สถานะแก๊ส
(GASES)

อาจารย์ ดร. สุภาวรัตน์ ทัพสุริย์

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

แก๊ส (Gas)

- สมบัติของแก๊ส
- ทฤษฎีจลน์โมเลกุลของแก๊ส
- กฎของบอยล์ , กฎของชาร์ลส์ , กฎของเกย์-ลูซแซก
- การแพร่ผ่าน

ประเภทของแก๊ส

- แก๊สในอุดมคติหรือแก๊สสมบูรณ์แบบ(Ideal gas)

  เป็นแก๊สที่สมมติขึ้นมาใช้ เพื่ออธิบายพฤติกรรมของแก๊ส ไม่มีอยู่จริงในธรรมชาติ และเป็นแก๊สที่ไม่ว่าจะอยู่ในสภาวะใดก็ตามจะมีพฤติกรรมและสมบัติเป็นไปตามกฎและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

- แก๊สจริง(Real gas)

  เป็นแก๊สที่มีอยู่ในธรรมชาติ มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล และเป็นแก๊สที่มีพฤติกรรมไม่เป็นไปตามกฎและทฤษฎีของแก๊สในสภาวะปกติ

ประเภทของแก๊ส

ทฤษฎีจลน์โมเลกุลของแก๊ส

- แก๊สประกอบด้วยโมเลกุลที่อยู่ห่างกันมากจนขนาดโมเลกุลน้อยมาก เมื่อเทียบกับระยะห่างโมเลกุล
- การเคลื่อนที่โมเลกุลของแก๊ส ไม่มีทิศทางที่แน่นอน เป็นการเคลื่อนที่แบบบราวน์ (Brownian motion)
- มีแรงดึงดูดและแรงผลักระหว่างโมเลกุลของแก๊สน้อยมาก จนไม่คำนึงถึงแรงระหว่างโมเลกุล
- เมื่อโมเลกุลเกิดการชนกันหรือชนผนังภาชนะเป็นการชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ คือ ไม่มีการสูญเสียพลังงาน
- ค่าพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลหนึ่งๆ แปรผันกับอุณหภูมิสัมบูรณ์

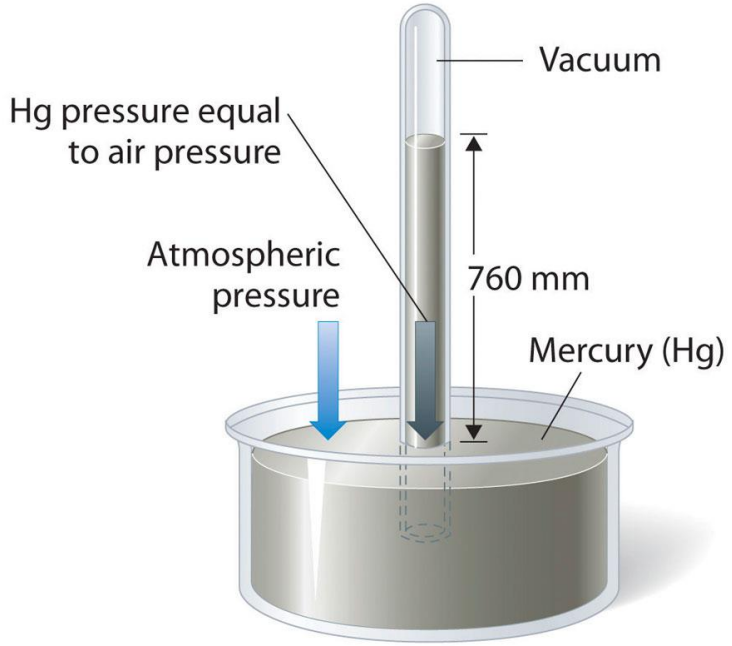
ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับแก๊ส

- ความดัน (P)
- ปริมาตร (V)
- อุณหภูมิ (T)
- จำนวนโมล (n)

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับแก๊ส

1. ความดัน (P)

ความดัน คือ แรงที่โมเลกุลกระทำต่อหน่วยพื้นที่ 1 หน่วยพื้นที่



ปรอทภายในหลอดจะถูกแรงกดดันจากอากาศภายนอกหลอดทำให้มีระดับสูงกว่าระดับปรอทในอ่างนอกหลอดแก้ว เท่ากับ h เท่ากับ 760 mm (ความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเล)

