ใบความรู้ที่ 2 ประกอบแผนที่ 2 เรื่อง กฎของเกย์-ลูสแซก และกฎรวมของแก๊ส

กฎของเกย์ลูสแซก (Gay-Lussac's Law)

เกย์ลูสแซกและอามันตัน นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ได้ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอุณหภูมิของแก๊ส จากผลการทดลองได้ตั้งเป็นกฎที่เรียกว่า กฎของเกย์ลูสแซก

ภาพที่ 4.24 โซแซฟ-ลุย เกย์-ลูแซก
ที่มา : http://chemistryhungergames.weebly.com

กฎของเกย์ลูสแซก กล่าวว่า "***เมื่อปริมาตรและมวลคงที่ ความดันของแก๊สจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน***" สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$P \propto T$ เมื่อปริมาตรและมวลของแก๊สคงที่

ดังนั้น $P = TK$

หรือ $\frac{P}{T} = K$

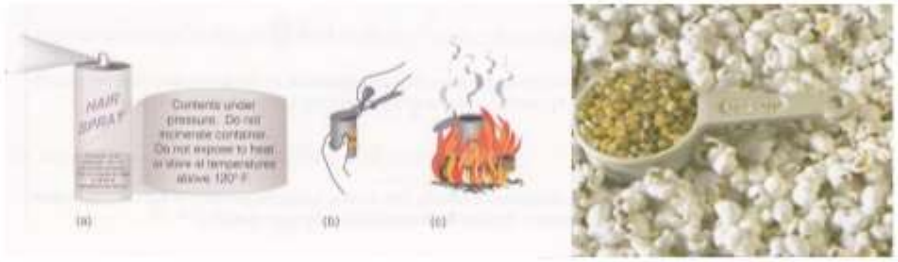
หรือ $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

เมื่อ P = ความดันของแก๊ส

T = อุณหภูมิของแก๊สหน่วยเคลวิน

k = ค่าคงที่

ตัวอย่าง กฎของเกย์ลูสแซก (gay-lussac's law) ที่พบในชีวิตประจำวัน ได้แก่ การระเบิดของกระป๋องสีสเปรย์หรือกระป๋องสเปรย์น้ำหอมเมื่อได้รับความร้อน (a) การเปิดฝากระป๋องก่อนอุ่นอาหาร (b และ c) การทำข้าวโพดคั่ว ซึ่งเมื่อปริมาตรของแก๊สในกระป๋องคงที่ ถ้าอุณภูมิเพิ่มขึ้นความดันในกระป๋องก็จะเพิ่ม ความดันสูงมากจะทำให้กระป๋องระเบิดและเมล็ดข้าวโพดแตกบาน



ภาพที่ 4.25 แสดงอุณภูมิมีผลต่อความดันในกระป๋องและเมล็ดข้าวโพด
ที่มา : Burns, 1999, p. 354-355

ตัวอย่างการคำนวณ เรื่อง กฎของเกย์ลูสแซก

<u>ตัวอย่างที่ 3</u> อากาศในถังใบหนึ่งมีความดัน 640 mmHg ที่ 23 ° C เมื่อวางไว้กลางแดด อุณหภูมิเพิ่มเป็น 48 °C ความดันของอากาศในถังจะเป็นเท่าใด

วิธีคิด สภาวะที่ 1 : $P_1 = 640\ mmHg$ $T_1 = 273 + 23 = 296\ K$

สภาวะที่ 2 : $P_2 = ?\ mmHg$ $T_2 = 273 + 48 = 321\ K$

จากกฎของกฎของเกย์ลูสแซก $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ ที่ V และ m คงที่

แทนค่าในสมการ $\frac{640mmHg}{296K} = \frac{P_2\ mmHg}{321K}$

$$P_2 = \frac{640mmHg \times 321K}{296K}$$

$$P_2 = 694mmHg$$

∴ ความดันของอากาศในถังที่ 48 °C = 693 mmHg

ตัวอย่างที่ 4 แก๊ส X จำนวนหนึ่งบรรจุในถังซึ่งมีปริมาตร 2 (l) วัดความดันที่อุณหภูมิ 27 °C ได้เท่ากับ 800 mmHg ถ้าต้องการให้ความดันของแก๊ส X ภายในถังเพิ่มขึ้นอีก 200 mmHg จะต้องเพิ่มอุณหภูมิกี่องศาเซลเซียส

วิธีคิด สภาวะที่ 1 : $P_1 = 800$ mmHg $T_1 = 273 + 27 = 300$ K

สภาวะที่ 2 : $P_2 = 800 + 200 = 1{,}000$ mmHg $T_2 = ?$ °C

จากกฎของกฎของเกย์ลูสแซก $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ ที่ V และ m คงที่

