $P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2$

$PV = kT$ เมื่อ n คงที่

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

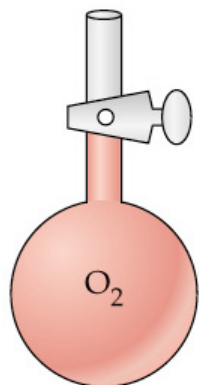
The combined gas law

Ex1. ก๊าซไนโตรเจนมีปริมาตร 10.0 dm^3 ที่ความดัน 1.0 atm อุณหภูมิ 0°C ถ้าปริมาตรและความดันของแก๊สนี้เปลี่ยนเป็น 11.5 dm^3 และ 900 mmHg ตามลำดับ จงหาอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปในหน่วยองศาเซลเซียส

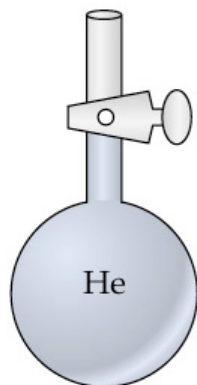


Avogadro's Law

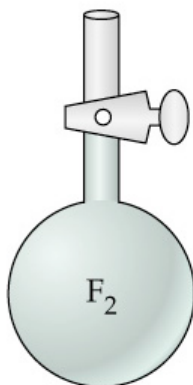
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ (n) และปริมาตร (V)



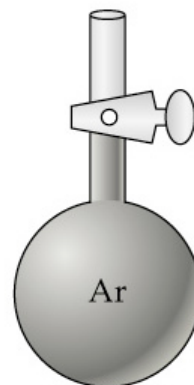
1.00 mol
32.0 g
22.4 L



1.00 mol
4.00 g
22.4 L



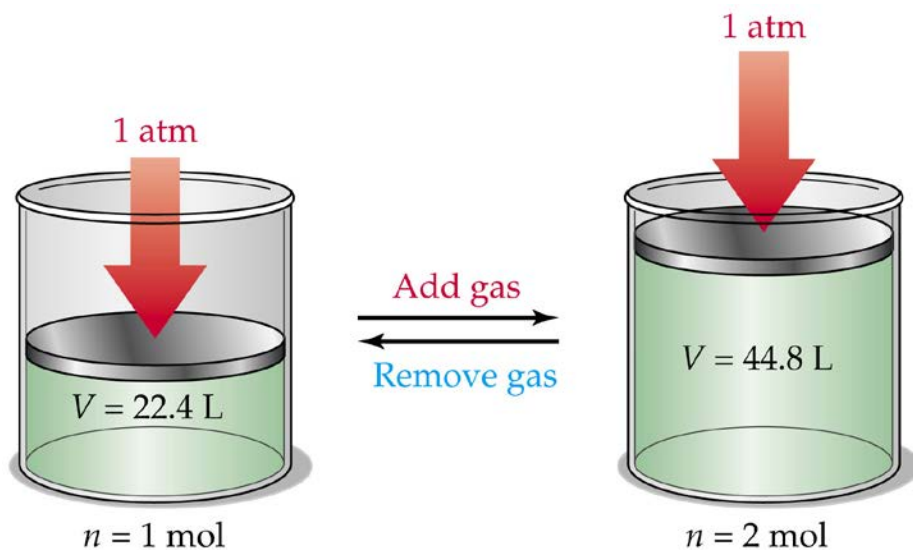
1.00 mol
38.0 g
22.4 L



1.00 mol
39.9 g
22.4 L

“ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน แก๊สที่มีปริมาตรเท่ากันจะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน”

Avogadro's Law



$$V \propto n \quad T \text{ and } P \text{ คงที่}$$

$$V = \text{constant} \times n$$

$$\frac{V}{n} = \text{constant}$$

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} = \frac{V_3}{n_3} = \dots$$