ที่ระดับน้ำทะเลความดันบรรยากาศมาตรฐาน = 760 mm Hg = ความดัน 1 บรรยากาศ

1 atm = 760 mm Hg = 760 torr = 101325 Pa

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับแก๊ส

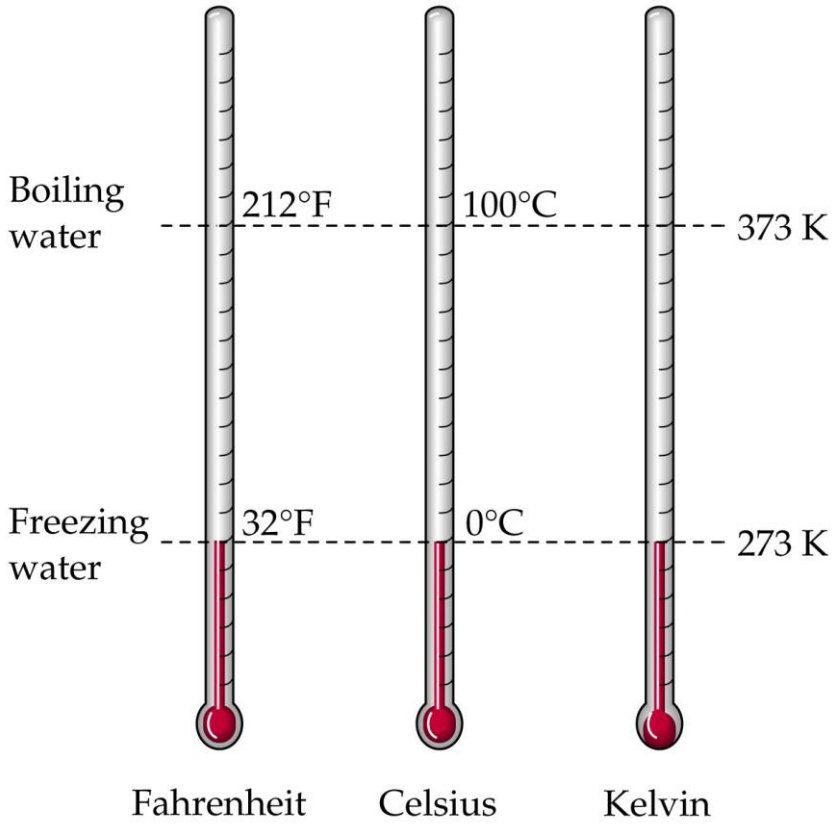
2. ปริมาตร (V)

ปริมาตร คือ บริเวณที่ว่างทั้งหมด (ภายนอกโมเลกุล) ภายในภาชนะที่โมเลกุลของแก๊สเข้าครอบคลุม

หน่วยปริมาตรของแก๊สใช้ dm^3 (1000 cm^3)

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับแก๊ส

3. อุณหภูมิ (T)



มาตราส่วนที่ใช้บอกระดับอุณหภูมิเกี่ยวกับแก๊ส คือ เคลวิน (K) หรือเรียกว่า **มาตราส่วนอุณหภูมิสัมบูรณ์** ซึ่งมีความสัมพันธ์กับมาตราส่วนกับองศาเซลเซียส ดังนี้

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

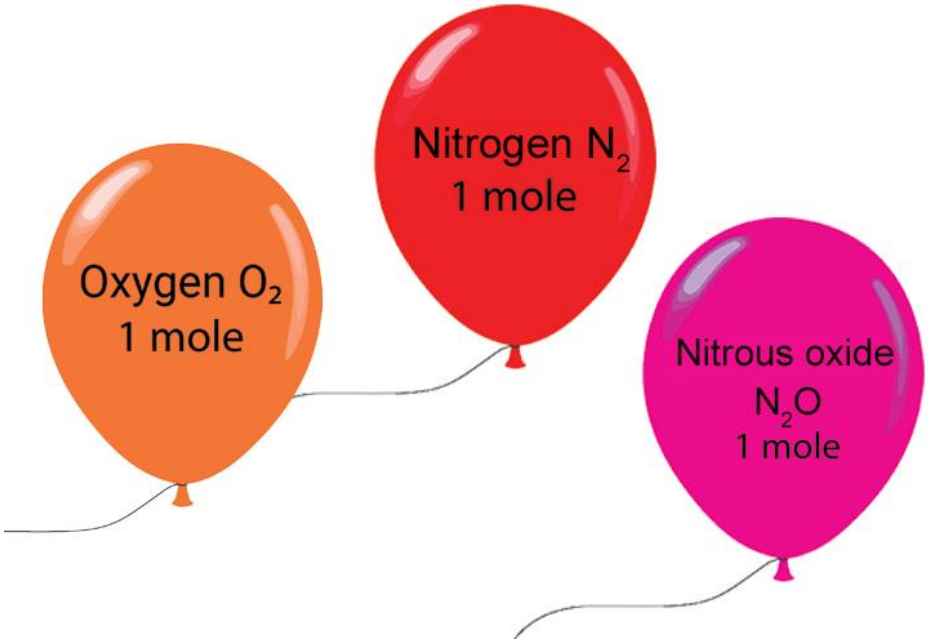
ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับแก๊ส

4. จำนวนโมล (n)

โมลเป็นหน่วยของปริมาณสาร โดยกำหนดว่า สารใดๆ จำนวน 1 โมล จะมีอนุภาคของสารนั้น 6.02×10^{23} อนุภาค

$$n = \frac{N}{6.02x10^{23}}$$

เมื่อ N คือ จำนวนอนุภาคของสารนั้นๆ



กฎของแก๊ส

- กฎของบอยล์ (Boyle's law)
- กฎของชาร์ล (Charles's law)
- กฎของเกย์-ลูสแซก (Gay-Lussac's law)

กฎของบอยล์ (Boyle's law)

- ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) และปริมาตร (V)

" ที่อุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน "

