

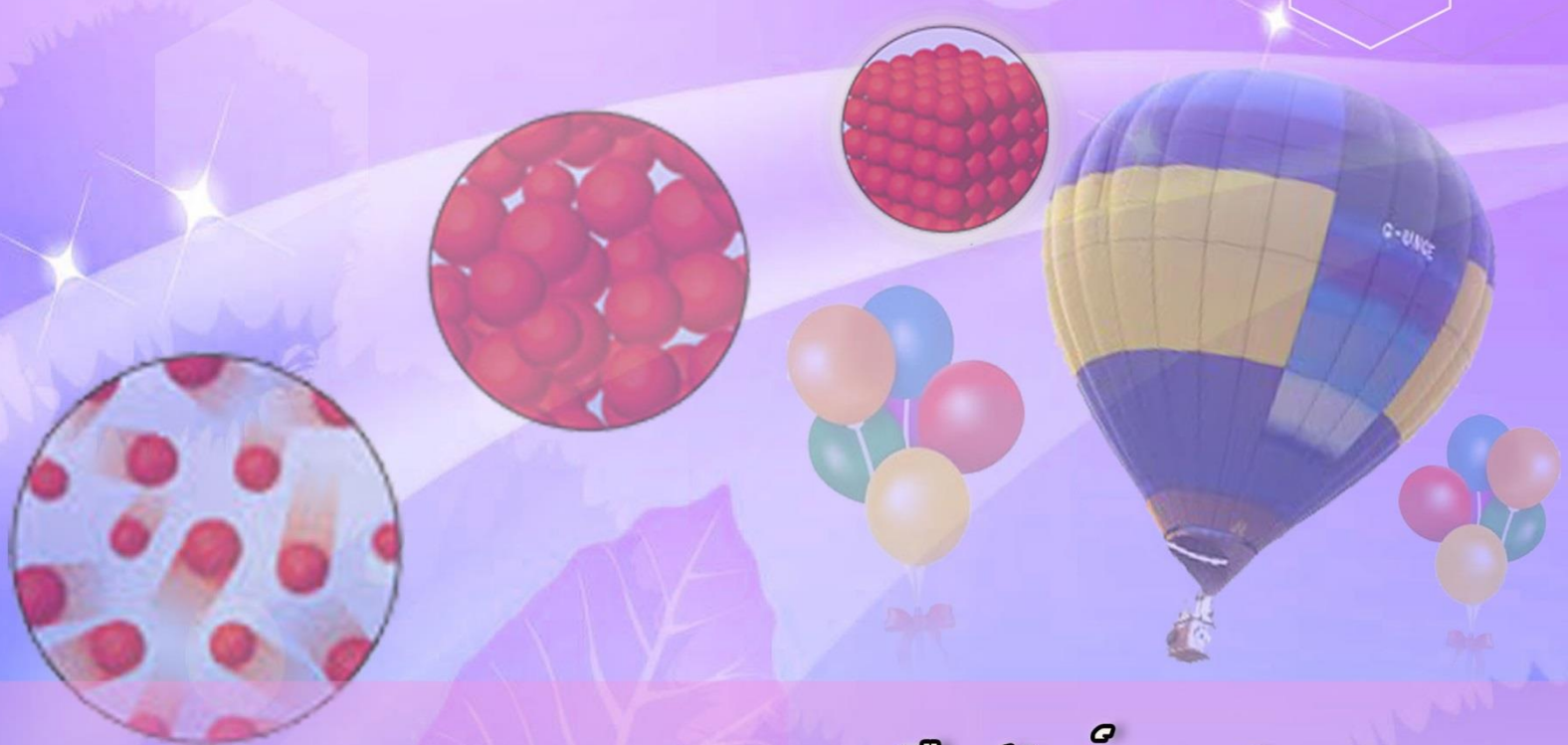
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

ชุดการสอนที่ เรื่อง สมบัติของแก๊ส

4

รายวิชาเคมี 2 รหัสวิชา ว30222

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



นางเครือวัลย์ ยศเมธากุล
ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนพระบางวิทยา
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 42

คำนำ

ชุดการสอนรายวิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว30222 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส เป็นชุดการสอนที่เหมาะสมสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ตามสาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ตามหลักสูตร นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยเรียบเรียงเนื้อหาตามจุดประสงค์การเรียนรู้อย่างละเอียด จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นคู่มือประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรายวิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว30222 มีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนเมื่อจบหน่วยการเรียนรู้