5. กฎของแก๊สสมบูรณ์แบบ (ideal gas law)

$$PV=nRT$$

Boyle's law

$$P \propto 1/V$$

Charles's law

$$V \propto T$$

Gay Lussac's law

$$P \propto T$$

Avogadro's law

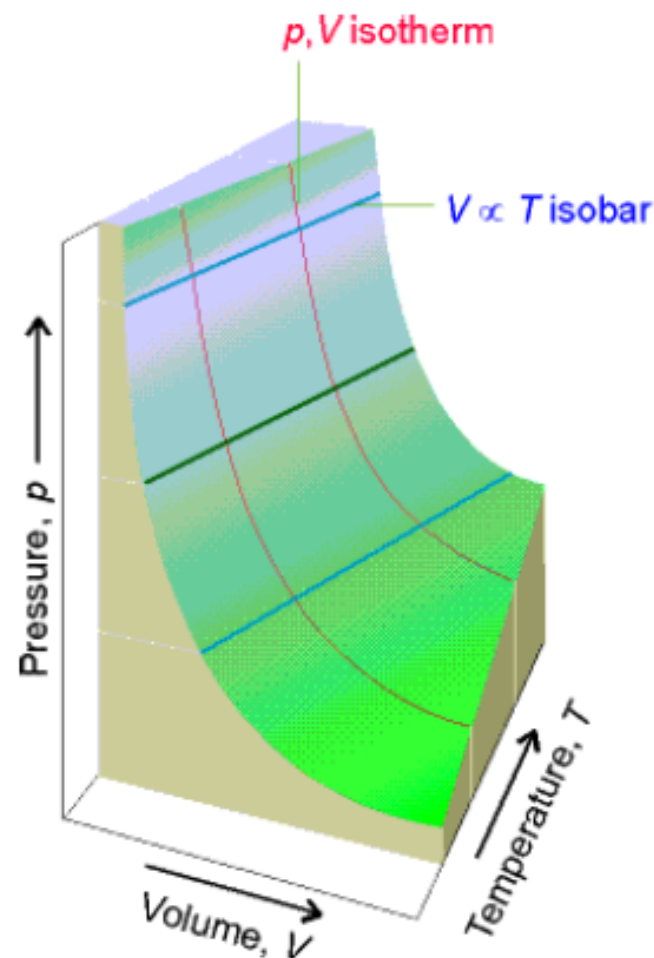
$$V \propto n$$

Ideal gas law

$$PV \propto nT$$

$$PV = nRT$$

เมื่อ R คือ ค่าคงที่ของแก๊ส



5. กฎของแก๊สสมบูรณ์แบบ (ideal gas law)

P	V	T	n	R	
atm	L	K	mol	0.08205	L atm mol ⁻¹ K ⁻¹
Torr	cm ³	K	mol	62400	Torr atm mol ⁻¹ K ⁻¹
N m ⁻²	m ³	K	mol	8.314	N m ⁻² mol ⁻¹ K ⁻¹
				8.314	kPa dm ³ mol ⁻¹ K ⁻¹
				8.314	J mol ⁻¹ K ⁻¹
dyne cm ⁻²	cm ³	K	mol	8.314x10 ⁷	erg mol ⁻¹ K ⁻¹

ตัวอย่าง แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 0.452 dm^3 ที่ 87°C ความดัน 0.62 atm
จงคำนวณหาจำนวนโมลของแก๊สนี้ (9.48×10^{-3} โมล)

จากสมการสถานะของแก๊ส $PV = nRT$

$P = 0.62 \text{ atm}$, $V = 0.452 \text{ dm}^3$, $n =$ จ्ञำนวน mol . $R = 0.082 \text{ dm}^3 \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

$T = (273 + 87 \text{ K}) = 360 \text{ K}$

แทนค่า

$$n = PV/RT$$

$$= \frac{(0.62 \text{ atm})(0.452 \text{ dm}^3)}{(0.082 \text{ atm dm}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1})(360 \text{ K})}$$

$$= 0.00948 \text{ mol}$$

ตัวอย่าง บอลลูกหนึ่งบรรจุแก๊สฮีเลียม (**He**) หนัก 30 กิโลกรัม บอลลูก
ลูกนี้จะมีปริมาตรเท่าใด ถ้าความดันของแก๊สฮีเลียมเป็น **1.15 atm** ณ
อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส



ตัวอย่าง น้ำจำนวน 1 กรัม ระเหยกลายเป็นไอน้ำในภาชนะขนาด 10 ลิตร
ความดันของน้ำจะเป็นเท่าใดเมื่อการระเหยเป็นไอสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส



