

ภาคผนวก ข.

แผนการสอนปกติตามคู่มือครูของ สสวท.

แผนการสอนที่	หัวข้อ	เวลา(คาบ)
1	สถานะของสาร	1
2	กฎของบอยล์	1
3	กฎของชาร์ล	1
4	กฎของเกย์ลูสแซก	1
5	กฎรวมก๊าซ	1
6	กฎของอาโวกาโดรและกฎของก๊าซสมมติ	2
7	กฎการแพร่ของก๊าซ	1
8	ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ	1

แผนการสอนที่ 1

เรื่อง สถานะของสาร

คาบที่ 1

มโนคติ

สถานะของสารที่ปรากฏเป็นก๊าซของเหลว หรือของแข็งจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ อาจทำให้เปลี่ยนสถานะได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับการเปลี่ยนสถานะของสารได้
2. บอกสถานะของสาร ณ. อุณหภูมิที่กำหนดให้ เมื่อทราบจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารนั้นได้

เนื้อหา

สถานะของสารที่พบจะมีทั้งก๊าซของเหลวและของแข็ง สารต่างชนิดกัน ที่อุณหภูมิหนึ่งอาจมีสถานะเหมือนกัน หรือแตกต่างกันก็ได้ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารชนิดนั้น ๆ โดยที่

1. ถ้าสารนั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมเหลว สารจะมีสถานะเป็นของแข็ง
2. ถ้าสารนั้นมีอุณหภูมิมากกว่าจุดหลอมเหลวแต่ต่ำกว่าจุดเดือด สารนั้นจะมีสถานะเป็นของเหลว
3. ถ้าสารนั้นมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือด สารจะมีสถานะเป็นก๊าซ

ดังนั้นการเปลี่ยนอุณหภูมิอาจทำให้สารเปลี่ยนสถานะได้

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นนำ

1. ครูใช้คำถามเพื่อทบทวนความรู้เดิม ดังต่อไปนี้

- สารที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวันมีสถานะอะไรบ้าง ?

ตอบ มีทั้งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ

- ให้นักเรียนยกตัวอย่างสารที่มีสถานะเป็นของแข็ง สถานะเป็นของเหลว และสารที่มีสถานะเป็นก๊าซ

ตอบ สถานะของแข็งเช่น หินปูน ทองแดง ตะกั่ว.....

สถานะของเหลวเช่น ปรอท น้ำ.....

สถานะก๊าซเช่น ออกซิเจน นีออน ฮีเลียม.....

2. ครูใช้คำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน ดังต่อไปนี้

- สารชนิดเดียวที่มีการเปลี่ยนสถานะเป็นได้ทั้งสามสถานะ นักเรียนคิดว่ามีหรือไม่มี ถ้ามีจงยกตัวอย่างด้วย

ตอบ มี เช่น น้ำ

- นักเรียนคิดว่ามีปัจจัยอะไรที่ทำให้สารเปลี่ยนสถานะได้

ตอบ อุณหภูมิ

ขั้นสอน

1. ครูนำอภิปรายโดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.1 ในบทเรียนซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานะของสารกับจุดเดือด และจุดหลอมเหลว เพื่อให้ นักเรียน ได้รู้จักจุดเดือด และจุดหลอมเหลว ของสารบางชนิด

ตาราง 4.1 จุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารบางชนิด

ชื่อสาร	สถานะของสาร (ที่ 25°C)	จุดหลอมเหลว ($^{\circ}\text{C}$)	จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)
นีออน	ก๊าซ	-249	-246
ออกซิเจน	ก๊าซ	-219	-182.8
คลอรีน	ก๊าซ	-100.8	-34
น้ำ	ของเหลว	0	100
ปรอท	ของเหลว	-39	357
โซเดียม	ของแข็ง	98	885
อะลูมิเนียม	ของแข็ง	660	2327

2. ครูนำอภิปรายเพื่อให้นักเรียนได้ทราบว่า ออกซิเจนมีจุดหลอมเหลว -219°C และจุดเดือด -182.8°C

- ถ้าออกซิเจนมีอุณหภูมิต่ำกว่า -219°C ออกซิเจนจะมีสถานะเป็นของแข็ง
- ถ้าเพิ่มอุณหภูมิขึ้นจนถึง -219°C ออกซิเจนจะมีสถานะเป็นของเหลว
- ถ้าเพิ่มอุณหภูมิขึ้นจนถึง -182.8°C ออกซิเจนจะมีสถานะเป็นก๊าซ

3. ครูใช้คำถามกับนักเรียนดังต่อไปนี้ เพื่อให้นักเรียนสามารถบอกสถานะของสารได้ เมื่อทราบจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสาร

- จากตารางที่ 4.1 ที่อุณหภูมิ 30°C จะมีสารใดบ้างที่มีสถานะเป็นก๊าซ เพราะอะไร
ตอบ นีออน ออกซิเจน และคลอรีน เพราะมีจุดเดือดต่ำกว่า 30°C
 - จากตารางที่ 4.1 ที่อุณหภูมิ 30°C จะมีสารใดบ้างที่มีสถานะเป็นของเหลว เพราะอะไร
ตอบ น้ำและปรอท เพราะมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่า 30°C และจุดเดือดสูงกว่า 30°C
 - จากตารางที่ 4.1 ที่อุณหภูมิ 30°C จะมีสารใดบ้างที่มีสถานะเป็นของแข็ง เพราะอะไร
ตอบ อะลูมิเนียมและโซเดียม เพราะมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูงกว่า 30°C
4. ครูใช้คำถามต่อไปนี้เพื่อให้นักเรียนได้เห็นว่าการเปลี่ยนอุณหภูมิอาจทำให้สถานะของสารเปลี่ยนแปลงได้
- ที่อุณหภูมิ 120°C สารใดบ้างที่มีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ
ตอบ อะลูมิเนียม มีสถานะเป็นของแข็ง
 ปรอทและโซเดียม มีสถานะเป็นของเหลว
 น้ำ ออกซิเจน คลอรีน และนีออน มีสถานะเป็นก๊าซ
 - การเปลี่ยนอุณหภูมิจาก 30°C เป็น 120°C จะมีสารใดบ้างที่มีสถานะเปลี่ยนไป
ตอบ น้ำและโซเดียม โดยที่ น้ำเปลี่ยนจากของเหลวเป็นก๊าซ โซเดียมเปลี่ยนจากของแข็งเป็นของเหลว

ขั้นสรุป

- ครูให้นักเรียนสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับการเปลี่ยนสถานะของสารได้ว่า
1. การเปลี่ยนอุณหภูมิอาจทำให้สถานะของสารเปลี่ยนไปได้
 2. ณ อุณหภูมิหนึ่งสารจะมีสถานะใดขึ้นอยู่กับจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสาร

แผนการสอนที่ 2

เรื่อง กฎของบอยล์ (Boyle's law)

ตอนที่ 2

มโนคติ

ณ ที่อุณหภูมิคงที่ก๊าซใด ๆ ที่มีมวลคงที่ ปริมาตรของก๊าซนั้นจะแปรผกผันกับความดันของก๊าซ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของความดันที่มีต่อปริมาตรของก๊าซได้
2. บอกความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดันของก๊าซเมื่อมวลและอุณหภูมิคงที่ได้

เนื้อหา

ในปี ค.ศ. 1662 Robert Boyle นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษได้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของก๊าซ และความดันของก๊าซพบว่า “ณ อุณหภูมิคงที่ ก๊าซใด ๆ ที่มีมวลคงที่ ปริมาตรของก๊าซนั้นจะแปรผกผันกับความดันของก๊าซ” นั่นคือ ถ้าเพิ่มปริมาตรก๊าซเป็น 2 เท่าของปริมาตรเดิม ณ ที่อุณหภูมิตั้งแต่หนึ่ง ๆ ก๊าซนั้นจะมีความดันลดลง 2 เท่าเช่นกัน เมื่อมวลของก๊าซนี้ไม่เปลี่ยน ต่อมาความสัมพันธ์นี้เรียกว่า กฎของบอยล์ (Boyle's law)

ถ้ากำหนดให้ V แทนปริมาตรของก๊าซ

P แทนความดันของก๊าซ

จะแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$V \propto \frac{1}{P} \quad \text{เมื่ออุณหภูมิและมวลของก๊าซคงที่}$$

$$\text{หรือ } PV = k \quad \text{เมื่อ } k \text{ เป็นค่าคงที่}$$

ดังนั้นเมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาตร หรือความดันของก๊าซ ณ ที่อุณหภูมิคงที่จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับความดันได้ดังนี้

$$V_1 P_1 = V_2 P_2 = \dots\dots\dots P_n V_n = k$$

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นนำ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนให้นักเรียนยกตัวอย่างสารต่าง ๆ ที่นักเรียนรู้จักในชีวิตประจำวันที่มีสถานะเป็นก๊าซ (เช่น ก๊าซออกซิเจน ไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์---) แล้วครูใช้คำถามดังต่อไปนี้

- นักเรียนจะวัดปริมาณสารที่มีสถานะเป็นก๊าซเหล่านั้น จะวัดในลักษณะใดจึงจะสะดวกที่สุด

ตอบ วัดปริมาตร, วัดน้ำหนัก-----

- ก๊าซหุงต้มที่อยู่ในครัวเรือนที่นักเรียนพบ มักจะวัดปริมาณก๊าซเหล่านั้นในลักษณะใด

ตอบ วัดมวล

- ถ้าก๊าซออกซิเจนที่ใช้ตามโรงพยาบาลมักจะวัดปริมาณก๊าซเหล่านั้นในลักษณะใด

ตอบ วัดปริมาตรหรือความดัน

- นักเรียนคิดว่า ปริมาตรของก๊าซกับความดันของก๊าซจะมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

ขั้นตอน

1. ครูนำอภิปรายเพื่อให้นักเรียนได้ทราบว่า ปริมาตรของก๊าซเปลี่ยนแปลงได้ตามขนาดของภาชนะที่บรรจุ ซึ่งเป็นสมบัติประการหนึ่งของก๊าซที่แตกต่างสารในสถานะอื่นๆ
2. ครูนำอภิปรายถึงแรงที่กระทำต่อผนังของภาชนะ ทุกครั้งจะทำให้เกิดแรงดัน(F)
3. ครูนำอภิปรายเพื่อให้นักเรียนได้ทราบถึงความดันซึ่งเกิดจากแรงดันที่กระทำต่อพื้นที่ของภาชนะ
4. ครูถามนักเรียนว่าความดันจะมีผลต่อปริมาตรของก๊าซหรือไม่อย่างไร
5. ครูให้นักเรียนศึกษาวิธีการทดลองว่าผลของความดันที่มีต่อปริมาตรของก๊าซจากการทดลองที่ 4.1 ตอนที่ 1 ในหนังสือเรียน

การอภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูสาธิตการใช้กระบอกฉีดยาบรรจุอากาศให้ได้ปริมาตรตามต้องการ และชี้ให้นักเรียนเห็นว่าขณะกดก้านหลอดฉีดยาความดันของก๊าซในกระบอกฉีดยาจะเท่ากับความดันภายนอกที่กดไว้ขณะนั้น
2. ครูบอกจุดประสงค์ของการทดลองกับนักเรียนว่า เมื่อนักเรียนทำการทดลองแล้ว นักเรียนต้องสามารถ
 - ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของความดันที่มีต่อปริมาตรของก๊าซได้
 - บอกผลของความดันที่มีต่อปริมาตรของก๊าซเมื่ออุณหภูมิคงที่ได้

การทดลอง

ครูให้นักเรียนทำการทดลองและบันทึกผลตามขั้นตอนในหนังสือเรียน

การอภิปรายหลังการทดลอง

1. ครูใช้คำถามดังต่อไปนี้

- นักเรียนคิดว่าปริมาตรของอากาศในหลอดฉีดยามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

ตอบ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เพราะปลายหลอดฉีดยาถูกปิดไว้

- ถ้าปริมาตรของอากาศไม่เปลี่ยนแปลง นักเรียนคิดว่ามวลของอากาศจะคงที่ด้วยหรือไม่ เพราะอะไร

ตอบ คงที่ เพราะปริมาณของอากาศคงที่ทำให้มวลของอากาศคงที่ด้วย

- จากการทดลอง ความดันมีผลต่อปริมาตรของอากาศหรือไม่ อย่างไร

ตอบ มี เมื่อเพิ่มความดันปริมาตรของก๊าซจะลดลง

เมื่อลดความดันปริมาตรของก๊าซจะเพิ่มขึ้น

- ปริมาตรของก๊าซและความดัน มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

ตอบ สัมพันธ์กันแบบผกผัน

2. ครูให้นักเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของความดันกับปริมาตรของก๊าซ

3. ครูนำอภิปรายให้นักเรียนได้ทราบว่า ความสัมพันธ์ของความดันกับปริมาตรของก๊าซที่ได้จากการทดลองนั้นเรียกว่า กฎของบอยล์ (Boyle's law) ซึ่งกล่าวว่า "เมื่ออุณหภูมิและมวลของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผกผันกับความดัน"