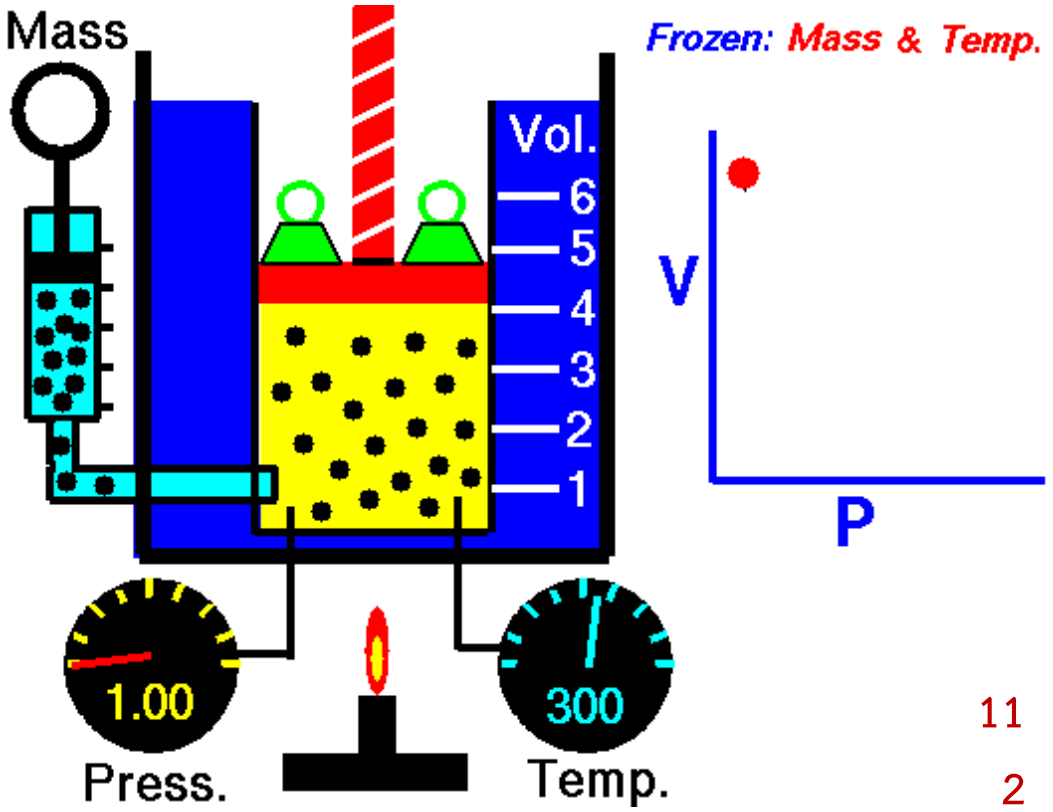
$$V \alpha \frac{1}{P}$$

เมื่อ V = ปริมาตรของแก๊ส

P = ความดัน

T = อุณหภูมิ

n = จำนวนโมลของแก๊ส



กฎของบอยล์ (Boyle's law)

ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) และปริมาตร (V)

ดังนั้น $$V = \frac{k}{P}$$ (เมื่อ k คือ ค่าคงตัว)

$$PV = k$$

แสดงว่า ผลคูณระหว่างความดันกับปริมาตรจะมีค่าคงที่เสมอ

เมื่อความดันของแก๊ส เปลี่ยนจาก P1 เป็น P2 ปริมาตรจะเปลี่ยนจาก V1 เป็น V2 จะได้ความสัมพันธ์ ดังนี้

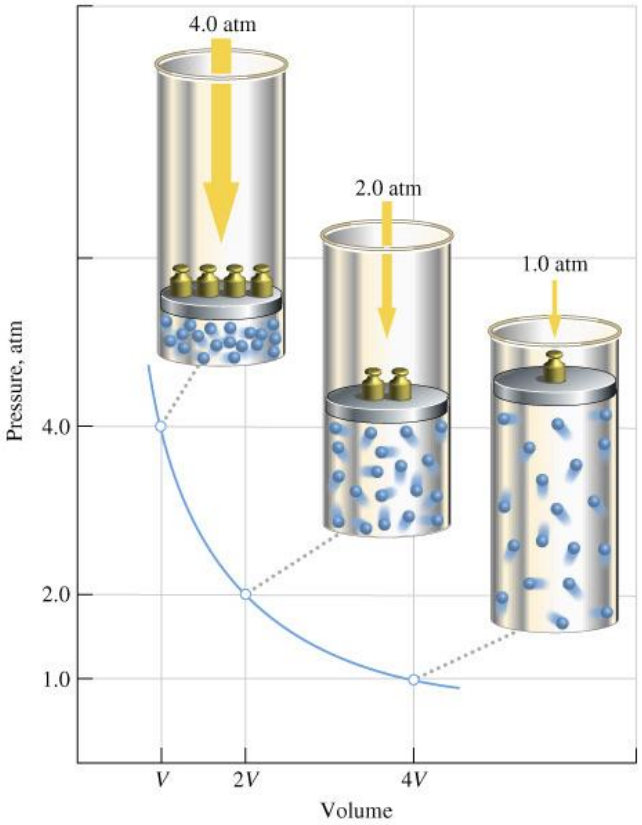
$$P_1V_1 = P_2V_2$$

ค่าคงตัว (k) ขึ้นอยู่กับชนิดของแก๊ส ปริมาตร อุณหภูมิ

กฎของบอยล์ (Boyle's law)

- ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) และปริมาตร (V)

" ที่อุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน "



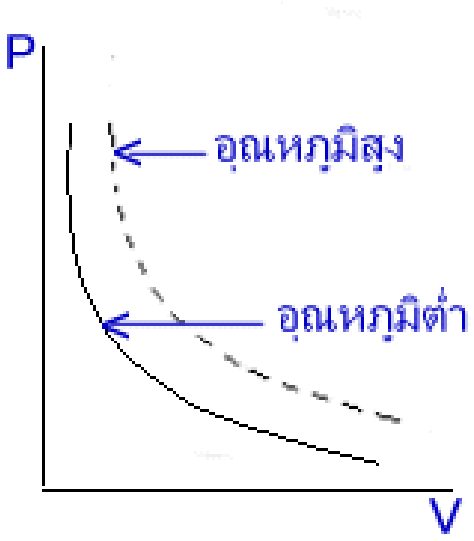
กฎของบอยล์ (Boyle's law)