**ตัวอย่าง จงหาปริมาตรของก๊าซในบอลลูนที่มีฮีเลียม 4 โมล ความดัน
760 mmHg และอุณหภูมิ 30 °C**



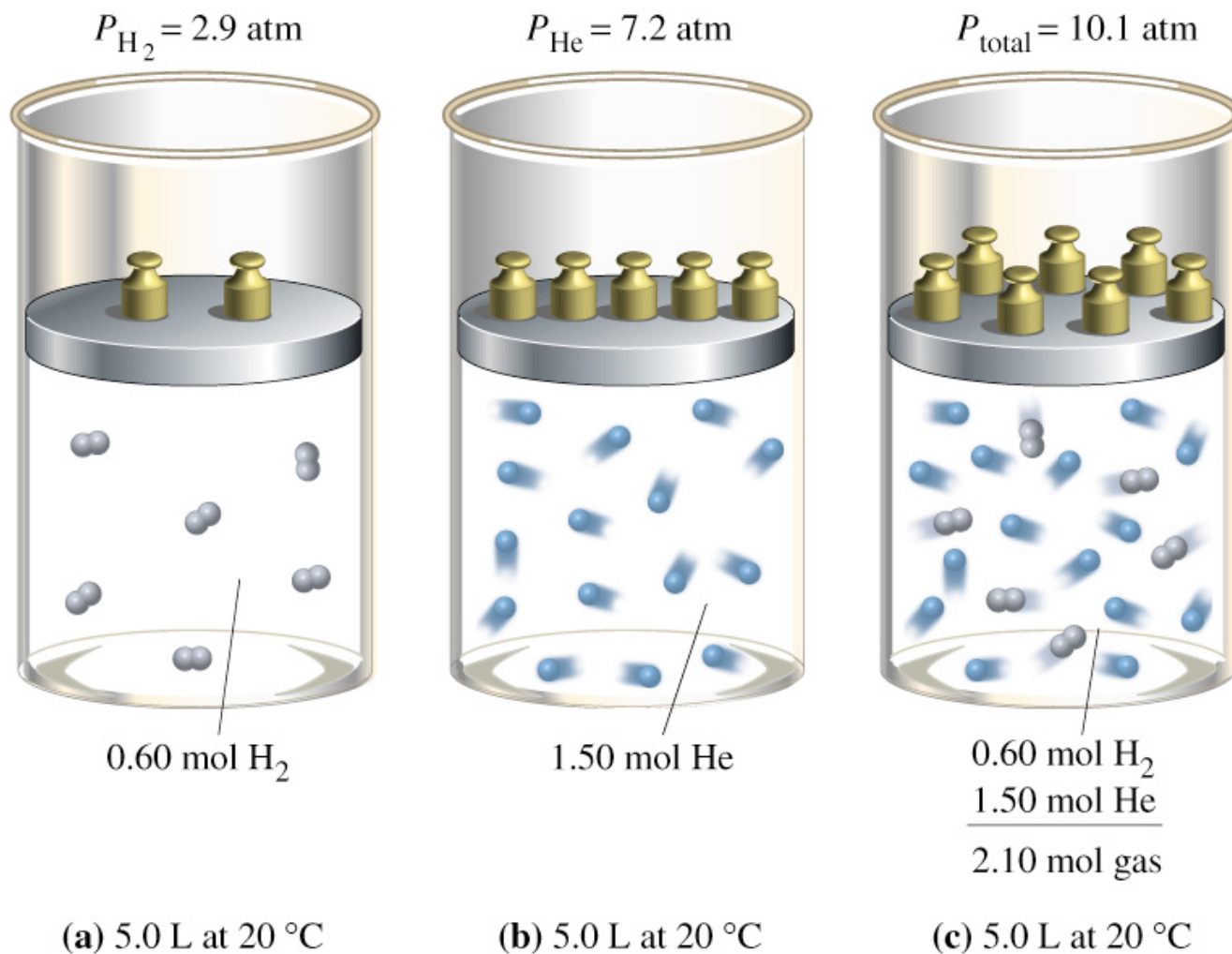
Dalton's law of partial pressure

“ถ้าแก๊สตั้งแต่ 2 ชนิดหรือมากกว่าสองชนิดที่ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกัน บรรจุในภาชนะเดียวกัน ความดันของแก๊สแต่ละชนิดในแก๊สผสม เรียกว่า ความดันย่อย (**partial pressure**)