เมื่อให้ V แทนปริมาตรของก๊าซ

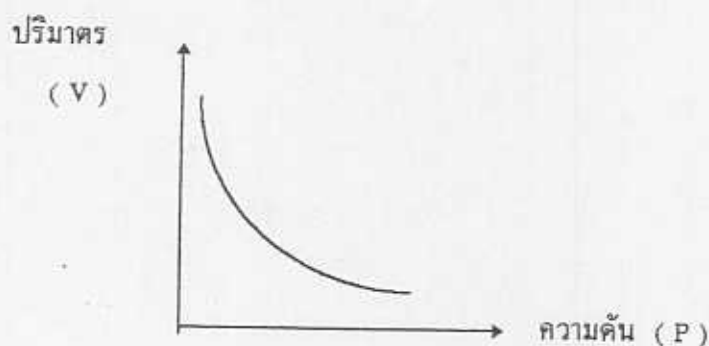
P แทนความดันของก๊าซ

จะแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$V \propto \frac{1}{P} \quad \text{เมื่ออุณหภูมิและมวลของก๊าซคงที่}$$

$$\text{หรือ} \quad VP = K \quad \text{เมื่อ } K \text{ เป็นค่าคงที่}$$

และแสดงความสัมพันธ์ของความดัน และปริมาตรก๊าซได้ตามรูปกราฟ



- ครูยกตัวอย่างให้กับนักเรียนพร้อมกับอธิบายวิธีทำดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 ก๊าซชนิดหนึ่งบรรจุในถัง 20 ลิตร มีความดัน 2 บรรยากาศเมื่อนำมาถ่ายลงสู่ถังใบใหม่ซึ่งมีปริมาตร 50 ลิตร โดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง และมวลของก๊าซยังเท่าเดิมความดันของก๊าซในถังใหม่จะเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร

ตอบ เปลี่ยนแปลง โดยความดันจะลดลงเพราะตามกฎของบอยล์ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผกผันกับความดัน โดยอุณหภูมิและมวลของก๊าซคงที่

ตัวอย่างที่ 2 ก๊าซออกซิเจนจำนวนหนึ่งที่อุณหภูมิห้อง และความดัน 1 atm. จะมีปริมาตร 10 ลิตร ถ้าเปลี่ยนความดันเป็น 2 atm. ก๊าซออกซิเจนจะมีปริมาตรเป็นเท่าใดเมื่ออุณหภูมิและมวลไม่เปลี่ยน

วิธีทำ

$$\text{จาก } P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\text{โดย } P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$V_1 = 10 \text{ ลิตร}$$

$$P_2 = 2 \text{ atm}$$

$$V_2 = ?$$

$$\text{แทนค่า } 1 \text{ atm} \times 10 \text{ ลิตร} = 2 \text{ atm} \times V_2$$

$$V_2 = \frac{1 \text{ atm} \times 10 \text{ ลิตร}}{2 \text{ atm}}$$

$$= 5 \text{ ลิตร}$$

$$= 5 \text{ ลิตร}$$

ตอบ ก๊าซออกซิเจนจะมีปริมาตรเป็น 5 ลิตร เมื่อเปลี่ยนความดันเป็น 2 atm

ขั้นสรุป ครูใช้คำถามเพื่อทบทวนบทเรียน และสรุป

- ความดันมีผลต่อปริมาตรของก๊าซหรือไม่ อย่างไร

ตอบ มี โดยที่ถ้าเพิ่มความดันปริมาตรของก๊าซจะลดลง ถ้าลดความดัน ปริมาตรของก๊าซจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิและมวลคงที่

- ความดันกับปริมาตรของก๊าซสัมพันธ์กันอย่างไร

ตอบ สัมพันธ์กันแบบ แปรผกผัน

แผนการสอนที่ 3

เรื่อง กฎของชาร์ล (Charles's law)

ภาพที่ 3

มโนคติ ที่ความดันและมวลของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสมบูรณ์
จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาตรของก๊าซได้
2. บอกความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร และอุณหภูมิของก๊าซเมื่อมวลและความดันคงที่ได้

เนื้อหา

ในปี ค.ศ. 1787 Jacques Alexander Cesar Charles ได้ศึกษาอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีผลปริมาตรของก๊าซ เมื่อให้ก๊าซมีความดันและอุณหภูมิคงที่ ผลของการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นทุก ๆ 1 องศาเซลเซียส ปริมาตรของก๊าซจะเพิ่มขึ้น $\frac{1}{273}$ เท่าของปริมาตรเดิมที่ 0°C เมื่อความดันคงที่ เช่น ถ้าให้ก๊าซมีปริมาตร 273 cm^3 ที่ 0°C เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1°C ปริมาตรของก๊าซจะเพิ่ม $\frac{1}{273}$ ของ 273 cm^3 คือ 1 cm^3 ก๊าซจะมีปริมาตร 274 cm^3 และถ้าให้อุณหภูมิลดลง 1°C ก๊าซก็จะมีปริมาตร 272 cm^3

ให้ V เป็นปริมาตรของก๊าซที่อุณหภูมิ $t^{\circ}\text{C}$

V_0 เป็นปริมาตรของก๊าซที่อุณหภูมิ 0°C

$$\begin{aligned}\therefore V &= V_0 + \left(\frac{1}{273} \right) t V_0 \\ &= V_0 \left[1 + \left(\frac{t}{273} \right) \right] \\ &= V_0 \left(\frac{273+t}{273} \right)\end{aligned}$$

ในการคำนวณเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร และอุณหภูมิของก๊าซ อุณหภูมิที่ใช้ต้องเป็นอุณหภูมิเคลวิน (Kelvin) เสมอ

โดยอุณหภูมิเคลวิน (K) = $273 +$ อุณหภูมิองศาเซลเซียส

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

$$\begin{aligned}\text{ฉะนั้น} \quad V &= V_0 \left(\frac{T}{273} \right) \\ &= \left(\frac{V_0}{273} \right) T \\ &= KT \quad \text{เมื่อ } K = \left(\frac{V_0}{273} \right) \text{ ซึ่งเป็นค่าคงที่}\end{aligned}$$

$$\therefore V \propto T \quad \text{เมื่อความดันคงที่}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad V/T = K$$

เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาตร หรืออุณหภูมิของก๊าซจะเขียนความสัมพันธ์ปริมาตร และอุณหภูมิของก๊าซได้ดังนี้

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

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นนำ

ครูใช้คำถามเพื่อทบทวนความรู้เดิมเรื่องกฎของบอยล์ และตั้งคำถามนำเพื่อให้นักเรียนได้เห็น ว่าปริมาตรของก๊าซสัมพันธ์กับอุณหภูมิหรือไม่ อย่างไร ดังต่อไปนี้

- ถ้าเพิ่มความดันให้กับก๊าซ ปริมาตรของก๊าซจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

ตอบ เปลี่ยนแปลงโดยปริมาตรลดลง

- ความดันกับปริมาตรของก๊าซมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

ตอบ สัมพันธ์กันแบบแปรผกผัน

- ถ้าเมื่อให้ความดันของก๊าซคงที่บ้าง นักเรียนคิดว่าอุณหภูมิจะมีผลต่อปริมาตรของก๊าซหรือไม่ อย่างไร ?

ขั้นสอน

1. ครูนำอภิปรายให้นักเรียนได้ทราบว่า เมื่อความดันเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาตรของก๊าซ และครูถามนักเรียนว่า จะมีปัจจัยอื่นอีกหรือไม่ที่มีผลต่อปริมาตรของก๊าซ
2. นักเรียนคิดว่า อุณหภูมิมีผลต่อปริมาตรของก๊าซหรือไม่
3. ครูให้นักเรียนศึกษาวิธีการทดลองที่ 4.1 ตอนที่ 2 ในหนังสือเรียน

การอภิปรายก่อนทดลอง

1. ครูแนะนำการสังเกตการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของก๊าซจากระดับน้ำในกระบอกนํ้าคิดว่า ถ้าระดับน้ำลดลง แสดงว่าปริมาตรของก๊าซในกระบอกนํ้าเพิ่มขึ้น ถ้าระดับน้ำเพิ่มขึ้น แสดงว่าปริมาตรของก๊าซในกระบอกนํ้าลดลง
2. ครูแนะนำการจุ่มกระบอกนํ้าลงในน้ำร้อนและน้ำเย็น เพื่อเปลี่ยนอุณหภูมิของก๊าซ ต้องให้ส่วนที่บรรจุก๊าซอยู่ใต้ระดับน้ำ
3. ครูบอกจุดประสงค์ของการทดลองว่า เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะต้องสามารถ
 - ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาตรของก๊าซได้
 - บอกผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาตรของก๊าซ เมื่อมวลและความดันคงที่ได้

การทดลอง ครูให้นักเรียนทำการทดลองและบันทึกผล ตามขั้นตอนที่มีในหนังสือเรียน

การอภิปรายหลังการทดลอง

1. ครูใช้คำถามต่อไปนี้ เพื่อนำไปสู่การสรุปผลการทดลอง

- จากการทดลองนักเรียนคิดว่า ความดันของอากาศในหลอดนํ้าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

ตอบ ไม่เปลี่ยนแปลง เพราะความดันของอากาศในหลอดนํ้าจะคงที่ตลอดเท่ากับความดันของบรรยากาศ

- นักเรียนคิดว่ามวลของอากาศในหลอดนํ้า มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร

ตอบ ไม่เปลี่ยนแปลง มวลของอากาศจะคงที่ตลอด เพราะปริมาณของอากาศไม่เปลี่ยนแปลง

- จากการทดลอง อุณหภูมิมีผลต่อปริมาตรก๊าซหรือไม่ อย่างไร

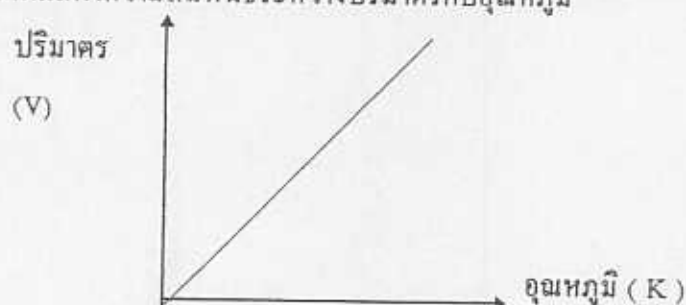
ตอบ มีผล โดยที่ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิปริมาตรของก๊าซจะเพิ่ม

ถ้าลดอุณหภูมิปริมาตรของก๊าซจะลด

- นักเรียนคิดว่าอุณหภูมิและปริมาตรของก๊าซ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

ตอบ แปรผันโดยตรงระหว่างกัน

2. ครูให้นักเรียนเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิ



3. ครูอภิปรายนำให้นักเรียนได้ทราบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และปริมาตรดังที่ได้จากการทดลองนี้เรียกว่ากฎของชาร์ล (Charles's law) ซึ่งกล่าวว่า “ เมื่อความดันและมวลของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ ”

กำหนดให้ T แทนอุณหภูมิสัมบูรณ์มีหน่วยเป็นเคลวิน

จะได้ $V \propto T$ เมื่อมวลและความดันของก๊าซคงที่

หรือ $V = KT$ เมื่อ K เป็นค่าคงที่

- ครูยกตัวอย่าง พร้ออธิบายวิธีทำ ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 กฎของชาร์ล กล่าวได้อย่างไร ? ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของก๊าซในหน่วยองศาเซลเซียสขึ้นเป็นสองเท่าของอุณหภูมิเดิมปริมาตรของก๊าซจะเพิ่มเป็นสองเท่าของปริมาตรเดิมหรือไม่เพราะเหตุใด ?

ตอบ กฎของชาร์ลกล่าวว่า “เมื่อความดันและมวลของก๊าซคงที่ปริมาตรของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน” ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของก๊าซในหน่วยของสเกลเซียสเป็นสองเท่าของอุณหภูมิเดิม ปริมาตรของก๊าซจะไม่เพิ่มเป็นสองเท่าด้วย เพราะจากกฎของชาร์ล ปริมาตรของก๊าซไม่ได้แปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิองศาเซลเซียส

ตัวอย่างที่ 2 ก๊าซฮีเลียมบรรจุอยู่ในลูกโป่งลูกหนึ่งมีปริมาตร 10 ลิตรที่ 0°C เมื่อเผาให้ร้อนขึ้นจนถึง 200°C โดยความดันคงที่ ปริมาตรของก๊าซฮีเลียมจะเป็นเท่าใด ?

วิธีทำ จากกฎของชาร์ล

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \text{โดยที่} \quad \begin{aligned} V_1 &= 10 \text{ ลิตร} \\ T_1 &= 0^{\circ}\text{C} \\ V_2 &= ? \end{aligned}$$

$$T_2 = 200^{\circ}\text{C}$$

$$\text{จาก } T = 273 + t$$

$$\therefore T_1 = 273 + 0 = 273 \text{ K}$$

$$\text{และ } T_2 = 273 + 200 = 473 \text{ K}$$

ดังนั้น

$$\frac{10 \text{ ลิตร}}{273 \text{ K}} = \frac{V_2}{473 \text{ K}}$$

$$V_2 = \frac{10 \text{ ลิตร} \times 473}{273}$$

$$= 17.3 \text{ ลิตร}$$

ตอบ ปริมาตรก๊าซฮีเลียมที่อุณหภูมิ 200°C มีเท่ากับ 17.3 ลิตร

ขั้นสรุป

นักเรียนร่วมกันสรุปความสัมพันธ์ของปริมาตรกับอุณหภูมิของชาร์ลพร้อมสูตรที่ใช้ ดังนี้
เมื่อมวลและความดันของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์
สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\frac{V}{T} = K \quad \text{เมื่อ } V \text{ คือ ปริมาตรก๊าซ}$$

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์

K คือ ค่าคงที่

แผนการสอนที่ 4

เรื่อง กฎของเกย์ลุสแซก (Gay-Lussac's law)

ตอนที่ 4

มโนคติ

ถ้าให้ปริมาตรของก๊าซคงที่ ความดันของก๊าซจะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิ
จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความสัมพันธ์ระหว่างความดันของก๊าซกับอุณหภูมิ เมื่อปริมาตรคงที่ได้
2. ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อความดันของก๊าซได้

เนื้อหา

ในปี ค.ศ. 1802 Joseph-Lussac นักเคมีและฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ได้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความดัน และอุณหภูมิของก๊าซ พบว่าความดันของก๊าซเพิ่มขึ้น ถ้าเพิ่มอุณหภูมิ เมื่อให้ปริมาตรของก๊าซคงที่

นั่นคือ $P \propto T$ เมื่อ V, m คงที่

โดย P แทนความดันของก๊าซ

T แทนอุณหภูมิ

V แทนปริมาตร

$P = KT$ เมื่อ K เป็นค่าคงที่

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

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความดันไปโดยปริมาตรของก๊าซคงเดิม
จะหาความดันหรืออุณหภูมิในภาวะใหม่ได้จาก

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

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นนำ

1. ครูให้นักเรียนอภิปรายถึงผลของความดัน และอุณหภูมิที่มีต่อปริมาตรของก๊าซตามกฎของบอยล์ และกฎของชาร์ล เพื่อเป็นการทบทวนความรู้เดิม
2. ครูให้คำถามต่อไปนี้ให้นักเรียนเข้าสู่บทเรียน

- ก๊าซที่บรรจุในถังเหล็กที่มีปริมาตรเท่ากัน ปริมาตรของก๊าซจะเท่ากันหรือไม่?