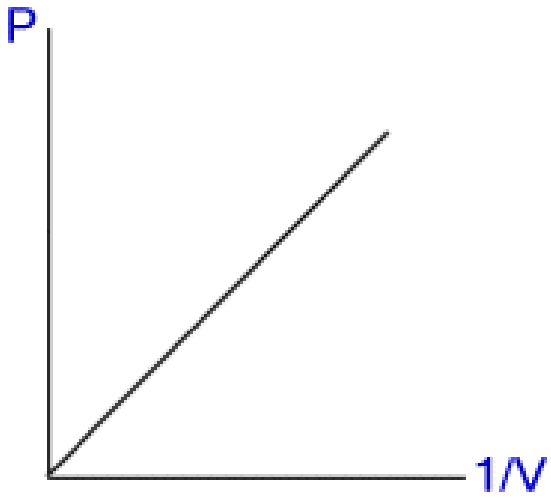
- ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) และปริมาตร (V)

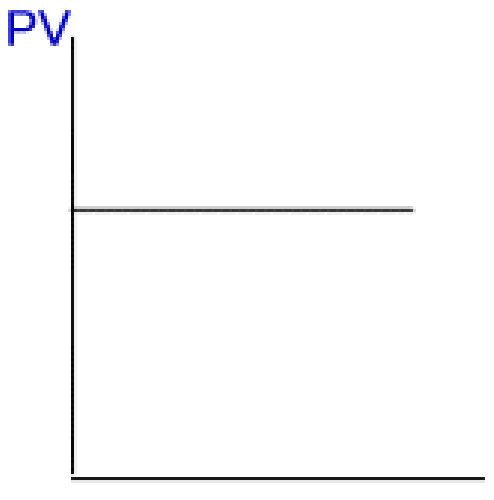
" ที่อุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน "

$$V \alpha \frac{1}{P}$$

$$P_1V_1 = P_2V_2$$







กฎของบอยล์ (Boyle's law)

ตัวอย่างที่ 1 แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 400 cm^3 ภายใต้ความดัน 0.8 atm ที่อุณหภูมิคงที่ ถ้าความดันเพิ่มขึ้นเป็น 1 atm แก๊สจะมีปริมาตรกี่ลิตร

กฎของบอยล์ (Boyle's law)

ตัวอย่างที่ 2 แก๊สไฮโดรเจนจำนวนหนึ่งมีปริมาตร 100 dm^3 ที่ความดัน 1 atm ที่ 27 $^{\circ}C$ ถูกบรรจุในถังที่มีปริมาตร 20 dm^3 ความดันของแก๊สไฮโดรเจนเมื่ออยู่ในถังเป็นเท่าไรที่อุณหภูมิคงตัว

กฎของชาร์ล (Charles's law)

- ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T) และปริมาตร (V)

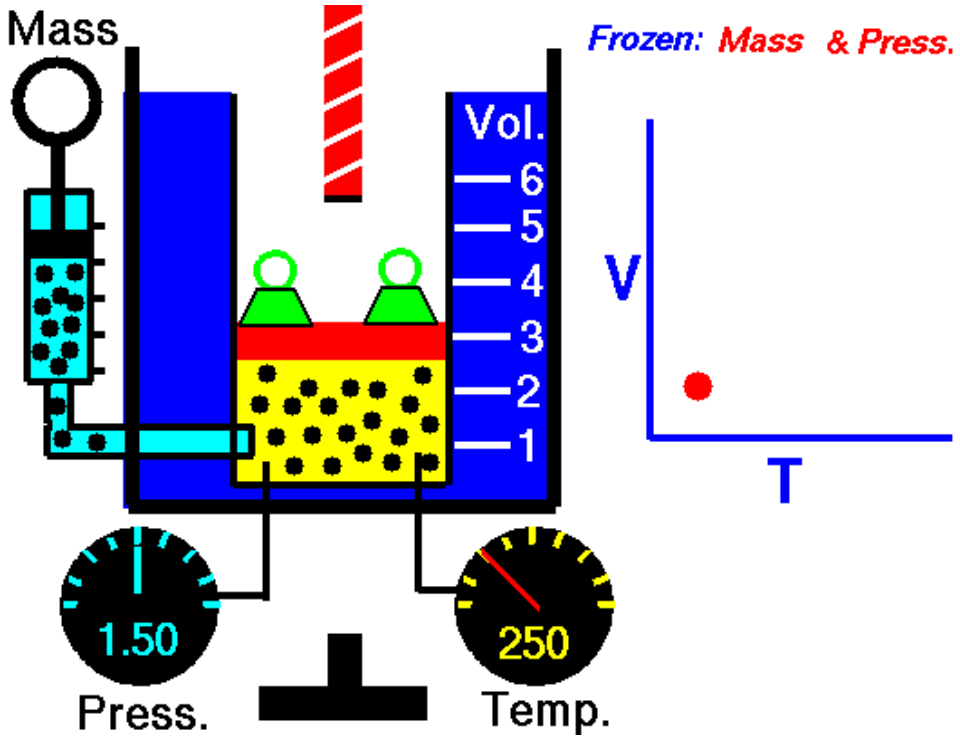
"เมื่อมวลและความดันของแก๊สคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน"

$$V \propto T$$

$$V = kT$$

$$\frac{V}{T} = k$$

เมื่อ k = ค่าคงตัวเมื่อมวลและความดันของแก๊ส



กฎของชาร์ล (Charles's law)