* ความดันรวมของแก๊สผสมจะเท่ากับผลบวกของความดันย่อยของแก๊สแต่ละชนิด”

$$P_{Total} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

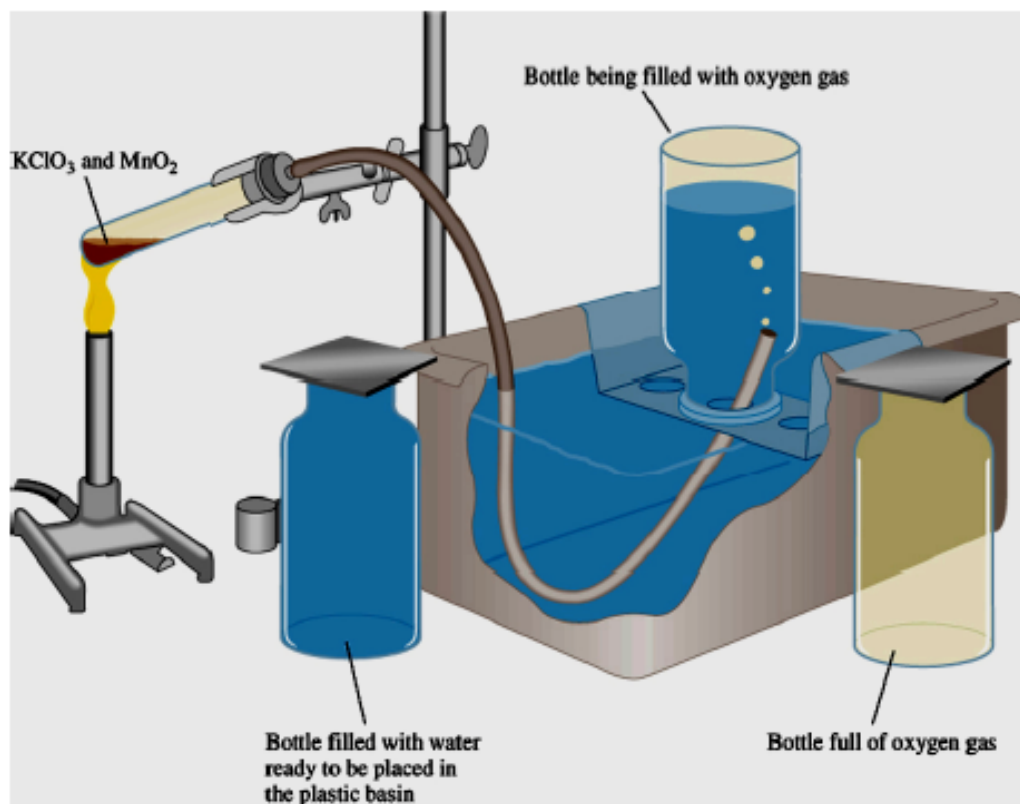
Dalton's law of partial pressure



ตัวอย่าง ภาชนะใบหนึ่งมีปริมาตร 10 ลิตร ภายในบรรจุด้วยแก๊สไนโตรเจน 1 โมล และแก๊สไฮโดรเจน 3 โมล ที่อุณหภูมิ 298 เคลวิน ถ้าแก๊สดังกล่าว ไม่ทำปฏิกิริยากัน อยากทราบว่าภายในภาชนะนี้มีความดันรวมเป็นเท่าใด (9.77 atm) ($R = 0.082 \text{ L atm/mol K}$)

$$P_T = (n_A + n_B) \frac{RT}{V}$$

การเก็บแก๊สโดยวิธีการแทนที่น้ำ



$$P_T = P_{\text{H}_2\text{O}} + P_{\text{O}_2}$$

6. กฎความดันย่อยของดาลตัน (Dalton's Law of Partial Pressures)

Pressure of Water Vapor
at Various Temperatures

Temperature (°C)	Water Vapor Pressure (mmHg)
0	4.58
5	6.54
10	9.21
15	12.79
20	17.54
25	23.76
30	31.82
35	42.18
40	55.32

Pressure of Water Vapor
at Various Temperatures

Temperature (°C)	Water Vapor Pressure (mmHg)
45	71.88
50	92.51
55	118.04
60	149.38
65	187.54
70	233.7
75	289.1
80	355.1
85	433.6