ตอบ เท่ากัน

- ถ้าให้ความร้อนหรือเผาถึงที่บรรจุก๊าซ นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้นกับถังที่บรรจุก๊าซ
- ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น

ตัวอย่างคำตอบ เช่น ความร้อนจะทำให้ปริมาตรของก๊าซเพิ่มขึ้น(ตามกฎของชาร์ล)
แต่ปริมาตรของถังที่บรรจุคงที่ จึงทำให้ถังระเบิดหรือแตกได้

ขั้นสอน

1. ครูนำอภิปรายให้นักเรียนทราบว่า เมื่อปริมาตรของก๊าซขึ้นอยู่กับภาชนะ ถ้าให้ปริมาตรของภาชนะคงที่ ปริมาตรของก๊าซก็จะคงที่
2. นักเรียนคิดว่า ถ้ามวลและปริมาตรของก๊าซคงที่แล้ว อุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์กับความดันหรือไม่ อย่างไร
3. ครูให้นักเรียนศึกษาขั้นตอนการทดลองดังนี้
 - 1.) ใช้จุกยางอุดปากหลอดทดลองไว้จำนวน 2 หลอด
 - 2.) นำหลอดทดลองไปแช่ในน้ำร้อน อีกหลอดแช่ในน้ำเย็น
 - 3.) สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจุกยางที่อุดอยู่ปากหลอดทดลองทั้งสอง

การอภิปรายก่อนการทดลอง

ครูบอกจุดประสงค์ของการทดลองให้กับนักเรียนว่า เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนต้องสามารถ

- ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อความดันของก๊าซได้
- บอกผลของอุณหภูมิที่มีต่อความดัน เมื่อมวลและปริมาตรคงที่ได้

การทดลอง

- ครูให้นักเรียนทำการทดลองและบันทึกผล

การอภิปรายหลังการทดลอง

1. ครูใช้คำถามกับนักเรียนดังต่อไปนี้ เพื่อนำไปสู่การสรุปผลการทดลอง
 - หลอดทดลองที่แช่ในน้ำเย็นกับน้ำร้อนจะมีอุณหภูมิเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

ตอบ ไม่เท่ากัน หลอดที่แช่ในน้ำร้อนจะมีอุณหภูมิสูงกว่า

 - นักเรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างไรกับหลอดทดลองทั้งสอง

ตอบ หลอดที่แช่ในน้ำร้อนจุกยางจะกระเด็นออกจากหลอดทดลอง

 - นักเรียนคิดว่า เพราะอะไรจุกยางจึงกระเด็นออกจากหลอดทดลองได้

ตอบ เพราะในหลอดทดลองมีแรงดันมากกว่าภายนอกหลอดทดลอง
2. ครูนำอภิปรายให้นักเรียนได้ทราบว่า การที่จุกยางกระเด็นออกจากหลอดทดลอง แสดงว่าภายในหลอดทดลองจะต้องมีแรงดันเกิดขึ้น และจะมีมากกว่าแรงดันภายนอกหลอดทดลอง จนถึงระดับหนึ่ง จะทำให้จุกยางกระเด็นออกมาจากหลอดทดลองได้

3. ครูถามนักเรียนว่า อุณหภูมิมีผลต่อความดันหรือไม่

ตอบ มี อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ความดันของก๊าซเพิ่มขึ้น

4. ครูนำอภิปรายให้นักเรียนทราบว่า ผลจากการทดลองที่ได้นั้น เราเรียกว่า กฎของเกย์ลุสแซก (Gay-Lussac's law) ซึ่งกล่าวว่า “เมื่อปริมาตรของก๊าซ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ความดันของก๊าซเพิ่มขึ้น”

กำหนดให้ P แทนความดัน

T แทนอุณหภูมิ

V แทนปริมาตร

จะได้ $P \propto T$ เมื่อ ปริมาตร คงที่

หรือ $P = KT$ เมื่อ K คือค่าคงที่

หรือ $\frac{P}{T} = K$

ครูยกตัวอย่างให้กับนักเรียน พร้อมอธิบายวิธีทำดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 ถังก๊าซบรรจุก๊าซหุงต้มในครัวเรือนควรเก็บในที่ ที่มีแสงแดดส่องถึงหรือ บริเวณที่ความร้อนสูงหรือไม่ เพราะเหตุใด ?

ตอบ ไม่ควรเก็บถังบรรจุก๊าซในที่ที่มีแสงแดดส่องถึง หรือบริเวณที่มีความร้อนสูง เพราะ แสงแดด หรือความร้อนจะทำให้ก๊าซที่อยู่ในถังมีความดันสูงขึ้น ถ้างัดที่บรรจุก๊าซไม่สามารถทน ความดันของก๊าซได้ อาจเกิดการระเบิดขึ้นได้

ตัวอย่างที่ 2 ถังเหล็กบรรจุก๊าซอะเซทิลีน เพื่อเชื่อมโลหะมีปริมาตร 50 ลิตรที่อุณหภูมิ 30°C วัดความดันของก๊าซในถังได้ 10 บรรยากาศ ถังเหล็กใบนี้ข้างถังเขียนข้อความระบุว่าทน ความดันได้สูงสุด 100 บรรยากาศ เราสามารถเก็บถังบรรจุก๊าซนี้ไว้ได้ในที่มีอุณหภูมิสูงสุดเท่าใด ถังก๊าซจึงจะไม่ระเบิด

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

$P_1 = 10$ บรรยากาศ

$P_2 = 100$ บรรยากาศ

$T_1 = 27^{\circ}\text{C}$ หรือ 300 K

$T_2 = ?$

$$\text{จะได้ } \frac{10 \text{ บรรยากาศ}}{300 \text{ K}} = \frac{100 \text{ บรรยากาศ}}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{100 \text{ atm} \times 300 \text{ K}}{10 \text{ atm}}$$

$$= 3000 \text{ K}$$

$\therefore$ สามารถวางถังก๊าซอะเซทิลีนใบนี้ไว้ได้ในที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 3000 K หรือ 2727

ขั้นสรุป

ครูให้นักเรียนร่วมกันสรุปความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความดันของก๊าซตามกฎของ Gay-Lussac พร้อมทั้งสูตรที่ใช้ดังนี้

เมื่อปริมาตรของก๊าซคงที่ ความดันของก๊าซจะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิแสดงสมการได้ดังต่อไปนี้

$$\frac{P}{T} = K \quad \text{เมื่อ } P \text{ คือความดัน}$$

T คืออุณหภูมิเคลวิน

K คือค่าคงที่

แผนการสอนที่ 5

เรื่อง กฎรวมก๊าซ (Combined gas law)

ตอนที่ 5

มโนมติ ปริมาตรของก๊าซขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และความดัน การศึกษาสมบัติของก๊าซจึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงทั้งอุณหภูมิ ความดัน และปริมาตรไปพร้อมกัน

จุดประสงค์ของการเรียนรู้

1. บอกความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิ และความดันของก๊าซเมื่อมวลคงที่ได้
2. คำนวณหาปริมาตรความดัน และอุณหภูมิ เมื่อทราบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรเหล่านั้นได้

เนื้อหา

เมื่อนำกฎของบอยล์และกฎของชาร์ลมาใช้ร่วมกันจะเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิของก๊าซเมื่อมวลคงที่เรียกว่ากฎรวมก๊าซซึ่งแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

ให้	V	แทนปริมาตร
	P	แทนความดัน
	T	แทนอุณหภูมิ
	n	แทนจำนวนโมล
	K	แทนค่าคงที่

จากกฎของบอยล์ $V \propto \frac{1}{P}$ เมื่อ T และ n คงที่

$V \propto T$ เมื่อ P และ n คงที่

$\therefore V \propto \frac{T}{P}$ เมื่อ n คงที่

$$V = K \frac{T}{P}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \frac{PV}{T} = K$$

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปร V, P และ T จะสามารถหาค่าตัวแปรหนึ่งได้จาก

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

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นนำ

1. ครูใช้คำถามเพื่อทบทวนความรู้เดิม เรื่องกฎของบอยล์ และกฎของชาร์ล

-กฎของบอยล์ เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรใด และสัมพันธ์กันอย่างไร

ตอบ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของก๊าซกับความดัน โดยที่อุณหภูมิและ มวลของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผกผันกับความดัน

- กฎของชาร์ลเป็นการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรใดและตัวแปรเหล่านั้นสัมพันธ์กันอย่างไร?

ตอบ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของก๊าซกับอุณหภูมิ โดยที่ความดันและมวลของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์

2. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนว่า ถ้าไม่มีการให้อุณหภูมิ และความดันคงที่ นักเรียนคิดว่าทั้งปริมาตรความดันและอุณหภูมิของก๊าซ จะมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

ขั้นสอน

1. ครูใช้คำถามดังต่อไปนี้

- นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน และปริมาตรของก๊าซในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ ตามกฎของบอยล์ ได้อย่างไร

ตอบ $PV = K$ เมื่ออุณหภูมิ และมวลของก๊าซคงที่

- นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาตรของก๊าซในรูป สมการทางคณิตศาสตร์ ตามกฎของชาร์ล

ตอบ $\frac{V}{T} = K$ เมื่อความดัน และมวลของก๊าซคงที่

2.. ครูครุ่นอภิปรายให้นักเรียนได้ทราบว่า เนื่องจากปริมาตรของก๊าซขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดัน ในการศึกษาสมบัติของก๊าซจะศึกษาการเปลี่ยนแปลงทั้ง ปริมาตร (V), อุณหภูมิ (T) และความดัน (P) ไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งเป็นการรวมกฎของบอยล์และกฎของชาร์ลเข้าด้วยกันเรียกว่ากฎรวมก๊าซ

3. ครูนำอภิปรายขั้นตอนการรวมกันระหว่างกฎของบอยล์และกฎของชาร์ลตามขั้นตอนดังนี้

จากกฎของบอยล์ $V \propto \frac{1}{P}$ เมื่อ m และ T คงที่

จากกฎของชาร์ล $V \propto T$ เมื่อ m และ P คงที่

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

$V = K \frac{T}{P}$ เมื่อ K เป็นค่าคงที่

ดังนั้น $\frac{VP}{T} = K$ เรียกว่า กฎรวมก๊าซ

4. ครูบอกกับนักเรียนว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร (V) ความดัน (P) และอุณหภูมิ (T) ที่ได้ตามกฎรวมก๊าซสามารถนำไปคำนวณหาค่า P V และ T ที่ภาวะต่างๆ ได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยทั้ง 3 ตามสมการดังนี้

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \dots = \frac{P_n V_n}{T_n} = K$$

- ครูยกตัวอย่างให้นักเรียนพร้อมอธิบายดังต่อไปนี้

ตัวอย่าง ก๊าซชนิดหนึ่งในภาชนะ 300 cm^3 ที่อุณหภูมิ 27°C จะมีความดัน 400 Torr .

ถ้าบรรจุก๊าซในภาชนะ 200 cm^3 ที่อุณหภูมิ 37°C ก๊าซนี้จะมีความดันเท่าใด ?