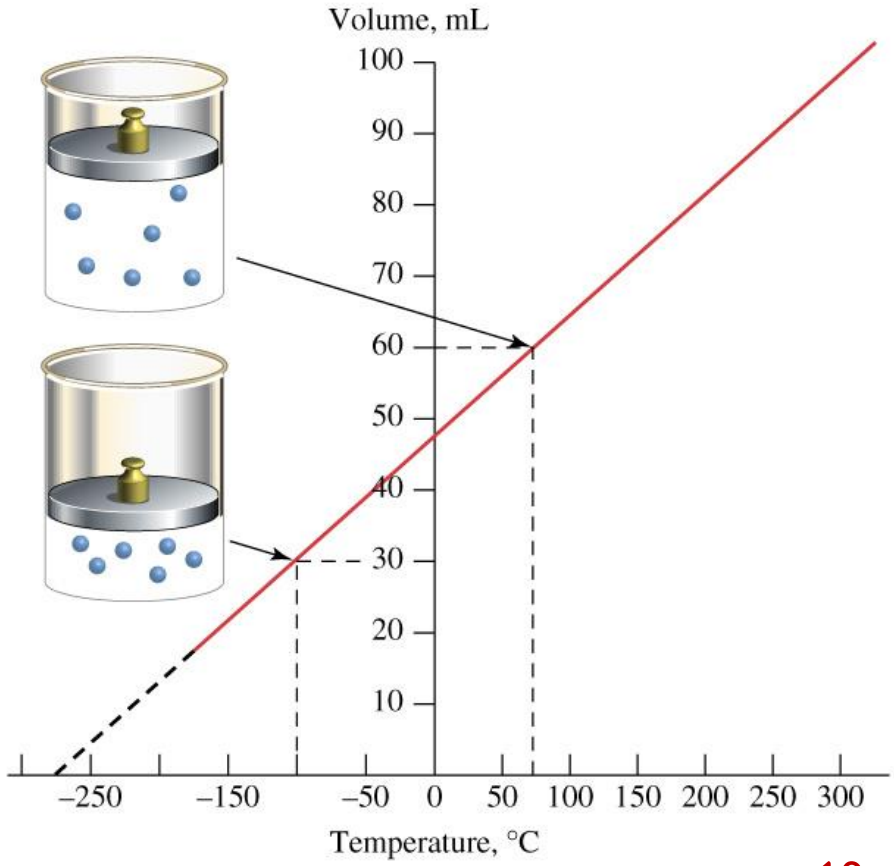
เมื่อเปรียบเทียบแก๊สชนิดเดียวกันที่มวลและความดันคงตัว เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิและความดันจะได้ความสัมพันธ์

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

เมื่อ

V_1 และ T_1 = ปริมาตรและอุณภูมิที่สภาวะที่หนึ่ง

V_2 และ T_2 = ปริมาตรและอุณภูมิที่สภาวะที่สอง

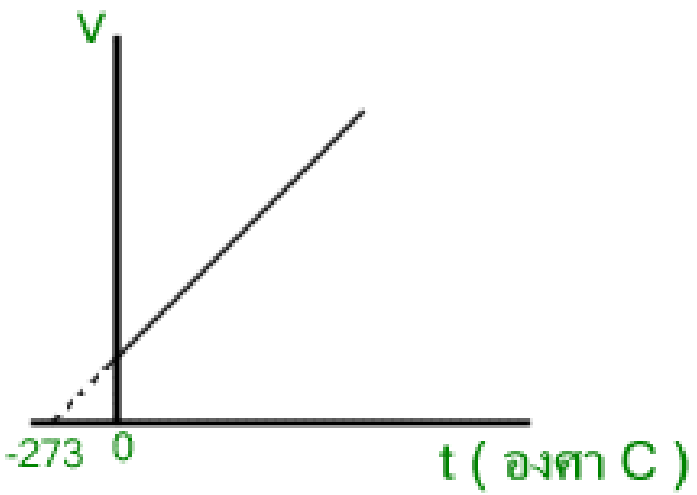


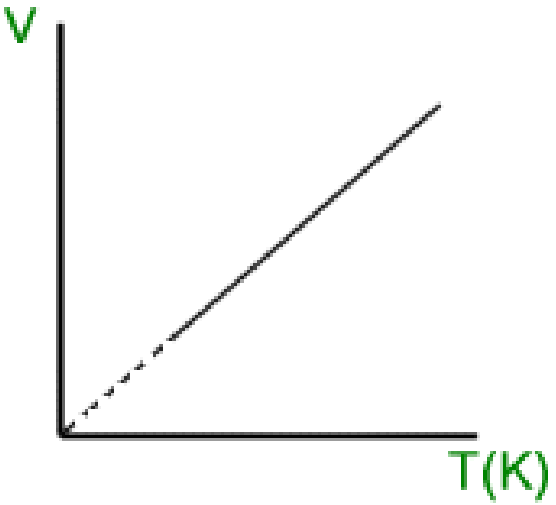
กฎของชาร์ล (Charles's law)

- ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T) และปริมาตร (V)

"เมื่อมวลและความดันของแก๊สคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน"

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





กฎของชาร์ล (Charles's law)

ตัวอย่างที่ 3 แก๊สไนโตรเจนมีปริมาตร 800 cm^3 จะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นเท่าใด ถ้าเพิ่มอุณหภูมิจาก 0 °C เป็น 47 °C โดยไม่เปลี่ยนแปลงความดัน

กฎของชาร์ล (Charles's law)

ตัวอย่างที่ 4 แก๊ส CO_2 บรรจุในปริมาตร 300 cm^3 ที่อุณหภูมิ 100 $^{\circ}C$ และความดัน 750 torr จงคำนวณหาปริมาตรของแก๊ส CO_2 ที่อุณหภูมิ 30 $^{\circ}C$ ความดัน 750 torr

กฎของเกย์-ลูสแซก (Gay-Lussac's law)

- ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) และอุณหภูมิ (T)