Pressure of Water Vapor
at Various Temperatures

Temperature (°C)	Water Vapor Pressure (mmHg)
90	525.76
95	633.90
100	760.00

$$P_T = P_{H_2O} + P_{gas}$$

$$1 \text{ atm} = 101.325 \text{ kPa}$$

ตัวอย่าง เก็บแก๊สชนิดหนึ่งโดยแทนที่น้ำ จนกระทั่งความดันทั้งหมดในภาชนะขนาด 100 cm^3 เท่ากับ 93.3 kPa ที่ 25°C จงหาปริมาตรของแก๊สแห่งที่ STP (กำหนดความดันไอของน้ำที่ $25^\circ\text{C} = 3.17 \text{ kPa}$) (81.46 cm^3)

$$P_{\text{gas}} \text{ แห่ง} = 93.3 - 3.17 = 90.1 \text{ kPa}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

STP ความดัน 1 atm (101.325 kPa) และที่ 0°C (273.15)

7. เศษส่วนโมลหาความดันย่อย

$$P_T = P_A + P_B$$

$$P_J = \frac{n_J RT}{V}$$

$$x_j = \frac{n_j}{n_T}$$

$$P_J = x_J P_T$$

$$P_A = \frac{n_A RT}{V}$$

$$P_B = \frac{n_B RT}{V}$$

$$P_T = \frac{n_T RT}{V}$$

$$\frac{P_A}{P_T} = \frac{n_A}{n_T} = x_A$$

$$\frac{P_B}{P_T} = \frac{n_B}{n_T} = x_B$$

$$x_A + x_B = 1$$

$$P_A = x_A P_T$$

$$P_B = x_B P_T$$

ตัวอย่าง แก๊สผสมของ N_2 กับ O_2 ในภาชนะขนาด 200 cm^3 มีความดันรวมเท่ากับ 96.0 kPa ที่ 35°C ถ้ามี N_2 อยู่ 0.002 โมล

ก. จงคำนวณความดันย่อยของ N_2

ข. จงคำนวณความดันย่อยของ O_2

ก. จาก $P_{O_2} = X_{O_2} P_T$ และ $P_{N_2} = X_{N_2} P_T$

หาจำนวนโมลรวมจาก $PV = nRT$

$$n = PV/RT$$

$$= \frac{(96.0 \text{ kPa})(200/1000 \text{ dm}^3)}{(8.314 \text{ kPa dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(273+35)\text{K}}$$

$$= 7.5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$X_{N_2} = 0.002/7.5 \times 10^{-3} = 0.27$$

$$P_{N_2} = X_{N_2} P_T$$

$$= (0.27)(96.0) = 26$$

ตัวอย่าง แก๊สผสมของ N_2 กับ O_2 ในภาชนะขนาด 200 cm^3 มีความดันรวมเท่ากับ 96.0 kPa ที่ 35°C ถ้ามี N_2 อยู่ 0.002 โมล

ข. หาความดันย่อยของ O_2

$$\text{จาก} \quad P_T = P_{N_2} + P_{O_2}$$

$$96.0 = 26 + P_{O_2}$$

$$P_{O_2} = 70$$

$$\text{ความดันย่อยของ } O_2 = 70 \text{ kPa}$$

ตัวอย่าง แก๊สผสมของ N_2 กับ O_2 ในภาชนะขนาด 200 cm^3 มีความดันรวมเท่ากับ 96.0 kPa ที่ $35\text{ }^\circ\text{C}$ ถ้ามี N_2 อยู่ 0.002 โมล

ก. จงคำนวณความดันย่อยของ N_2

$$\begin{aligned}n_T &= \frac{P_T V}{RT} \\&= \frac{(96.0)\text{kPa} \times (200/1000)\text{dm}^3}{(8.314)\text{kPa dm}^3\text{mol}^{-1}\text{K}^{-1} \times (273.15 + 35)\text{K}} \\&= 7.49 \times 10^{-3}\text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{N_2} &= x_{N_2} P_T = \left(\frac{0.002}{7.49 \times 10^{-3}} \right) (96.0) \\&= 25.63\text{kPa}\end{aligned}$$

ข. จงคำนวณความดันย่อยของ O_2

$$\begin{aligned}P_T &= P_{N_2} + P_{O_2} \\P_{O_2} &= P_T - P_{N_2} \\&= 96 - 25.63 \\&= 70.37\text{kPa}\end{aligned}$$