วิธีทำ

จากกฎรวมก๊าซ

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

$$P_1 = 400 \text{ Torr},$$

$$P_2 = ?$$

$$V_1 = 300 \text{ cm}^3,$$

$$V_2 = 200 \text{ cm}^3$$

$$T_1 = 27 + 273 \text{ K},$$

$$T_2 = 37 + 273 \text{ K}$$

$$= 300 \text{ K}$$

$$= 310 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \text{จาก } P_2 &= \frac{P_1 V_1}{T_1} \times \frac{T_2}{V_2} \\ &= \frac{400 \text{ Torr} \times 300 \text{ cm}^3 \times 310 \text{ K}}{300 \text{ K} \times 200 \text{ cm}^3} \\ &= 620 \text{ Torr} \end{aligned}$$

$\therefore$ ก๊าซนี้จะมีความดัน 620 Torr ในภาชนะ 200 cm^3 ที่อุณหภูมิ 37°C

ขั้นสรุป

นักเรียนร่วมกันสรุปความสัมพันธ์ของปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของก๊าซ พร้อมสูตรที่ได้จากกฎรวมก๊าซ เมื่อมวลของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ แต่แปรผกผันกับความดัน แสดงสมการได้คือ

$$\frac{PV}{T} = K$$

เมื่อ P คือ ความดัน

V คือ ปริมาตร

T คือ อุณหภูมิ

K คือ ค่าคงที่

แผนการสอนที่ 6

เรื่อง กฎของอาโวกาโดร และกฎของก๊าซสมมติ (Avogadro's law & Ideal gas law)

คาบที่ 6-7

มโนคติ สมบัติของก๊าซนอกจากจะขึ้นอยู่กับปริมาตร อุณหภูมิ และความดันของก๊าซแล้วยังขึ้นอยู่กับปริมาณสารด้วย โดยจากกฎของอาโวกาโดรที่กล่าวว่า “ ที่อุณหภูมิและความดันคงที่ ปริมาตรของก๊าซใด ๆ จะแปรผันตรงกับจำนวนโมเลกุลของก๊าซนั้น ๆ ”

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความสัมพันธ์ของปริมาตรกับจำนวนโมล เมื่ออุณหภูมิและความดันคงที่ได้
2. บอกความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิ ความดัน มวล มวลโมเลกุลและความหนาแน่นของก๊าซได้
3. คำนวณหาปริมาตร อุณหภูมิ ความดัน มวล มวลโมเลกุล และความหนาแน่นเมื่อทราบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล่านั้นได้

เนื้อหา

$$\text{จากกฎของบอยล์} \quad V \propto \frac{1}{P} \quad \text{เมื่อ } T, n \text{ คงที่}$$

$$\text{กฎของชาร์ล} \quad V \propto T \quad \text{เมื่อ } P, n \text{ คงที่}$$

$$\text{และจากกฎของอาโวกาโดร} \quad V \propto n \quad \text{เมื่อ } T, P \text{ คงที่}$$

เมื่อนำกฎทั้งสามมาสัมพันธ์กันจะได้

$$V \propto \frac{Tn}{P}$$

$$\text{หรือ} \quad v = \frac{RnT}{P}$$

$$\text{หรือ} \quad PV = nRT$$

เมื่อ R = ค่าคงที่ เรียกค่าคงที่ของก๊าซสมมติ (ideal gas constant) ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้จะเป็นการกำหนดสมบัติทางกายภาพของก๊าซซึ่งก๊าซที่มีพฤติกรรมของก๊าซที่เป็นไปตามสมการ $PV = nRT$ ทั้งหมดจะเรียกว่า **ก๊าซสมบูรณ์แบบ** ซึ่งในธรรมชาติจะไม่มีจริง บางครั้งจึงเรียกก๊าซที่มีพฤติกรรมตามสมการ $PV = nRT$ นี้ว่า **ก๊าซสมมติ** (ideal gas) และเรียกสมการ $PV = nRT$ นี้ว่า **สมการสถานะของก๊าซสมมติ** (equation of state for an ideal gas) เป็นกฎของก๊าซสมมติ (Ideal gas law) ก๊าซจริงโดยทั่วไปมีพฤติกรรมใกล้เคียงกับก๊าซสมมติ จึงใช้สมการ $PV = nRT$ ทำนายพฤติกรรมของก๊าซจริงได้ค่าคงที่ R หาได้จากการแทนค่า P, V, n และ T ในสมการ $PV = nRT$ ของก๊าซ 1 โมลที่ภาวะความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน (STP)

โดยที่

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$V = 22.4 \text{ dm}^3$$

$$T = 273 \text{ K}$$

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1 \text{ atm} \times 22.4 \text{ dm}^3}{1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}}$$

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

จากสมการสถานะของก๊าซสมมติ $PV = nRT$ สามารถหาความสัมพันธ์ของปริมาตร (V) ความดัน (P) อุณหภูมิ (T) มวล (m) มวลโมเลกุล (M) และความหนาแน่น (d) ของก๊าซได้ดังนี้

$$\text{จากจำนวนโมล (n)} = \frac{\text{มวล (m)}}{\text{มวลโมเลกุล (M)}}$$

$$\therefore PV = \frac{mRT}{M}$$

$$P = \frac{m RT}{V M}$$

$$\text{จากความหนาแน่น (d)} = \frac{\text{มวล (m)}}{\text{ปริมาตร (V)}}$$

$$\therefore P = \frac{dRT}{M}$$

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นนำ

ครูทบทวนกฎของบอยล์และกฎของชาร์ล และใช้คำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้

- กฎของบอยล์เป็นการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรใดบ้าง และกำหนดให้ตัวแปรใดคงที่

ตอบ กฎของบอยล์เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร และความดันของก๊าซโดยให้

อุณหภูมิ และมวลของก๊าซคงที่

- กฎของชาร์ลเป็นการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรใดบ้าง และกำหนดให้ตัวแปรใดคงที่

ตอบ กฎของชาร์ลเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของก๊าซ โดยให้

ความดันและมวลของก๊าซคงที่

- นักเรียนคิดว่าถ้ามวลของก๊าซมีการเปลี่ยนแปลงไปสมบัติของก๊าซจะเป็นอย่างไร

ขั้นตอน

1. ครูใช้คำถามดังต่อไปนี้

- จากการศึกษาเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ที่นักเรียนได้เรียนผ่านมาแล้ว การบอกปริมาณสารจะบอกได้ในลักษณะใดบ้าง

ตอบ บอกเป็นมวล ปริมาตร และบอกเป็นจำนวนอนุภาค

- อนุภาคของก๊าซส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปอะไร

ตอบ โมเลกุล

- ถ้านำก๊าซใดๆมาจำนวนหนึ่งโมล จะมีจำนวนอนุภาค และปริมาตรเท่าใดที่ STP

ตอบ จำนวน 6.02×10^{23} อนุภาคและปริมาตร 22.4 ลิตรที่ STP

- ถ้านำก๊าซใดๆมาจำนวน 2 โมล จะมีจำนวนอนุภาค และปริมาตรเท่าใดที่ STP

ตอบ จำนวน 12.04×10^{23} อนุภาคและปริมาตร 44.8 ลิตรที่ STP

2. ครูนำอภิปรายให้นักเรียนได้ทราบว่า ปริมาตรของก๊าซและจำนวนอนุภาคของก๊าซ มีความสัมพันธ์กันแบบแปรผันโดยตรงซึ่งต่อมาเรียกว่ากฎของอาโวกาโดร ซึ่งกล่าวว่า “ที่ภาวะความดันและอุณหภูมิเดียวกัน ก๊าซที่มีปริมาตรเท่ากันจะมีจำนวนอนุภาคเท่ากัน”

กำหนดให้ N แทนจำนวนโมเลกุลของก๊าซ

n แทนจำนวนโมลของก๊าซ

จะได้ $V \propto N$ เมื่ออุณหภูมิและความดันคงที่

แต่ $N \propto n$

ดังนั้น $V \propto n$

หรือ $V = Kn$ เมื่อ K เป็นค่าคงที่

3. ครูใช้คำถามดังต่อไปนี้

- จากกฎของบอยล์นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ได้อย่างไร

ตอบ $V \propto 1/P$ เมื่อมวลและอุณหภูมิคงที่

- จากกฎของชาร์ล นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ได้อย่างไร

ตอบ $V \propto T$ เมื่อมวลและความดันคงที่

- จากกฎของ อาโวกาโดรนักเรียนแสดงความสัมพันธ์ได้อย่างไร

ตอบ $V \propto n$ เมื่อความดันและอุณหภูมิคงที่

4. ครูนำอภิปรายว่า จากกฎของชาร์ล กฎของบอยล์ และกฎของอาโวกาโดร สามารถรวมความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดเข้าด้วยกันได้ดังนี้

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

หรือ
$$V = \frac{RnT}{P} \quad \text{เมื่อ } R \text{ เป็นค่าคงที่}$$

หรือ
$$PV = nRT$$

5. ครูนำอภิปรายวิธีการหาค่า R ดังนี้

- ค่าคงที่ (R) ของก๊าซ 1 โมลที่ภาวะ STP สามารถหาได้ดังนี้

$$\text{จาก } R = \frac{VP}{nT}$$

$$\text{เมื่อ } n = 1 \text{ โมล}$$

$$V = 22.4 \text{ dm}^3$$

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$T = 273 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \therefore R &= \frac{22.4 \text{ dm}^3 \times 1 \text{ atm}}{1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}} \\ &= 0.082 \text{ atm} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \end{aligned}$$

6. ครูนำอภิปรายกับนักเรียนให้ทราบว่า สมการ $PV = nRT$ ที่ได้เรียก สมการสภาวะก๊าซสมมติ และก๊าซที่มีพฤติกรรมเป็นไปตามสมการนี้ทั้งหมด เรียกก๊าซสมมติ (Ideal gas) ค่าคงที่ (R) ที่ได้เรียกค่าคงที่ของก๊าซสมมติ

จากสมการสภาวะก๊าซสมมตินักเรียนสามารถได้คำนวณหาความหนาแน่น (d) ของก๊าซ มวลของก๊าซ (m) และมวลโมเลกุลของก๊าซ (M) ได้ดังนี้

$$\text{จาก } PV = nRT$$

$$PV = \frac{mRT}{M} ; \quad \frac{m}{M} = n$$

$$PM = \frac{mRT}{V}$$

$$PM = dRT ; \quad d = \frac{m}{V}$$

- ครูยกตัวอย่างให้กับนักเรียน พร้อมอธิบายวิธีทำดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 ก๊าซชนิดหนึ่งมวล 48 กรัม มีปริมาตร 45 ลิตรที่อุณหภูมิ 27°C 0 จะมีความดัน 82 บรรยากาศ ก๊าซนี้จะมีมวลโมเลกุลเท่าใด

วิธีทำ จาก $PV = \frac{mRT}{M}$

$$P = 0.82 \text{ atm}$$

$$V = 45 \text{ dm}^3$$

$$T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$m = 48 \text{ g.}$$

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

$$M = ?$$

แทนค่าในสูตรจะได้

$$\begin{aligned} M &= \frac{m RT}{PV} \\ &= \frac{48 \text{ g} \times 0.082 \text{ atm. dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 300 \text{ K}}{0.82 \text{ atm.} \cdot 45 \text{ dm}^3} \\ &= 32 \text{ gmol}^{-1} \end{aligned}$$

ตอบ มวลโมเลกุลของก๊าซนี้ = 32

ตัวอย่างที่ 2 ก๊าซ CO_2 จำนวนหนึ่งที่อุณหภูมิ 23°C ปริมาตร 5 ลิตรทำให้เกิด ความดัน 1.2 atm ก๊าซนี้มีมวลเท่าใด

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{จาก } PV &= \frac{mRT}{M} \\ P &= 1.2 \text{ atm} \\ V &= 5 \text{ dm}^3 \\ M &= \text{มวลโมเลกุลของก๊าซ } \text{CO}_2 = 44 \text{ g/mol} \\ T &= 23 + 273 = 296 \text{ K} \\ R &= 0.082 \text{ atm. dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \\ m &= ? \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าในสูตร } m &= \frac{PVM}{RT} \\ m &= \frac{1.2 \text{ atm} \times 5 \text{ dm}^3 \times 44 \text{ g/mol}}{0.082 \text{ atm. dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 296 \text{ K}} \\ &= 10.877 \text{ g.} \end{aligned}$$

ตอบ ก๊าซ CO_2 มีมวล = 10.877 กรัม

ตัวอย่างที่ 3 ก๊าซ O_2 ที่อุณหภูมิ 27°C จะมีความดัน 1.5 atm. จะมีความหนาแน่นเท่าใด

วิธีทำ จาก $PM = dRT$

$$P = 1.5 \text{ atm}$$

$$M = \text{มวลโมเลกุลของก๊าซ } O_2 = 32 \text{ g mol}^{-1}$$

$$T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

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

$$d = ?$$

แทนค่าในสูตร $d = \frac{PM}{RT}$ จะได้

$$\begin{aligned} d &= \frac{1.5 \text{ atm} \times 32 \text{ g mol}^{-1}}{0.082 \text{ atm} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times 300 \text{ K}} \\ &= 1.95 \text{ g/dm}^3 \end{aligned}$$

ตอบ ก๊าซ O_2 นี้มีความหนาแน่น 1.95 กรัมต่อลิตร

ขั้นสรุป

นักเรียนร่วมกันอภิปรายความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ มวล มวลโมเลกุล และความหนาแน่นของก๊าซตามกฎของ อาโวกาโดร และกฎของก๊าซสมมติพร้อมกับสูตรที่ใช้ดังนี้

- กฎของอาโวกาโดร บอกความสัมพันธ์ของปริมาตรก๊าซกับจำนวนโมเลกุล ซึ่งกล่าวว่า “ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกันก๊าซที่มีปริมาตรเท่ากันจะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน”

- กฎของก๊าซสมมติ บอกความสัมพันธ์ของปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมลของก๊าซ ดังสมการสถานะของก๊าซสมมติ $PV = nRT$ และยังประยุกต์เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ของ มวล ความหนาแน่น และมวลโมเลกุลของก๊าซ เพิ่มขึ้นอีกดังสมการ $PVM = mRT$ และ

$$PM = dRT$$

เมื่อ P คือ ความดัน มีหน่วยเป็นบรรยากาศ (atm)

V คือ ปริมาตร มีหน่วยเป็นลิตร (L)

T คือ อุณหภูมิ มีหน่วยเป็นเคลวิน (K)

M คือ มวลโมเลกุล มีหน่วยเป็นกรัมต่อโมล (g/mol)

n คือ จำนวนโมล มีหน่วยเป็นโมล (mol)

m คือ มวล มีหน่วยเป็นกรัม (g)

d คือ ความหนาแน่น มีหน่วยเป็นกรัมต่อลิตร (g/L)

R คือ ค่าคงที่ของก๊าซสมมติ มีหน่วยเป็นบรรยากาศลิตรต่อโมลเคลวิน (atm L / mol K)