แทนค่าในสมการ $\frac{800\text{mmHg}}{300\text{K}} = \frac{1{,}000\text{mmHg}}{T_2\ \text{K}}$

$$T_2 = \frac{1{,}000\text{mmHg} \times 300\text{K}}{800\text{mmHg}}$$

$$T_2 = 375\text{K}$$

$$t_2 = 375 - 273 = 102\ ^\circ\text{C}$$

$\therefore$ จะต้องเพิ่มอุณหภูมิอีก 102 - 27 = **75** °C

กฎรวมแก๊ส (Combined Gas Law)

เนื่องจากกฎของบอยล์และชาร์ลกล่าวถึงเฉพาะความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดัน และปริมาตรกับอุณหภูมิ แต่การเปลี่ยนแปลงในธรรมชาติอาจเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน ดังนั้นจึงมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊สในขณะที่มวลมีค่าคงที่ ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน อุณหภูมิ และปริมาตรที่แสดงไว้นี้เรียกว่า "กฎรวมแก๊ส" ซึ่งสามารถไปใช้ในการคำนวณหาความดัน ปริมาตรและอุณภูมิของแก๊สได้ จากกฎของบอยล์ และชาร์ล สามารถนำมารวมได้เป็นกฎรวมแก๊ส ดังสมการ

ตามกฎของบอยล์ $PV = k$ (T และ n คงที่)

ตามกฎของชาร์ล $\frac{V}{T} = k$ (P และ n คงที่)

จะได้กฎรวมของสองกฎนี้ คือ $\frac{PV}{T} = k$

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

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

เมื่อปริมาณหรือจำนวนโมเลกุลของแก๊สคงที่

<u>ตัวอย่างที่ 6</u> แก๊สเฉื่อยจำนวนหนึ่ง บรรจุในภาชนะขนาด 20.0 (l) ที่อุณภูมิ 37 °C วัดความดันได้ 5.0 atm

ก. ถ้าทำให้ความดันลดลง 2.0 atm ที่อุณหภูมิ 27 °C จะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่าใด

วิธีคิด สภาวะที่ 1 : P_1 = 5 atm V_1 = 20.0 (l) T_1 = 273 + 37 = 310 K

สภาวะที่ 2 : P_2 = 5 - 2 = 3.0 atm V_2 = ? (l) T_2 = 273 + 27 = 300 K

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

แทนค่าในสมการ $\frac{5atm \times 20.0(l)}{310K} = \frac{3atm \times V_2}{300K}$

$$V_2 = \frac{5atm \times 20.0(l) \times 300K}{310K \times 3atm}$$

$$V_2 = 32.3\ (l)$$

$\therefore$ ปริมาตรแก๊สจะเพิ่มขึ้น 32.3 - 20.0 = 12.3 (l)

ข. ถ้าต้องการให้ปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้น 10% ที่ความดัน 4.0 atm ควรเพิ่มหรือลดอุณหภูมิ กี่องศาเซลเซียส

วิธีคิด หาปริมาตรที่เพิ่มขึ้น 10%

ปริมาตรของแก๊ส 100 L แก๊สจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น 10 (l)

ถ้าปริมาตรแก๊ส 20 L แก๊สจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น $= \frac{10 \times 20}{100} = 2.0$ (l)

สภาวะที่ 1 : $P_1 = 5$ atm $V_1 = 20.0$ L $T_1 = 273 + 37 = 310$ K

สภาวะที่ 2 : $P_2 = 4.0$ atm $V_2 = 20 + 2 = 22$ (l) $T_2 = ?$ K

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

แทนค่าในสมการ $\frac{5\text{atm} \times 20.0(\text{l})}{310\text{K}} = \frac{4\text{atm} \times 22.0(\text{l})}{T_2\ \text{K}}$

$$T_2 = \frac{4\text{atm} \times 22.0(\text{l}) \times 310\text{K}}{5\text{atm} \times 20.0(\text{l})}$$

$$T_2 = 272.8\ \text{K}$$

$\therefore$ ควรจะลดอุณหภูมิเท่ากับ 272.8 – 273 = - 0.2 ℃

ค. ถ้าลดอุณหภูมิให้เหลือเพียง 0°C แต่ขยายปริมาตรให้เป็น 25.0 (l) ความดันจะเปลี่ยนไปร้อยละเท่าใด

วิธีคิด สภาวะที่ 1 : $P_1 = 5$ atm $V_1 = 20.0$ (l) $T_1 = 273 + 37 = 310$ K

สภาวะที่ 2 : $P_2 = ?$ atm $V_2 = 25.0$ (l) $T_2 = 273 + 0 = 273$ K

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

แทนค่าในสมการ $\frac{5\text{atm} \times 20.0(\text{l})}{310\text{K}} = \frac{P_2\ \text{atm} \times 25(\text{l})}{273\text{K}}$

$$P_2 = \frac{5\text{atm} \times 20.0(\text{l}) \times 273\text{K}}{310\text{K} \times 25(\text{l})}$$

$$P_2 = 3.5\ \text{atm}$$

$\therefore$ คิดเป็นร้อยละ $\frac{3.5}{5.0} \times 100 = 29\%$