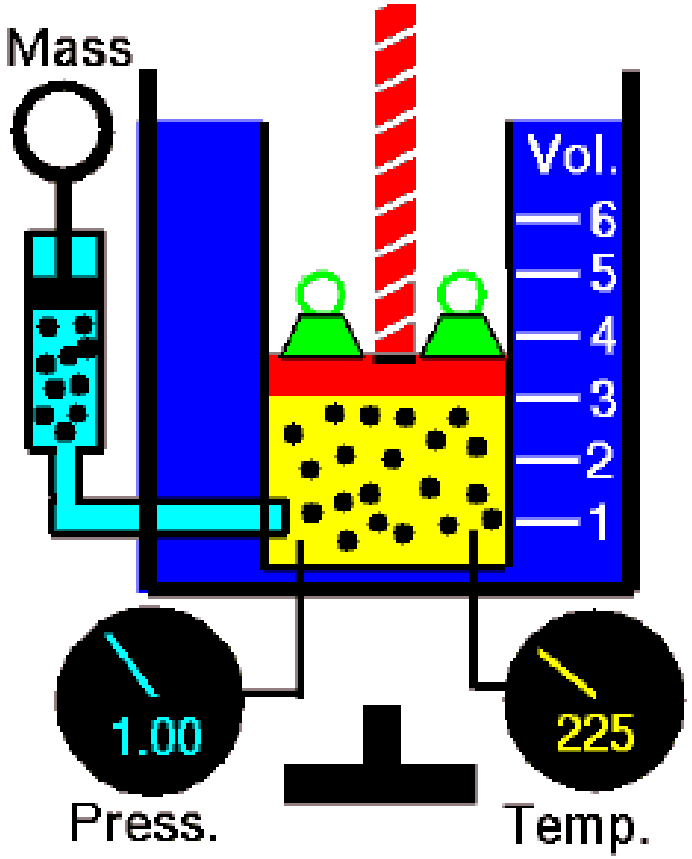
"เมื่อปริมาตรและมวลแก๊สคงที่ ความดันของแก๊สจะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิเคลวิน"

จากความสัมพันธ์ดังกล่าว จะได้ว่า

$$P \propto T$$

หรือ

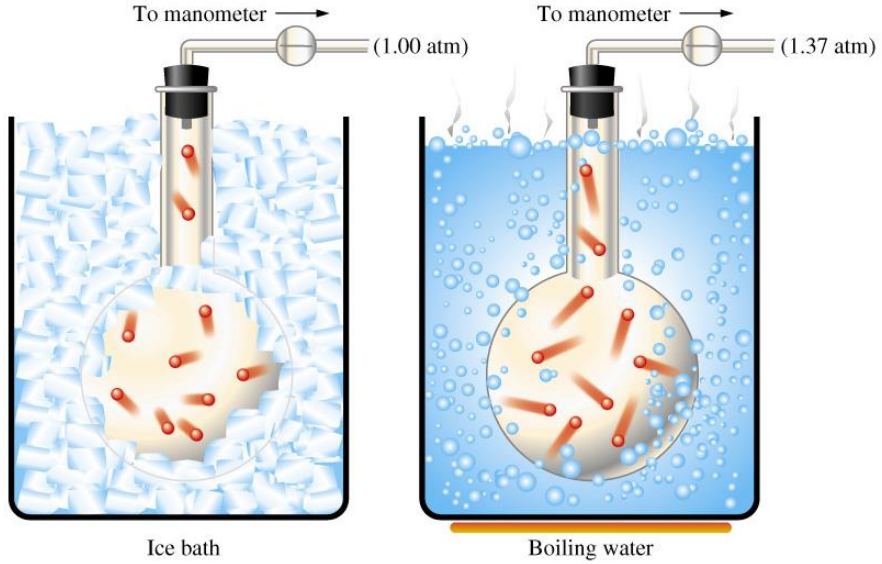
$$\frac{P}{T} = k$$



กฎของเกย์-ลูสแซก (Gay-Lussac's law)

เมื่อเปรียบเทียบแก๊สชนิดเดียวกันที่มวลและความดันคงตัว เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิและความดันจะได้ความสัมพันธ์

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



เมื่อ

P_1 และ T_1 = ปริมาตรและอุณภูมิที่สภาวะที่หนึ่ง

P_2 และ T_2 = ปริมาตรและอุณภูมิที่สภาวะที่สอง

กฎของชาร์ลและเกย์-ลูสแซก

ตัวอย่างที่ 5 แก๊สจำนวนหนึ่งอยู่ในภาชนะเหล็ก มีความดัน 760 torr ที่อุณหภูมิ 25 °C จงหาความดันของแก๊สในภาชนะเหล็ก ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 50 °C

กฎของชาร์ลและเกย์-ลูสแซก

ตัวอย่างที่ 6 ถ้าบรรจุแก๊สในภาชนะ 10 ลิตร ความดัน 2 atm ที่อุณหภูมิ 0 °C มีอุณหภูมิกี่ °C ที่ความดันเป็น 2.5 atm