แผนการสอนที่ 7

เรื่อง การแพร่ของก๊าซ

ภาพที่ 8

มโนคติ การแพร่ของก๊าซจะเกิดขึ้นเร็วหรือช้าจะสัมพันธ์กับมวลโมเลกุลของก๊าซ โดยที่ความดันและอุณหภูมิเดียวกัน ก๊าซที่มีมวลโมเลกุลเบาจะแพร่ได้เร็วกว่าก๊าซที่มีมวลโมเลกุลมาก

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแพร่ของก๊าซกับมวลโมเลกุลได้
2. บอกความแตกต่างระหว่างอัตราการแพร่ของก๊าซกับอัตราการเคลื่อนที่ของโมเลกุลได้

เนื้อหา

การแพร่กระจาย (Diffusion) หมายถึง การที่โมเลกุลของก๊าซเคลื่อนที่ออกจากบริเวณหนึ่งไปทุกทิศทาง และขณะโมเลกุลเคลื่อนที่จะเกิดการชนกับโมเลกุลอื่นๆหรือชนผนังของภาชนะ วัฏจักรจากจุดเริ่มต้นไปอีกจุดหนึ่งในแนวเส้นตรงเรียกระยะการแพร่กระจายของก๊าซ วัฏจักรทั้งหมดตามที่โมเลกุลของก๊าซเคลื่อนที่ไปได้จะเรียกว่าระยะการเคลื่อนที่ของก๊าซซึ่งใช้เวลาเท่ากัน ดังนั้นอัตราการแพร่กระจายของก๊าซจะต่ำกว่าอัตราการเคลื่อนที่ของก๊าซ

การแพร่ผ่านของก๊าซ (Effusion) หมายถึง การที่ก๊าซออกจากบริเวณหนึ่งผ่านรูเล็กๆออกมาสู่อีกบริเวณหนึ่ง โดยในขณะที่เกิดการแพร่ผ่านรูเล็กๆออกมานี้โมเลกุลของก๊าซจะไม่มีการชนกันเลย

ปี ค.ศ.1831 โทมัส เกรแฮม (Thomas Graham) นักวิทยาศาสตร์ชาวสก็อตได้เสนอผล การทดลองเกี่ยวกับการแพร่ผ่านของก๊าซ โดยได้ศึกษาเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของก๊าซต่าง ๆ และพบว่า ก๊าซที่มีมวลโมเลกุลต่ำจะแพร่ผ่านได้เร็วกว่าก๊าซที่มีมวลโมเลกุลสูง ณ อุณหภูมิและความดัน เดียวกัน เขาจึงได้เสนอว่าอัตราการแพร่ผ่านของก๊าซจะแปรผกผันกับรากที่สองของความหนาแน่น

เมื่อให้ r = อัตราการแพร่ของก๊าซ

d = ความหนาแน่นของก๊าซ

จะได้ $r \propto \frac{1}{\sqrt{d}}$

เมื่อนำก๊าซ 2 ชนิดมาเปรียบเทียบกันจะได้ว่า

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$$

จาก $PM = dRT$ ที่อุณหภูมิและความดันคงที่ $M \propto d$ ดังนั้น เมื่อนำก๊าซสองชนิดมาเปรียบเทียบกัน จึงสามารถเขียนอัตราการแพร่ของก๊าซทั้งสองในรูปของมวลโมเลกุลได้

$$\therefore \frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}} = \frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}}$$

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นนำ

ครูใช้คำถามดังต่อไปนี้ เพื่อทบทวนและนำเข้าสู่บทเรียน

- สารที่อยู่ในสถานะใด ที่โมเลกุลสามารถเคลื่อนที่ได้สะดวกที่สุด

ตอบ สถานะก๊าซ

- นักเรียนคิดว่าปรากฏการณ์ใดบ้างที่นักเรียนสามารถบ่งบอกได้ว่าอนุภาคของก๊าซสามารถเคลื่อนที่ได้

ตอบ การได้กลิ่น เช่น น้ำหอม เกสรดอกไม้ กลิ่นไฟไหม้.....

- นักเรียนคิดว่า การได้กลิ่นของสารแต่ละชนิดจะใช้เวลาแตกต่างกันหรือไม่ ถ้าเริ่มต้นจากจุดเดียวกัน เพราะเหตุใด

ตัวอย่างคำตอบ เช่น แยกต่าง เพราะเป็นสารต่างชนิดกัน

ไม่แตกต่าง เพราะเริ่มต้นจากจุดเดียวกัน

ขั้นสอน

1. ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับความหมายของการแพร่ ทั้งในลักษณะการฟุ้งกระจายและการแพร่ผ่าน
2. ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับการคำนวณหาอัตราการเคลื่อนที่ของก๊าซ และการคำนวณหาอัตราการแพร่ของก๊าซ
3. ครูใช้คำถามต่อไปนี้ เพื่อนำไปสู่การทดลอง
 - นักเรียนคิดว่า อัตราการแพร่ของก๊าซมีความสัมพันธ์กับสมบัติใดของก๊าซ

4. ครูให้นักเรียนศึกษาวิธีการทดลอง ที่ 4.2 ในหนังสือเรียน

การอภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูบอกให้นักเรียนทราบว่ากรดไฮโดรคลอริกจะหยั่งง่ายจะให้ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ที่เป็นพิษต่อระบบหายใจ
2. ให้นักเรียนคอยสังเกตตำแหน่งที่มีปฏิกิริยาเกิดขึ้นในหลอดแก้ว
3. ครูบอกให้นักเรียนทราบถึงจุดประสงค์ของการทดลองว่า เพื่อเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของก๊าซแอมโมเนียกับก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์

การทดลอง ครูให้นักเรียนทำการทดลอง และบันทึกผล

การอภิปรายหลังการทดลอง

1. ครูนำอภิปรายว่า ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์และก๊าซแอมโมเนียไม่มีสี แต่เมื่อนำมาใกล้กันพบว่ามีความสีขาวเกิดขึ้น แสดงว่าสารทั้งสองทำปฏิกิริยากันได้สารใหม่ที่มีสีขาวคือแอมโมเนียมคลอไรด์ และเมื่อนำสารทั้งสองไปจุดที่ปลายหลอดแล้วมีวงแหวนสีขาวเกิดขึ้นตำแหน่งใด แสดงว่าก๊าซทั้งสองมาทำปฏิกิริยากันที่ตำแหน่งนั้น

2. ครูใช้คำถามดังต่อไปนี้ เพื่อนำไปสู่การสรุปผลการทดลอง

- ตำแหน่งของวงแหวนสีขาวที่เกิดขึ้นอยู่ใกล้ก๊าซใดมากที่สุด

ตอบ อยู่ใกล้ด้านก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์

- ระหว่างก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์และก๊าซแอมโมเนียก๊าซใดจะแพร่ได้เร็วกว่า

ตอบ ก๊าซแอมโมเนีย

- ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์มีมวลโมเลกุลเท่าใด

ตอบ 36.5

- ก๊าซแอมโมเนียมีมวลโมเลกุลเท่าใด

ตอบ 17

- นักเรียนคิดว่า อัตราการแพร่ของก๊าซสัมพันธ์กับมวลโมเลกุลของก๊าซหรือไม่ อย่างไร

ตอบ สัมพันธ์กัน โดยที่ก๊าซที่มีมวลโมเลกุลต่ำจะแพร่ได้เร็วกว่าก๊าซที่มีมวลโมเลกุลสูง

3. ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับลักษณะการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซว่า โมเลกุลก๊าซมีการเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ และมีการชนกันระหว่างโมเลกุลและผนังของภาชนะ จนถึงตำแหน่งที่เกิดสารสีขาว

4. ครูใช้คำถามดังต่อไปนี้

- นักเรียนคิดว่า การแพร่ของก๊าซกับการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซจะใช้เวลาแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

ตอบ ใช้เวลาเท่ากัน

- จากการทดลองนักเรียนคิดว่า อัตราการแพร่กับอัตราการเคลื่อนที่ของก๊าซ แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

ตอบ แตกต่างกัน โดยที่อัตราการแพร่ของก๊าซจะต่ำกว่าอัตราการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซ

5. ครูนำอภิปรายกับนักเรียนเกี่ยวกับ กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮมว่า “ที่อุณหภูมิและความดันคงที่ อัตราการแพร่ผ่านของก๊าซจะแปรผกผันกับรากที่สองของความหนาแน่น”

ให้ r = อัตราการแพร่ผ่านของก๊าซ

d = ความหนาแน่นของก๊าซ

จะได้ $r \propto \frac{1}{\sqrt{d}}$ เมื่ออุณหภูมิและความดันของก๊าซคงที่

จากกฎของก๊าซสมมติ $PM = dRT$ เมื่อ P , T และ R คงที่

จะได้ $M \propto d$

$\therefore r \propto \frac{1}{\sqrt{M}}$ เมื่อ M คือมวลโมเลกุลของก๊าซ

ในการเปรียบเทียบอัตราการแพร่ผ่านของก๊าซ 2 ชนิดจะได้

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}} = \frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}}$$

จะเห็นว่า ก๊าซที่มีมวลโมเลกุลมากจะแพร่ได้ช้า ก๊าซที่มีมวลโมเลกุลต่ำจะแพร่ได้เร็ว

- ครูยกตัวอย่างให้นักเรียน พร้อมอธิบายวิธีทำดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 จงเรียงลำดับอัตราการแพร่ของก๊าซ CO , CO_2 , SO_2 , O_2 , NH_3 , N_2O_3 และ C_4H_{10} จากเร็วไปช้า ที่ภาวะเดียวกัน

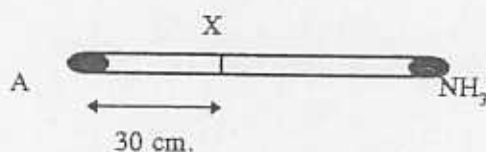
วิธีทำ มวลโมเลกุลของก๊าซแต่ละชนิดเป็นดังนี้

$$\text{CO} = 28, \text{CO}_2 = 44, \text{SO}_2 = 64, \text{O}_2 = 32, \text{NH}_3 = 17, \text{N}_2\text{O}_3 = 76 \text{ และ } \text{C}_4\text{H}_{10} = 76$$

จากกฎการแพร่ของเกรแฮม จะได้ว่า ก๊าซที่มีมวลโมเลกุลมากอัตราการแพร่จะต่ำ ก๊าซที่มีมวลโมเลกุลน้อยอัตราการแพร่จะสูง

$$\therefore \text{อัตราการแพร่ } \text{NH}_3 > \text{CO} > \text{O}_2 > \text{CO}_2 > \text{C}_4\text{H}_{10} > \text{SO}_2 > \text{N}_2\text{O}_3$$

ตัวอย่างที่ 2 ใช้หลอดดูดก๊าซ A และก๊าซ NH_3 แต่ละปลายหลอดแก้วซึ่งยาวทั้งหมด 90 cm. เมื่อเวลาผ่านไป 3 นาทีเห็นสาร X เกิดขึ้นในหลอดแก้วห่างจากปลายด้านที่มีก๊าซ A 30 cm. จงหาผลมวลโมเลกุลของก๊าซ A



วิธีทำ อัตราการแพร่ (r) = ระยะทางที่ก๊าซเคลื่อนที่ได้ / เวลา

$$\text{ดังนั้น } r_A = 30 \text{ cm.} / 3 \text{ นาที} = 10 \text{ cm/นาที}$$

$$\text{และ } r_{\text{NH}_3} = 90 - 30 \text{ cm.} / 3 \text{ นาที} = 60 \text{ cm.} / 3 \text{ นาที} = 20 \text{ cm/นาที}$$

จากกฎการแพร่ของเกรแฮม จะได้

$$\begin{aligned} \frac{r_{\text{NH}_3}}{r_A} &= \sqrt{\frac{M_A}{M_{\text{NH}_3}}} \\ \frac{20}{10} &= \sqrt{\frac{M_A}{17}} \\ 2 &= \sqrt{\frac{M_A}{17}} \\ (2)^2 &= \frac{M_A}{17} \end{aligned}$$

$$M_A = 4 \times 17 = 68$$

$\therefore$ ก๊าซ A มีมวลโมเลกุล = 68

ขั้นสรุป

นักเรียนร่วมกันอภิปรายความหมายของอัตราการแพร่ อัตราการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซ ความสัมพันธ์ของมวลโมเลกุลก๊าซกับอัตราการแพร่ และสูตรที่ใช้

- อัตราการแพร่กระจายหาได้จากระยะทางจากจุดเริ่มต้นของการแพร่ถึงจุดใดจุดหนึ่งในหนึ่งหน่วยเวลา

- อัตราการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซหาได้จากระยะทางที่โมเลกุลของก๊าซเคลื่อนที่ได้ทั้งหมดในหนึ่งหน่วยเวลา

- ก๊าซที่มีมวลโมเลกุลมากจะแพร่ได้ช้า ก๊าซที่มีมวลโมเลกุลต่ำจะแพร่ได้เร็ว

- อัตราแพร่ผ่านของเกรแฮมจะแปรผกผันกับรากที่สองของมวลโมเลกุล แสดงได้ดังนี้

อัตราการแพร่ $\propto \frac{1}{\sqrt{M}}$ เมื่อ M คือ มวลโมเลกุล

แผนการสอนที่ 8

เรื่อง ทฤษฎีจลน์โมเลกุลของก๊าซ (Kinetic Molecular Theory of Gases)

ตอนที่ ๑

มโนคติ

ก๊าซทุกชนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติซึ่งได้แก่ ปริมาตร อุณหภูมิ ความดัน และการแพร่ของ ก๊าซคล้ายคลึงกัน การเปลี่ยนแปลงสมบัติของก๊าซเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของ โมเลกุลก๊าซ สามารถอธิบายได้โดยทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

จุดประสงค์ของการเรียนรู้

1. ระบุใจความสำคัญของทฤษฎีจลน์ได้
2. ใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายสมบัติของก๊าซได้

เนื้อหา

การเปลี่ยนแปลงสมบัติต่าง ๆ ของก๊าซตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์ลูสแซก หรือกฎการแพร่ของเกรแฮม ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของโมเลกุลก๊าซนั่นเอง นักวิทยาศาสตร์จึงตั้งทฤษฎีจลน์ของก๊าซขึ้นมาเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงสมบัติของก๊าซตาม กฎต่าง ๆ เหล่านี้ โดยอาศัยสมมติฐานดังต่อไปนี้

1. ก๊าซประกอบด้วยโมเลกุลเป็นจำนวนมากโมเลกุลเหล่านี้จะอยู่ห่างกันมากและไม่มีแรงกระทำต่อกัน
2. โมเลกุลของก๊าซมีมวล แต่มีขนาดเล็กมากจนถือได้ว่ามีปริมาตรเป็นศูนย์
3. โมเลกุลของก๊าซเคลื่อนที่อย่างอิสระด้วยอัตราเร็วคงที่ตลอดเวลา ในแนวเส้นตรง
4. เมื่อโมเลกุลของก๊าซชนกันหรือชนกับผนังของภาชนะ จะมีการถ่ายเทพลังงานจลน์ระหว่างกันได้ แต่ไม่มีการสูญเสียพลังงานจลน์เรียกว่าการชนแบบยืดหยุ่นได้ (elastic collision)
5. ที่อุณหภูมิเดียวกัน ก๊าซทุกชนิดจะมีพลังงานจลน์เฉลี่ยเท่ากัน และจะแปรผกผันตรงกับอุณหภูมิสมบูรณ์

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นนำ

ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้คำถามต่อไปนี้เพื่อทบทวนบทเรียนที่ผ่านมา

- ปริมาตรและความดันของก๊าซมีความสัมพันธ์กันอย่างไรและมีสมการแสดงความสัมพันธ์เป็นอย่างไร?