8. กฎการแพร่ของเกรแฮม

อัตราการแพร่ของแก๊สใดๆ จะแปรผกผันกับรากที่สองของมวลโมเลกุลของแก๊ส



**Thomas Graham
(1805-1869).**

$$r \propto \frac{1}{\sqrt{M}} \quad \frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}} = \frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}}$$

ตัวอย่าง จงเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของแก๊ส He และแก๊ส Ne แก๊สใดจะมีอัตราการแพร่สูงกว่ากัน

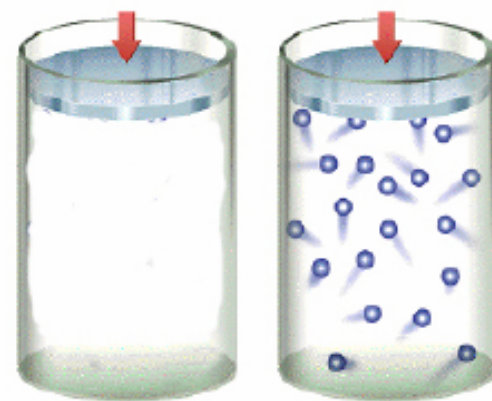
$$\frac{r_{\text{He}}}{r_{\text{Ne}}} = \frac{\sqrt{M_{\text{Ne}}}}{\sqrt{M_{\text{He}}}} = \frac{\sqrt{20.2}}{\sqrt{4}} = 2.247$$

ดังนั้น แก๊ส He จะมีอัตราการแพร่สูงกว่าแก๊ส Ne 2.25 เท่า

แก๊สจริง

การเบี่ยงเบนจากกฎของแก๊ส (Deviation from The Gas Laws)

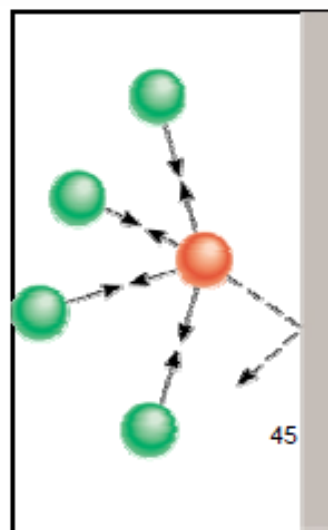
1. แก๊สจริงมีปริมาตรของโมเลกุล



2. แก๊สจริงมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่

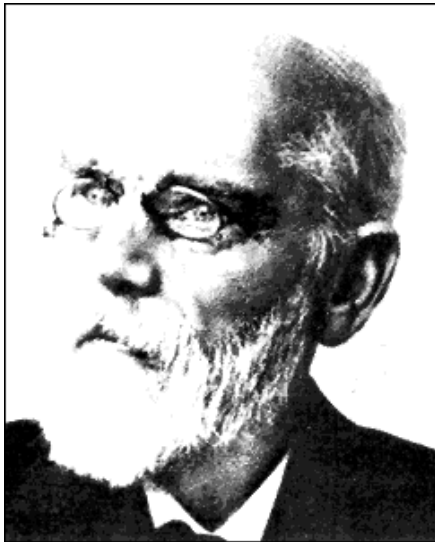
เรียกว่า Van der Waals Force ทำให้การ

เคลื่อนที่ไม่เป็นอิสระเหมือนแก๊สอุดมคติ



Behavior of Real gas

ดังนั้นแก๊สจริงจะมีพฤติกรรมเป็นแก๊สสมบูรณ์แบบเมื่อ
“ความดันต่ำมากและอุณหภูมิสูงมาก”