กฎของอโวกาโด

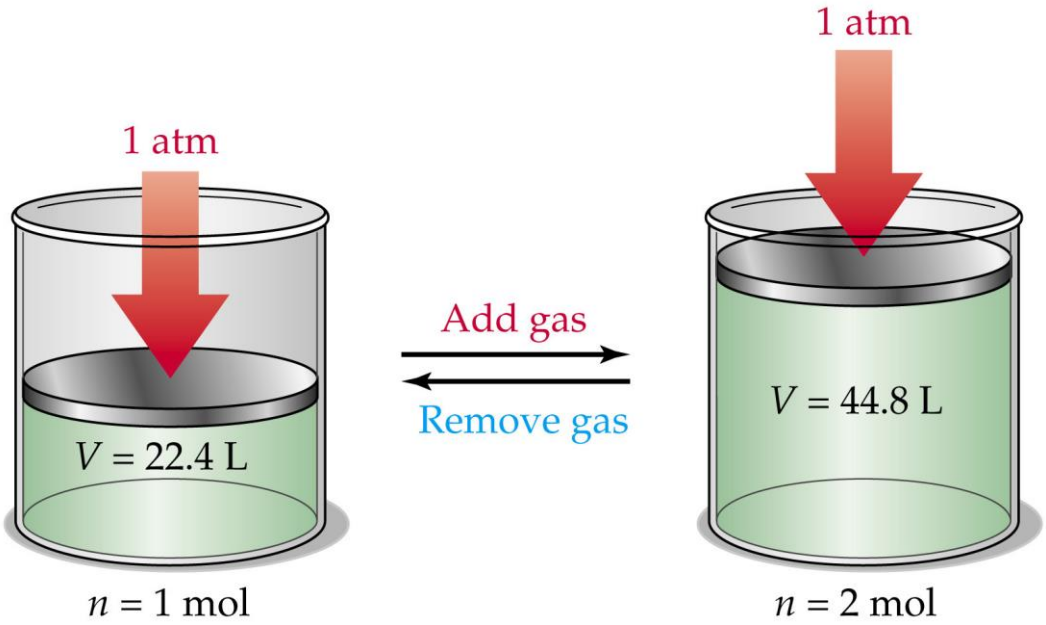
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ (n) และปริมาตร (V)

“ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน แก๊สที่มีปริมาตรเท่ากันจะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน”

$$V \propto n$$

$$\frac{V}{n} = k$$

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$



เมื่อ

V_1 และ n_1 = ปริมาตรและปริมาณสารที่สภาวะที่หนึ่ง

V_2 และ n_2 = ปริมาตรและปริมาณสารที่สภาวะที่สอง

กฎของแก๊สอุดมคติ

Boyle's law : $V \alpha \frac{1}{P}$

Charles's law : $V \alpha T$

Avogadro's law : $V \alpha n$

$V \alpha \frac{nT}{P}$

จากความสัมพันธ์ดังกล่าว จะได้ว่า

$$V = R\left(\frac{nT}{P}\right) \quad \text{หรือ} \quad PV = nRT$$

กฎของแก๊สอุดมคติ

$$PV = nRT$$

เมื่อ P = ความดัน

V = ปริมาตร

n = จำนวนโมล

T = อุณหภูมิ

R = ค่าคงที่ของแก๊ส

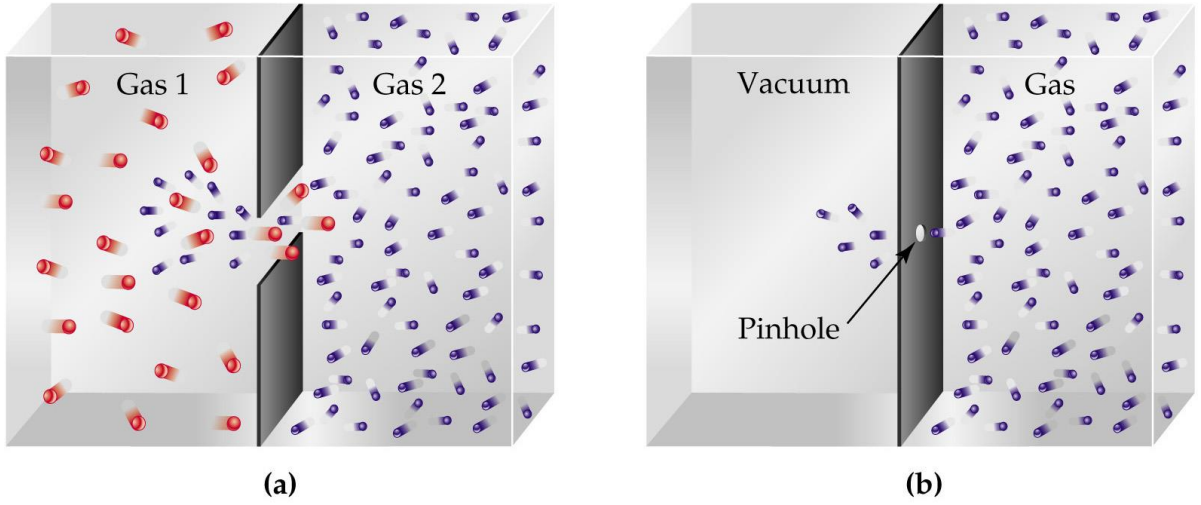
กฎของแก๊สอุดมคติ

gas constant (R)	Unit
0.08206	L atm/mol K
1.987	cal/mol K
8.314	J/mol K
8.314	m^3 Pa/mol K
8.314	L kPa/mol K
62	L torr/mol K

การแพร่ของแก๊ส

•การแพร่ของแก๊ส (Diffusion of gases) เป็นการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแก๊สตั้งแต่ 2 ชนิด ขึ้นไป จากที่มีความดันสูงไปสู่ส่วนที่มีความดันต่ำ โดยที่โมเลกุลของแก๊สแต่ละชนิดสามารถสอดแทรกผสมกลมกลืนกัน หรืออาจชนกันระหว่างโมเลกุลของแก๊สที่เคลื่อนที่ผ่านนั้นได้