ตอบ ปริมาตรของก๊าซแปรผกผันกับความดัน โดยที่มวลและอุณหภูมิของก๊าซคงที่แสดงได้ตามสมการ $PV = K$

- ปริมาตรและอุณหภูมิของก๊าซมีความสัมพันธ์กันอย่างไร และมีสมการแสดงความสัมพันธ์เป็นอย่างไร?

ตอบ ปริมาตรของก๊าซแปรผันตรงกับอุณหภูมิสมบูรณ์ โดยที่มวล และความดันคงที่ แสดงได้ตามสมการ $\frac{V}{T} = K$

- อุณหภูมิและความดันของก๊าซมีความสัมพันธ์กันอย่างไร และสมการแสดงความสัมพันธ์เป็นอย่างไร?

ตอบ ความดันของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ เมื่อปริมาตรคงที่แสดงได้ตามสมการ $\frac{P}{T} = K$

- การแพร่ของก๊าซมีความสัมพันธ์กับมวลโมเลกุลของก๊าซอย่างไร ?

ตอบ การแพร่ของก๊าซจะแปรผกผันกับรากที่สองของมวลโมเลกุลของก๊าซ

ขั้นตอน

1. ครูนำอภิปรายให้นักเรียนได้ทราบว่า ก๊าซต่างๆมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติที่คล้ายๆกัน เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของโมเลกุลก๊าซ ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยใช้ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
2. ครูให้ความรู้เรื่องทฤษฎีจลน์ของก๊าซกับนักเรียนดังนี้
 1. ก๊าซประกอบด้วยโมเลกุลเป็นจำนวนมากโมเลกุลเหล่านี้จะอยู่ห่างกันมากและไม่มีแรงกระทำต่อกัน
 - 2.) โมเลกุลของก๊าซมีมวล แต่มีขนาดเล็กมากจนถือได้ว่ามีปริมาตรเป็นศูนย์
 - 3.) โมเลกุลของก๊าซเคลื่อนที่อย่างอิสระด้วยอัตราเร็วคงที่ตลอดเวลา ในแนวเส้นตรง
 - 4.) เมื่อ โมเลกุลของก๊าซชนกันหรือชนกับผนังของภาชนะ จะมีการถ่ายเทพลังงานจลน์ระหว่างกันได้ แต่ไม่มีการสูญเสียพลังงานจลน์เรียกว่าการชนแบบยืดหยุ่นได้ (elastic collision)
 - 5.) ที่อุณหภูมิเดียวกัน ก๊าซทุกชนิดจะมีพลังงานจลน์เฉลี่ยเท่ากัน และจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสมบูรณ์
3. ครูนำอภิปรายกับนักเรียน ถึงการใช้ทฤษฎีจลน์ของก๊าซมาอธิบายสมบัติของก๊าซ ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ ความดัน และการแพร่ของก๊าซดังนี้
 - 1) กฎของบอยล์ ปริมาตรจะแปรผกผันกับความดัน โดยที่อุณหภูมิและมวลของก๊าซคงที่อธิบายได้ว่า
ความดันของก๊าซเป็นผลมาจากการชนกันระหว่างโมเลกุลของก๊าซกับผนังของภาชนะโดยที่ความดันคือแรงกระทำต่อหน่วยพื้นที่ถ้าลดปริมาตรของภาชนะจะทำให้โมเลกุลอยู่ใกล้กันมากขึ้นและความถี่ของการชนฝาผนังเพิ่มขึ้น ความดันของก๊าซจึงเพิ่มขึ้น

2) **กฎของชาร์ล** ปริมาตรของก๊าซแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ เมื่อมวลและความดันของก๊าซคงที่ อธิบายได้ว่า

จากพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลทั้งหมดแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์เมื่อเพิ่มอุณหภูมิพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลจึงเพิ่มขึ้น ทำให้โมเลกุลมีความเร็วเฉลี่ยในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น โมเลกุลจะชนฝาผนังแรงขึ้นและมีความถี่ในการชนสูงขึ้น ความดันของก๊าซจะสูง เพื่อให้ความดันของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะต้องเพิ่มขึ้น เพื่อลดแรงและความถี่ของโมเลกุลที่วิ่งเข้าชนฝาผนัง

3) **กฎของเกย์ลูสแซก** ความดันของก๊าซแปรผันตรงกับอุณหภูมิ เมื่อมวลและปริมาตรคงที่ อธิบายได้ว่า

จากพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลทั้งหมดแปรผัน โดยตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิพลังงานเฉลี่ยของโมเลกุลจึงเพิ่มขึ้น ทำให้โมเลกุลมีความเร็วเฉลี่ยในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น โมเลกุลจะชนฝาผนังแรง ขึ้นและมีความถี่ในการชนสูงขึ้น แต่ปริมาตรของก๊าซคงที่ ความดันของก๊าซจึงต้องเพิ่มขึ้น

4) **กฎการแพร่ของเกรแฮม** อัตราการแพร่ของก๊าซจะแปรผกผันกับรากที่สองของมวลโมเลกุลก๊าซ เมื่ออุณหภูมิและความดันคงที่ อธิบายได้ว่า จากพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลทั้งหมดแปรผัน โดยตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ และ ณ อุณหภูมิเดียวกันพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลก๊าซทุกชนิดจะเท่ากัน จากพลังงานจลน์ของก๊าซเท่ากับ $\frac{1}{2}mv^2$

$$\therefore \frac{1}{2}m_A v_A^2 = \frac{1}{2}m_B v_B^2$$

เมื่อ m_A, m_B คือ มวลของก๊าซ A และ B ตามลำดับ

v_A^2, v_B^2 คือ ความเร็วกำลังสองเฉลี่ย (mean square speed) ของก๊าซ A และ B ตามลำดับ

$$\frac{v_A^2}{v_B^2} = \frac{m_B}{m_A}$$

$$\frac{v_A}{v_B} = \frac{\sqrt{m_B}}{\sqrt{m_A}}$$

แต่มวลของก๊าซจะแปรผันตรงกับมวลโมเลกุลก๊าซ (M)

$$\text{ดังนั้น } \frac{v_A}{v_B} = \frac{\sqrt{M_B}}{\sqrt{M_A}}$$

$\therefore$ อัตราการแพร่ของก๊าซแปรผกผันกับรากที่สองของมวลโมเลกุล

ขั้นสรุป

นักเรียนร่วมกันอภิปรายใจความสำคัญของทฤษฎีจลน์ของก๊าซ และการนำทฤษฎีจลน์ของก๊าซไปใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงสมบัติของก๊าซ ดังนี้

1. ก๊าซประกอบด้วยโมเลกุลเป็นจำนวนมาก โมเลกุลเหล่านี้จะอยู่ห่างกันมากและไม่มีแรงกระทำต่อกัน
2. โมเลกุลของก๊าซมีมวล แต่มีขนาดเล็กมากจนถือได้ว่ามีปริมาตรเป็นศูนย์
3. โมเลกุลของก๊าซเคลื่อนที่อย่างอิสระด้วยอัตราเร็วคงที่ตลอดเวลา ในแนวเส้นตรง
4. เมื่อโมเลกุลของก๊าซชนกันหรือชนกับผนังของภาชนะ จะมีการถ่ายเทพลังงานจลน์ระหว่างกันได้ แต่ไม่มีการสูญเสียพลังงานจลน์เรียกว่าการชนแบบยืดหยุ่นได้ (elastic collision)
5. ที่อุณหภูมิเดียวกัน ก๊าซทุกชนิดจะมีพลังงานจลน์เฉลี่ยเท่ากัน และจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์

ภาคผนวก ก.

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรม สำหรับการออกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรม สำหรับการออกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พฤติกรรม เนื้อหา	ความรู้-ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	จำนวนข้อ
สถานของสาร	-	2	-	2
กฎของบอยล์	-	3	2	5
กฎของชาร์ล	-	4	1	5
กฎของเกย์ลูสแซก	-	-	2	2
กฎรวมก๊าซ	-	1	-	1
กฎของอาโวกาโดร	1	2	-	3
กฎของก๊าซสมมติ	-	3	3	6
การแพร่ของก๊าซ	1	4	1	6
ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ	-	4	1	5
รวม	2	23	10	35

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี ว 031 เรื่องก๊าซ

โรงเรียนสาริต คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การสอบปลายภาค ประจำปีการศึกษา 2538

วิชา เคมี รหัสวิชา ว 031 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก ข

วันที่สอบ 8 มีนาคม 2539

เวลา 12.30-14.00 น.

ชื่อ-สกุล _____ ชั้น _____ เลขที่ _____

คำชี้แจง 1. จงเลือกข้อที่เห็นว่าถูกเพียงข้อเดียว

2. ข้อสอบทั้งหมดมี 35 ข้อ จำนวน 7 หน้า ให้ทำทุกข้อ

3. กำหนดให้ค่าคงที่ของก๊าซสมมติ(R) = $0.082 \text{ dm}^3 \text{ atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

4. ความดัน $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$

.....

1. สารชนิดหนึ่งมีจุดหลอมเหลว 4°C มีจุดเดือด 80°C ที่ความดัน 1 บรรยากาศ

ข้อใดต่อไปนี้ ถูกต้อง

ก. เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนจาก -1°C เป็น 30°C สารนี้จะมีการเปลี่ยนสถานะ

ข. เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิจาก 10°C เป็น 70°C สารนี้จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซ

ค. เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิจาก 90°C เป็น 600°C สารนี้จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซ

ง. ที่ภาวะ STP สารนี้มีสถานะเป็นของเหลว

2. ที่ความดันเดียวกัน สาร X มีจุดหลอมเหลว -10°C มีจุดเดือด 70°C สาร Y มีจุดหลอมเหลว 120°C มีจุดเดือด 900°C ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

ก. ที่อุณหภูมิ 25°C สาร X มีสถานะเป็นของเหลว สาร Y มีสถานะเป็นก๊าซ

ข. ที่อุณหภูมิ 0°C ทั้งสาร X และสาร Y มีสถานะเป็นของแข็ง

ค. ที่อุณหภูมิ 100°C ทั้งสาร X และสาร Y มีสถานะเป็นก๊าซ

ง. ที่อุณหภูมิ 50°C สาร X มีสถานะเป็นของเหลว สาร Y มีสถานะเป็นของแข็ง

3. ลูกโป่งบรรจุก๊าซ H_2 ปริมาตร $9/10$ ของปริมาตรสูงสุด ที่ความดันภายนอก 760 mmHg อุณหภูมิ 20°C ถ้าปล่อยลูกโป่งให้ลอยไป จะขึ้นสูงกี่เมตร จึงจะแตกพอดี ถ้าความดันลดลง 10 มิลลิเมตรปรอท ทุกๆระยะที่สูงขึ้น 100 เมตร โดยอุณหภูมิคงที่
- ก. 500 ข. 760
ค. 1000 ง. 6840
4. ก๊าซชนิดหนึ่งจำนวน 410 กรัม ที่ STP มีปริมาตร 560 cm^3 ถ้าความดันเพิ่มขึ้นเป็น 2 atm โดยอุณหภูมิของก๊าซเท่ากับ 0°C ความหนาแน่นในข้อใดถูก
- ก. ลดลงสองเท่า ข. ลดลงสามเท่า
ค. เพิ่มขึ้นสามเท่า ง. เพิ่มขึ้นสองเท่า
5. บรรจุก๊าซชนิดหนึ่งในบอลลูน แล้วปล่อยให้ลอยสูงขึ้นในอากาศ ขนาดของบอลลูนจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อเทียบกับคอนที่อยู่บนพื้นดิน เพราะเหตุใด
- ก. ขนาดใหญ่ขึ้น เพราะความดันของอากาศที่กระทำต่อบอลลูนน้อยลง
ข. ขนาดเล็กลง เพราะความดันของก๊าซเพิ่มขึ้น
ค. ขนาดเล็กลง เพราะอุณหภูมิลดลง
ง. ขนาดเท่าเดิม เพราะก๊าซที่บรรจุมีปริมาณคงที่
6. ก๊าซชนิดหนึ่งบรรจุอยู่เต็มกระบอกฉีดยาขนาด 10 cm^3 ที่อุณหภูมิห้อง ณ สภาวะเดียวกันนี้ ถ้าให้ก๊าซจำนวนนี้ บรรจุในกระบอกฉีดยาขนาด 20 cm^3 จะมีผลอย่างไร
- ก. ปริมาตรลดลง ความดันของก๊าซคงที่
ข. ปริมาตรลดลง ความดันของก๊าซเพิ่มขึ้น
ค. ปริมาตรเพิ่มขึ้น ความดันของก๊าซลดลง
ง. ปริมาตรและความดันคงที่
7. ถังก๊าซหุงต้มใบหนึ่งมีปริมาตร 5 ลิตร มีก๊าซหุงต้มบรรจุอยู่ วัดความดันได้ 1140 mmHg ถ้าความดัน 1 บรรยากาศ ก๊าซจำนวนนี้จะมีปริมาตรกี่ลิตร
- ก. 5.5 ข. 6.0
ค. 7.5 ง. 8.0
8. ก๊าซชนิดหนึ่งมีความดันคงที่ เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิจาก 100°C เป็น 200 K จะมีผลอย่างไร
- ก. ปริมาตรของก๊าซลดลง
ข. ปริมาตรของก๊าซคงเดิม
ค. ปริมาตรของก๊าซเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า
ง. ปริมาตรของก๊าซเพิ่มขึ้นเป็นสามเท่า