Professor Van Der Waals

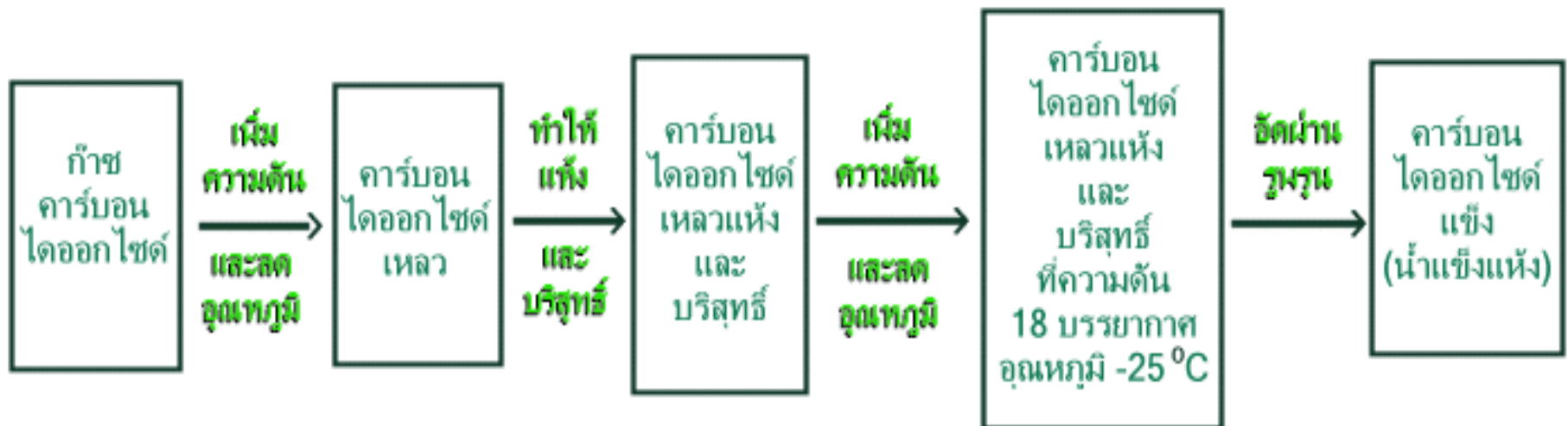
$$\begin{array}{ll} \text{สมการกฎของแก๊สสมบูรณ์} & PV = nRT \\ \text{สมการแวนเดอร์วาลส์} & (P + \frac{an^2}{V^2})(V - nb) = nRT \end{array}$$

a และ b คือ ค่าคงที่แวนเดอร์วาลส์

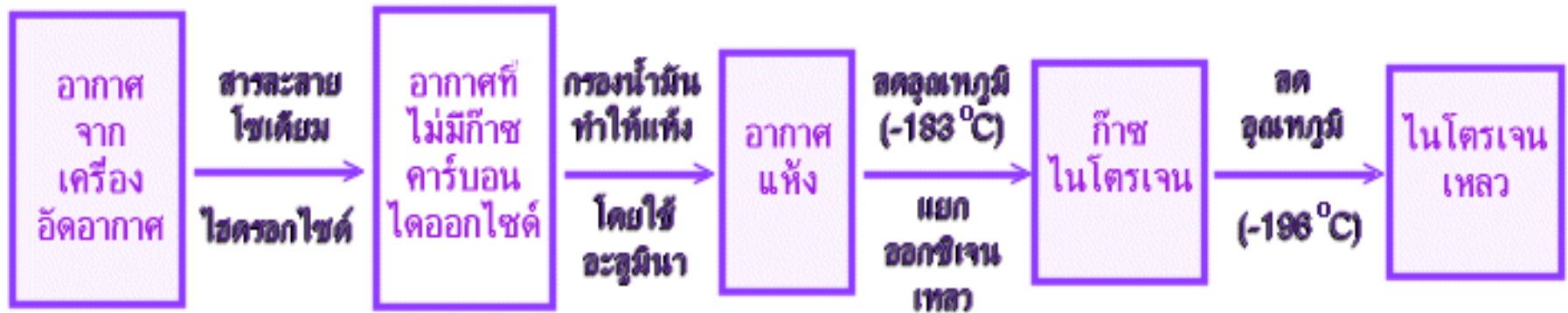
การทำน้ำแข็งแห้ง



<http://www.dryiceproduction.com/en/images/img9.jpg>



การทำไนโตรเจนเหลว



- แช่แข็งอาหารประเภทต่างๆในโรงงานอุตสาหกรรมและในการขนส่ง
- แช่แข็งเลือด
- แช่แข็งเซลล์ไข่กระดุก
- แช่แข็งเอ็มบริโอ
- แช่แข็งน้ำเชื้ออสุจิ
- แช่แข็งส่วนต่างๆของร่างกาย