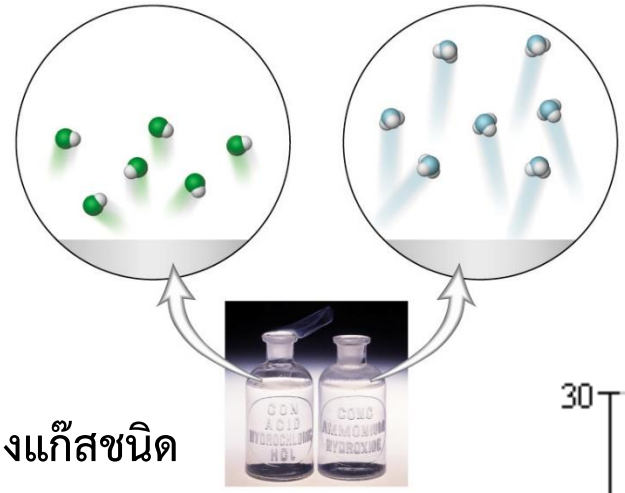
•การแพร่ผ่านของแก๊ส (Effusion of gases) หมายถึงกระบวนการที่แก๊สเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความดันสูงไปสู่ส่วนที่มีความดันต่ำ ผ่านรูที่เล็กมากๆ โดยโมเลกุลไม่ชนกันเอง (ideal flow)



การแพร่ของแก๊ส

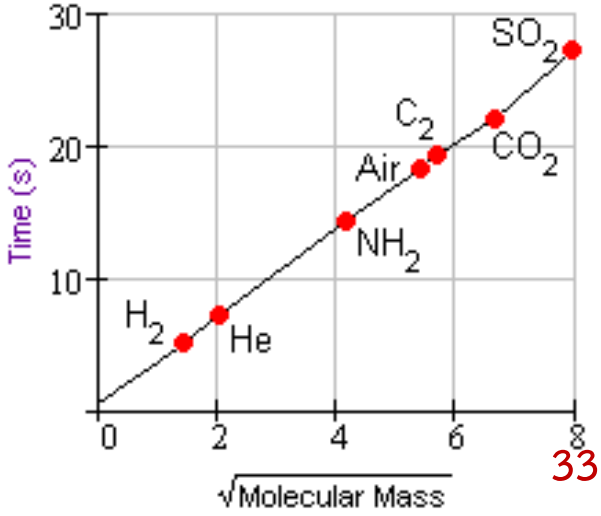
•Graham's law: “ภายใต้อุณหภูมิและความดันเดียวกัน อัตราการแพร่ผ่านของแก๊สจะเป็นสัดส่วนผกผันกับรากที่สองของมวลโมเลกุลของแก๊ส”

$$r \propto \frac{1}{\sqrt{M}}$$



เปรียบเทียบการแพร่ผ่านหรือการแพร่ของแก๊สชนิดที่ 1 และ 2 ภายใต้สภาวะเดียวกันจะได้

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$



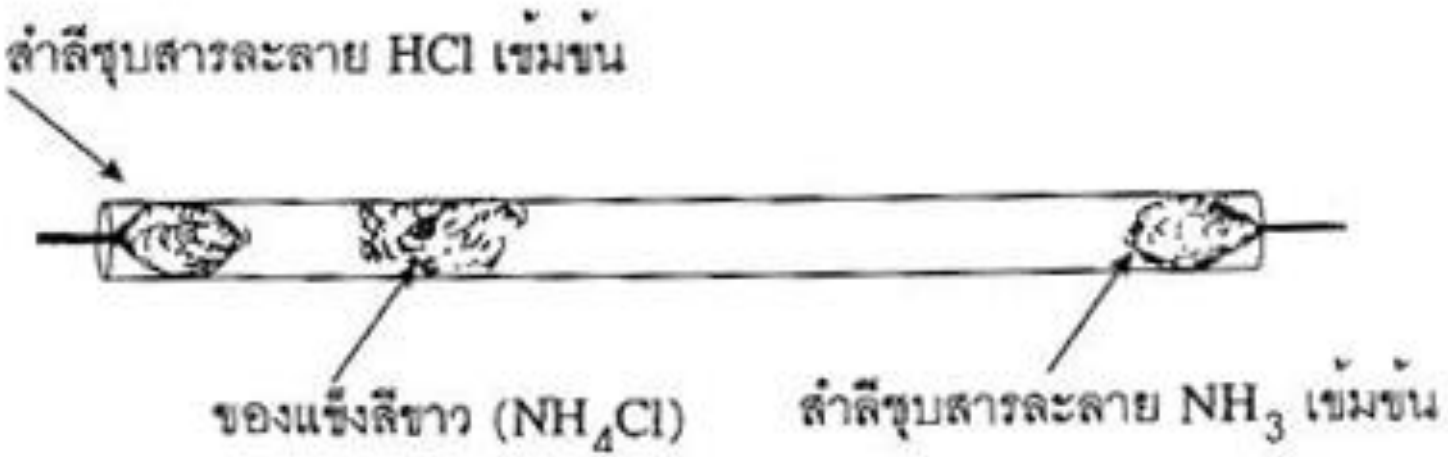
การแพร่ของแก๊ส

ตัวอย่างที่ 7 จงเปรียบเทียบอัตราการแพร่ผ่านของฮีเลียมและไนโตรเจนที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน (มวลอะตอมของ He = 4, N = 14)

การแพร่ของแก๊ส

ตัวอย่างที่ 8 จงเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของโมเลกุลดังต่อไปนี้ Ne, N_2, O_2, NO_2, Ar

การแพร่ของแก๊ส



รูปที่ 5.42 *แสดงการแพร่ของแก๊ส NH_3 และ แก๊ส HCl ในหลอดแก้ว*