16. ถ้าขวด A บรรจุก๊าซ CH_4 20 ลิตร ขวด B บรรจุก๊าซ CO 30 ลิตร ปริมาตรของก๊าซทั้งสองชนิด วัดที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน ถ้าขวด A บรรจุก๊าซ CH_4 6.18 โมล ขวด B บรรจุก๊าซ CO กี่โมล
- ก. 7.25 ข. 9.27
ค. 10.05 ง. 12.75
17. A และ B เป็นภาชนะขนาด 1 ลิตร ซึ่งมีก๊าซบรรจุอยู่ ปรากฏว่าความดันของก๊าซในภาชนะ A สูงกว่าความดันของก๊าซในภาชนะ B ที่อุณหภูมิเดียวกัน จงพิจารณาว่าข้อใดเป็นเหตุผลที่ถูกต้อง
- ก. ก๊าซในภาชนะ A มีมวลโมเลกุลน้อยกว่า ก๊าซในภาชนะ B
ข. พลังงานจลน์เฉลี่ยของก๊าซในภาชนะ A สูงกว่าก๊าซในภาชนะ B
ค. จำนวนโมลของก๊าซในภาชนะ A มากกว่าก๊าซในภาชนะ B
ง. ความเร็วของก๊าซในภาชนะ A มากกว่าความเร็วของก๊าซในภาชนะ B
18. คำกล่าวใดต่อไปนี้ไม่ถูกต้อง
- ก. ที่อุณหภูมิและความดันคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผันตรงกับจำนวนโมเลกุลก๊าซ
ข. ขวดใบหนึ่ง เมื่อบรรจุก๊าซ O_2 ชั่งน้ำหนักได้ 70 กรัม แต่เมื่อบรรจุก๊าซ X ในภาวะเดียวกัน จะชั่งน้ำหนักได้ 10 กรัม ก๊าซ O_2 และก๊าซ X ที่บรรจุในขวดนี้จะมีจำนวนโมลเท่ากัน
ค. ก๊าซในอุดมคติ เมื่อลดอุณหภูมิและความดันลง จำนวนโมเลกุลจะคงที่
ง. ก๊าซในอุดมคติ 2 ชนิด ในภาวะเดียวกัน ถ้ามวลเท่ากัน จะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน
19. ถ้าบรรจุ CO_2 2.2 กรัม ในภาชนะใบหนึ่ง ภายใต้ความดัน 700 mmHg และอุณหภูมิ 73°C เมื่อนำภาชนะใบเดิมมาบรรจุ CO_2 13.2 กรัม ภายใต้อุณหภูมิ 73°C ความดันจะเท่ากับกี่บรรยากาศ (มวลอะตอม $\text{C}=12, \text{O}=16$)
- ก. 2.05 ข. 3.50
ค. 4.52 ง. 5.53
20. ถ้าก๊าซใบหนึ่งมีปริมาตร 100 ลิตร บรรจุก๊าซ X ที่มีความดัน 10 atm ที่อุณหภูมิ 100 เคลวิน ชั่งก๊าซ X ได้ 5.4 กิโลกรัม ก๊าซ X น่าจะเป็นก๊าซใด (มวลอะตอม $\text{N}=14, \text{C}=12, \text{O}=16$)
- ก. N_2 ข. NO
ค. CO_2 ง. O_2

21. ก๊าซ NH_3 , CH_4 , N_2 และ Ne อย่างละ 0.17 กรัม ถูกบรรจุไว้ในกล่องแต่ละใบซึ่งมีปริมาตรใบละ 0.02 m^3 ที่ความดันและอุณหภูมิเดียวกัน อยากทราบว่าก๊าซใดมีความดันในกล่องสูงที่สุด (มวลอะตอม $\text{N}=14$, $\text{H}=1$, $\text{C}=12$, $\text{Ne}=20$)
- ก. NH_3 ข. CH_4
 ค. N_2 ง. Ne
22. ก๊าซผสมประกอบด้วย CO 20% CO_2 60% และ H_2 20% โดยปริมาตร ถ้าก๊าซผสมนี้มีปริมาตร 5.6 ลิตร ที่ 0°C ความดัน 1 บรรยากาศ จะมี CO_2 กี่โมล
- ก. 0.10 ข. 0.15
 ค. 0.20 ง. 0.25
23. เมื่อนำน้ำบริสุทธิ์ 0.36 กิโลกรัม มาทำการแยกด้วยกระแสไฟฟ้าจนหมดจะได้ก๊าซ H_2 เกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 25°C ความดัน 1 บรรยากาศ มีปริมาตรกี่ลิตร
- ก. 44.8 ข. 48.9
 ค. 448.0 ง. 488.7
24. ก๊าซ Ne บรรจุในกระบอกสูบซึ่งมีความดัน 0.82 บรรยากาศ และปริมาตร 2 ลิตร ที่อุณหภูมิ 27°C อยากทราบว่าความหนาแน่นของ Ne ในกระบอกสูบมีค่ากี่กรัมต่อลิตร (มวลอะตอม $\text{Ne}=20$)
- ก. 0.34 ข. 0.67
 ค. 1.35 ง. 7.48
25. ถ้ามวลโมเลกุลของก๊าซ A เป็น 4 เท่าของมวลโมเลกุลของก๊าซ B ที่ อุณหภูมิเดียวกัน ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้องที่สุด
- ก. ผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ของก๊าซทั้งสอง มีค่าเท่ากัน
 ข. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของก๊าซทั้งสองเท่ากัน
 ค. อัตราการแพร่ของก๊าซ A เป็นครึ่งหนึ่งของก๊าซ B
 ง. พลังงานจลน์เฉลี่ยของก๊าซทั้งสองมีค่าไม่เท่ากัน
26. ก๊าซ A กับ B ก๊าซทำปฏิกิริยากันได้ก๊าซสีเหลือง ในการทดลองปล่อยก๊าซ A กับก๊าซ B พร้อมกันที่ปลายคนละข้างของหลอดแก้วซึ่งยาว 15 cm พบว่าเกิดควันสีเหลืองขึ้นในหลอด ณ ระยะทาง 5 ห่างจากปลายที่ปล่อยก๊าซ B ในเวลาหนึ่งวินาที หากมวลโมเลกุลของก๊าซ A เท่ากับ 100 มวลโมเลกุลของก๊าซ B เท่ากับเท่าใด
- ก. 25 ข. 50
 ค. 200 ง. 400

27. จากกฎการแพร่ของเกรแฮม ถ้าจะทำการทดลองให้เห็นว่าก๊าซ X แพร่ได้เร็วกว่าก๊าซ Y 3 เท่า โมลโมเลกุลของก๊าซ Y ควรเป็นกี่เท่าของก๊าซ X
- ก. 2 ข. 3 ค. 6 ง. 9
28. ก๊าซผสมประกอบด้วย N_2 , O_2 , CH_4 และ CO_2 การแพร่ของก๊าซในข้อใดถูกต้องที่สุด (มวลอะตอม H=1, C=12, N=14, O=16)
- ก. ก๊าซที่แพร่ได้ดีที่สุดคือ O_2 ข. ก๊าซที่แพร่ได้ช้าที่สุดคือ CH_4
 ค. N_2 แพร่ได้เร็วกว่า O_2 ง. N_2 แพร่ได้ช้ากว่า CO_2
29. ถ้าก๊าซ X มีมวลโมเลกุล 81 เคลื่อนที่ในภาชนะหนึ่งได้ระยะทาง 30 เซนติเมตร ในเวลา 2 วินาที ก๊าซ Y มีมวลโมเลกุล 25 จะเคลื่อนที่ได้ระยะทางกี่เซนติเมตรในเวลา 4 วินาที
- ก. 108 ข. 96
 ค. 75 ง. 62
30. ที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศที่ปล่อยก๊าซ X ซึ่งมีสีเหลือง ให้แพร่จากปลายหลอดแก้วด้านหนึ่งไปยังอีกปลายด้านหนึ่ง ซึ่งหลอดแก้วมีความยาว 100 cm ปรากฏว่าใช้เวลาทั้งหมด 10 นาที จึงเห็นสีเหลืองของก๊าซ X ที่ปลายหลอดแก้วอีกด้านหนึ่ง มีข้อใดต่อไปนี้ ไม่ถูกต้อง
- ก. การแพร่ของก๊าซใช้เวลามากกว่าการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซ
 ข. อัตราการแพร่ของก๊าซ X = 10 เซนติเมตรต่อนาที
 ค. การแพร่ของก๊าซเกิดจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซ
 ง. อัตราการแพร่ของก๊าซ = ระยะทางของการแพร่/เวลาที่ใช้
31. มวลอะตอมของก๊าซ A เป็น 2 เท่าของมวลอะตอมของก๊าซ B ที่อุณหภูมิเดียวกัน ข้อใดต่อไปนี้ ถูกต้อง
- ก. ผลรวมของพลังงานจลน์ และพลังงานศักย์ของก๊าซทั้งสองเท่ากัน
 ข. ความเร็วเฉลี่ยของก๊าซทั้งสองเท่ากัน
 ค. ความเร็วเฉลี่ยของก๊าซ A เป็นครึ่งหนึ่งของก๊าซ B
 ง. พลังงานจลน์เฉลี่ยของก๊าซทั้งสองเท่ากัน
32. ข้อความต่อไปนี้ข้อความใด ไม่ถูกต้อง
- ก. ก๊าซประกอบด้วยโมเลกุลที่ขนาดเล็กมาก อยู่ห่างกันและไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน
 ข. แต่ละโมเลกุลของก๊าซเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงอยู่ตลอดเวลาด้วยอัตราเร็วที่เท่ากัน
 ค. โมเลกุลของก๊าซมีพลังงานจลน์ ซึ่งเท่ากับ $\frac{1}{2}mv^2$ เมื่อ m คือมวลโมเลกุล และ v คืออัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของโมเลกุล
 ง. เมื่อโมเลกุลของก๊าซชนกันหรือชนผนังของภาชนะอาจมีการถ่ายเทพลังงาน แต่จะไม่มี การสูญเสียพลังงานรวมแต่อย่างใด

33. บรรจุก๊าซ A 5 cm^3 ที่อุณหภูมิ 25°C ความดัน 1 บรรยากาศ ในกระบอกฉีดยาที่มีปลายปิด นำไปแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 70°C ความดัน 1 บรรยากาศ ปรากฏว่าลูกสูบเลื่อนขึ้นจากเดิมอีก 2 cm^3 จะใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายได้อย่างไร
- ก. โมเลกุลของก๊าซมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อย เมื่อได้รับความร้อนจึงขยายตัวได้มาก
- ข. โมเลกุลของก๊าซเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจึงดันลูกสูบให้เคลื่อนขึ้นได้ในทิศทางเดียวเท่านั้น
- ค. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โมเลกุลของก๊าซจะมีพลังงานจลน์เกิดขึ้นและชนกันเองทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้น
- ง. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โอกาสที่โมเลกุลของก๊าซจะชนกันเองและชนภาชนะมากขึ้นทำให้เกิดแรงดันลูกสูบให้เลื่อนขึ้น
34. ก๊าซ SO_2 และก๊าซ O_2 ที่ภาวะเดียวกัน ข้อความใดถูกต้อง (มวลอะตอม $\text{S}=32, \text{O}=16$)
- ก. พลังงานศักย์ของก๊าซทั้งสองเท่ากัน
- ข. ความเร็วเฉลี่ยของก๊าซ SO_2 เป็นครึ่งหนึ่งของก๊าซ O_2
- ค. พลังงานจลน์เฉลี่ยของก๊าซทั้งสองเท่ากัน
- ง. ความเร็วเฉลี่ยของก๊าซทั้งสองเท่ากัน
35. ปฏิกิริยาระหว่าง CaCO_3 กับกรด HCl จะเกิด CO_2 ถ้าทดลองในขวดรูปชมพู่แล้วปิดด้วยจุกยางสนิท สักครู่ จุกยางกระเด็นออกมาได้ เราจะอธิบายได้อย่างไร
- ก. เพราะมี CO_2 เกิดมากขึ้น
- ข. เพราะ CO_2 ที่เกิดขึ้นแต่ละโมเลกุลมีความเป็นอิสระจึงช่วยกันออกแรงดันมากขึ้น
- ค. เพราะโมเลกุลของ CO_2 เกิดมากก็มีโอกาสชนกับภาชนะได้มาก จึงมีแรงดันมากขึ้น
- ง. เพราะ CO_2 มีพลังงานจลน์เฉลี่ยมากขึ้น มีการชนภาชนะได้เร็วขึ้น

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ว 081 เรื่องก๊าซ

1. ก	8. ก	15. ง	22. ข	29. ก
2. ง	9. ค	16. ข	23. ง	30. ก
3. ข	10. ก	17. ค	24. ข	31. ง
4. ง	11. ค	18. ง	25. ค	32. ข
5. ก	12. ข	19. ง	26. ง	33. ง
6. ค	13. ค	20. ค	27. ง	34. ค
7. ค	14. ค	21. ข	28. ค	35. ค

ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ 14 แสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.78	0.39
2	0.78	0.40
3	0.60	0.28
4	0.72	0.39
5	0.63	0.29
6	0.77	0.28
7	0.77	0.24
8	0.63	0.43
9	0.50	0.60
10	0.56	0.63
11	0.73	0.42
12	0.58	0.28
13	0.21	0.39
14	0.59	0.58
15	0.33	0.49
16	0.69	0.43
17	0.55	0.20
18	0.28	0.30
19	0.51	0.44
20	0.55	0.42
21	0.54	0.39
22	0.54	0.42
23	0.28	0.57
24	0.56	0.47
25	0.35	0.39
26	0.26	0.34
27	0.53	0.63

ตารางที่ 14 แสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์ทางการเรียน (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
28	0.68	0.58
29	0.53	0.70
30	0.58	0.65
31	0.40	0.32
32	0.47	0.48
33	0.50	0.49
34	0.36	0.40
35	0.65	0.49

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (Reliability KR - 20) = 0.87

ภาคผนวก ง.

ค่าคะแนนและการคำนวณ

คะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
 ตารางที่ 15 แสดงคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่ม
 ควบคุม

คนที่	กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
1	17	17	21	25
2	23	32	20	27
3	16	25	13	13
4	17	18	12	26
5	12	18	9	11
6	15	14	21	15
7	17	26	12	16
8	15	12	10	28
9	14	22	19	18
10	11	19	14	27
11	12	15	30	33
12	18	25	25	31
13	16	13	16	15
14	13	20	10	16
15	15	20	10	21
16	12	18	8	16
17	14	20	22	27
18	9	12	12	19
19	15	18	17	25
20	27	21	17	22
21	25	31	17	26
22	9	13	11	13
23	11	16	12	13
24	26	22	10	26
25	9	11	30	29
26	18	28	10	16

ตารางที่ 15 แสดงคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (ต่อ)

คนที่	กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
27	10	8	28	28
28	25	29	12	20
29	11	13	27	27
30	17	30	17	10
31	9	11	13	24
32	13	12	18	28
33	14	22	22	32
34	10	10	11	14
35	11	22	14	20
36	14	23	17	26
37	18	20	9	14
38	32	23	8	10
39	10	12	18	31
40	8	11	19	29
41	12	17	9	9
42	16	16	9	16
43	9	15	10	18
44	19	19	10	15
45	22	24	5	21
46	9	11		
47	31	34		
48	18	23		
49	11	15		
50	9	7		
รวม	764	948	684	946
เฉลี่ย	15.28	18.86	15.20	21.02
S.D	5.82	6.73	6.20	6.76

สูตรทางสถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ ANCOVA

แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ ANCOVA ได้ดังต่อไปนี้
กำหนดให้

X = คะแนนก่อนทดลอง, $\sum X^2 = 25496$

Y = คะแนนหลังทดลอง, $\sum Y^2 = 41997$

X_1, Y_1 = คะแนนรวมก่อนและหลังทดลองของกลุ่มควบคุม = 764, 943 ตามลำดับ

X_2, Y_2 = คะแนนรวมก่อนและหลังทดลองของกลุ่มทดลอง = 684, 946 ตามลำดับ

X_{ij}, Y_{ij} = คะแนน X และคะแนน Y ของนักเรียนแต่ละคนตามลำดับ, $\sum XY = 31567$

$\bar{X}, \bar{Y}$ = คะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังการทดลอง = 15.242, 19.884 ตามลำดับ

T_X = คะแนนรวม X ของนักเรียนทั้งหมด = 1448

T_Y = คะแนนรวม Y ของนักเรียนทั้งหมด = 1889

SS_X = ค่าผลบวกของกำลังสองของส่วนเบี่ยงเบนระหว่างคะแนน X กับ $\bar{X}$ (หรือ $\sum x^2$ เมื่อ $x = \bar{X} - X$)

SS_Y = ค่าผลบวกของกำลังสองของส่วนเบี่ยงเบนระหว่างคะแนน Y กับ $\bar{Y}$ (หรือ $\sum y^2$ เมื่อ $y = \bar{Y} - Y$)

$\sum xy$ = ผลบวกของผลคูณของส่วนเบี่ยงเบน

SS_Y' = ผลบวกของกำลังสองของส่วนที่ปรับแก้แล้ว

$\bar{Y}'$ = คะแนนเฉลี่ย Y ที่ปรับแก้แล้ว

N = จำนวนนักเรียนทั้งหมด = 95 คน, k = จำนวนกลุ่ม = 2

n_1, n_2 = จำนวนนักเรียนในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง = 50 และ 45 ตามลำดับ

t = ทั้งหมด

b = ระหว่างกลุ่ม

w = ภายในกลุ่ม

ขั้นตอนการคำนวณ ANCOVA แสดงได้ดังต่อไปนี้ (ประทอง วรรณสูตร, 2525)

1. หาค่าผลบวกของกำลังสองของส่วนเบี่ยงเบนระหว่างคะแนน X กับ $\bar{X}$ (หรือ $\sum x^2$ เมื่อ $x = \bar{X} - X$)

$$\begin{aligned} 1.1 \quad SS_{t,x} &= \sum X_{ij}^2 - (T_x^2)/N \\ &= 25496 - (1448)^2/95 \\ &= 25496 - 22070.568 \\ &= 3425.432 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1.2 \quad SS_{bx} &= (T_{x1})^2/n_1 + (T_{x2})^2/n_2 - (T_x)^2/N \\ &= (764)^2/50 + (684)^2/45 - (1448)^2/95 \\ &= 22070.720 - 22070.568 \\ &= 0.152 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 1.3 \text{ } SS_{wx} &= SS_{lx} - SS_{bx} \\
 &= 3425.432 - 0.152 \\
 &= 3425.280
 \end{aligned}$$

2. หาค่าผลบวกของกำลังสองของส่วนเบี่ยงเบนระหว่างคะแนน Y กับ $\bar{Y}$ (หรือ $\sum y^2$ เมื่อ $y = Y - \bar{Y}$)

$$\begin{aligned}
 2.1 \text{ } SS_{tY} &= \sum Y_{ij}^2 - (T_Y)^2/N \\
 &= 41997 - (1889)^2/95 \\
 &= 41997 - 37561.274 \\
 &= 4435.726
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2.2 \text{ } SS_{bY} &= (T_{Y1})^2/n_1 + (T_{Y2})^2/n_2 - (T_Y)^2/N \\
 &= (943)^2/50 + (946)^2/45 - 37561.274 \\
 &= 37672.002 - 37561.274 \\
 &= 110.728
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2.3 \text{ } SS_{wY} &= SS_{tY} - SS_{bY} \\
 &= 4435.726 - 110.728 \\
 &= 4324.998
 \end{aligned}$$

3. หาค่าผลบวกของผลคูณของส่วนเบี่ยงเบน ($\sum xy$)

$$\begin{aligned}
 3.1 \text{ } \sum xy_t &= \sum (X_{ij} Y_{ij}) - (T_X T_Y)/N \\
 &= 31567 - (1448 \times 1889)/95 \\
 &= 31567 - 28792.337 \\
 &= 2774.663
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3.2 \text{ } \sum xy_b &= (T_{X1} T_{Y1})/n_1 + (T_{X2} T_{Y2})/n_2 - (T_X T_Y)/N \\
 &= (764 \times 943)/50 + (684 \times 946)/45 - 28792.337 \\
 &= -4.097
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3.3 \text{ } \sum xy_w &= \sum xy_t - \sum xy_b \\
 &= 2774.663 - (-4.097) \\
 &= 2778.760
 \end{aligned}$$

4. หาค่าผลบวกของกำลังสองของส่วนที่ปรับแก้แล้ว

$$\begin{aligned}
 4.1 \text{ } SS_n' &= SS_n - (\sum xy_t)^2/SS_{xt} \\
 &= 4435.726 - (2774.663)^2/2435.432 \\
 &= 4435.726 - 2247.528 \\
 &= 2188.198
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4.2 \ SS_{Yw}' &= SS_{Yw} - (\sum xy_w)^2 / SS_{Xw} \\
 &= 4324.998 - (2778.760)^2 / 3425.280 \\
 &= 4324.998 - 2254.270 \\
 &= 2070.728
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4.3 \ SS_{Yb}' &= SS_{Yb}' - SS_{Yw}' \\
 &= 2188.198 - 2070.728 \\
 &= 117.470
 \end{aligned}$$

5. หองศาแห่งความเป็นอิสระ (df)

$$\begin{aligned}
 5.1 \ df_b &= k - 1 \\
 &= 2 - 1 \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5.2 \ df_w &= N - k - 1 \\
 &= 95 - 2 - 1 \\
 &= 92
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5.3 \ df_t &= N - k \\
 &= 95 - 2 \\
 &= 93
 \end{aligned}$$

6. สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เพื่อเปรียบเทียบผลการสอน 2 วิธี

แหล่ง(source)	df	SS_Y'	MS_Y'	F
ระหว่างกลุ่ม(b)	1	117.470	117.470	5.219*
ภายในกลุ่ม(w)	92	2070.728	22.508	
ทั้งหมด(t)	93	2188.198		

* $p < .05$ (.05 $F_{1,92} = 3.95$)

7. หาคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองที่ปรับค่าแล้ว ($\bar{Y}'$)

$$(\bar{Y}_k') = \bar{Y}_k - (\sum xy_w) / SS_{Xw} (\bar{X}_k - \bar{X})$$

7.1 คำนวณคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองของกลุ่มควบคุมที่ปรับค่าแล้ว ($\bar{Y}_1'$)

$$\begin{aligned}
 \bar{Y}_1' &= 18.860 - (2778.760) / 3425.28 (15.280 - 15.242) \\
 &= 18.860 - 0.811(0.038) \\
 &= 18.829
 \end{aligned}$$

7.2 คะแนนเฉลี่ยหลังทดลองกลุ่มทดลองที่ปรับค่าแล้ว ($\bar{Y}_2'$)

$$\begin{aligned}\bar{Y}_2' &= 21.020 - 0.811(15.200 - 15.242) \\ &= 21.020 - 0.811(0.042) \\ &= 20.986\end{aligned}$$

8. การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนทดลอง หลังทดลอง และคะแนนหลังทดลองที่ปรับค่าแล้ว

กลุ่ม	ก่อนทดลอง($\bar{X}$)	หลังทดลอง ($\bar{Y}$)	คะแนนที่ปรับค่าแล้ว($\bar{Y}'$)
ควบคุม	15.280	18.860	18.829
ทดลอง	15.200	21.020	20.986

2. ค่าความยากง่าย(P) และอำนาจจำแนก(r) ของข้อสอบ (สัมพันธ์ พันธุ์พฤษย์ , 2529)

$$P = \frac{R_H + R_L}{N_H + N_L}$$

$$r = \frac{R_H - R_L}{N_H}$$

เมื่อ R_H = จำนวนคนในกลุ่มสูงที่ตอบข้อนั้นถูก

R_L = จำนวนคนในกลุ่มต่ำที่ตอบข้อนั้นถูก

N_H = จำนวนคนในกลุ่มสูง

N_L = จำนวนคนในกลุ่มต่ำ

3. สูตรการหาค่าความเที่ยง (Reliability) ของแบบทดสอบ ใช้ Kuder- Richardson Formula 20 (KR-20) (Ebel,1979 อ้างใน สัมพันธ์ พันธุ์พฤษย์,2529)

$$r = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum pq}{\sigma^2} \right)$$

เมื่อ K = จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ

p = สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ

= จำนวนผู้ที่ตอบข้อนั้นถูก / จำนวนผู้ตอบข้อนั้นทั้งหมด

q = สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิดในแต่ละข้อ = $1 - p$

σ^2 = ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมดที่ได้จากแบบทดสอบ

$$= \frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n^2}$$



ภาคผนวก จ.

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. นางนวิวรรณ นาระศล รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาการมัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2. นางสาววิมล สำราญวานิช รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาการมัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
3. นายประทัย ขาวขำ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำโรงเรียนสาริต(ศึกษาศาสตร์)ระดับมัธยม มหาวิทยาลัยขอนแก่น
4. นายพิสูตร บรรคาศักดิ์ไพศาล อาจารย์ประจำโรงเรียนสาริต(มอคินแดง)ระดับมัธยม มหาวิทยาลัยขอนแก่น
5. นายควง สัจจโกชน์ อาจารย์ประจำโรงเรียนสาริต(ศึกษาศาสตร์)ระดับมัธยม มหาวิทยาลัยขอนแก่น
6. นางเพ็ญพรรณ ชีวะคำนวน อาจารย์ประจำโรงเรียนกุ่มภาปี อำเภอกุมภาปี จังหวัดอุดรธานี