ชุดการสอนชุดนี้ประกอบด้วยคู่มือการใช้ชุดการสอนของครู แผนการจัดการเรียนรู้ ชุดการสอนสำหรับนักเรียน แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งประกอบด้วยชุดการสอนทั้งหมด 6 ชุด ได้แก่

ชุดการสอนชุดที่ 1 เรื่อง สถานะของสาร

ชุดการสอนชุดที่ 2 เรื่อง สมบัติของของแข็ง

ชุดการสอนชุดที่ 3 เรื่อง สมบัติของของเหลว

ชุดการสอนชุดที่ 4 เรื่อง สมบัติของแก๊ส

ชุดการสอนชุดที่ 5 เรื่อง การแพร่ของแก๊ส

ชุดการสอนชุดที่ 6 เรื่อง เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

ชุดการสอนชุดนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ ผู้จัดทำต้องขอขอบคุณอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการ รองผู้อำนวยการและครูโรงเรียนพระบางวิทยาทุกท่านที่ให้คำปรึกษา ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องและผู้ที่มีความช่วยเหลือทุกท่าน ในการจัดทำชุดการสอนนี้และขอขอบพระคุณเจ้าของเอกสาร ตำราต่าง ๆ ที่ใช้เป็นเอกสารอ้างอิงเป็นอย่างสูง

นางเครือวัลย์ ยศเมธากุล
โรงเรียนพระบางวิทยา

สารบัญ

	หน้า
คำนำ.....	ก
สารบัญ	ข
สารบัญตาราง	ค
สารบัญภาพ	ง
คู่มือนักเรียน	จ
แผนผังแสดงขั้นตอนการใช้ชุดการสอนสำหรับนักเรียน.....	ฉ
มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้.....	1
ชุดการสอนที่ 4 เรื่องสมบัติของแก๊ส.....	2
ผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้.....	2
คำชี้แจงสำหรับนักเรียน.....	3
บัตรคำสั่ง.....	5
แบบทดสอบก่อนเรียน	7
บัตรกิจกรรม.....	11
บัตรเนื้อหา	18
บัตรฝึกหัด	56
แบบทดสอบหลังเรียน.....	60
ภาคผนวก	65
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน	66
เฉลยแบบบันทึกบัตรกิจกรรม	67
เฉลยบัตรแบบฝึกหัด	69
เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน.....	73
บรรณานุกรม	74

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรแก๊ส (V) กับอุณหภูมิองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) และอุณหภูมิเคลวิน (K) ของแก๊สอุดมคติ เมื่อความดันคงที่ (1 atm)	28
4.2 แสดงค่า R ในหน่วยต่าง ๆ	45

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
4.1 การศึกษาผลของความดันและอุณหภูมิต่อปริมาตรของแก๊ส	12
4.2 อนุภาคแก๊สอุดมคติมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับขนาดของภาชนะ	20
4.3 การชนของโมเลกุลแก๊ส	20
4.4 โมเลกุลของก๊าซมีขนาดเล็กมาก	21
4.5 การเคลื่อนที่ของโมเลกุลแก๊ส	21
4.6 แก๊สในกระบอกฉีดยามีความดันมากขึ้นปริมาตรของแก๊สลดลง	22
4.7 แก๊สในกระบอกฉีดยามีความดันลดลงปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้น	22
4.8 เมื่อเพิ่มอุณหภูมิโมเลกุลของแก๊สชนผนังภาชนะบ่อยและแรง.....	23
4.9 เมื่อลดอุณหภูมิโมเลกุลของแก๊สชนผนังภาชนะน้อยลง	23
4.10 โรเบิร์ต บอยล์	24
4.11 การทดลองตามกฎของบอยล์	24
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง P กับ V เมื่อ T และ n คงที่	25
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง P กับ 1/V (หรือ V กับ 1/P)	26
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง PV กับ P (หรือ PV กับ V)	26
4.15 ปริมาตรของอากาศในกระบอกสูบ	27
4.16 การขยายตัวของถุงพลาสติกเมื่อความดันภายนอกลดลง	27
4.17 จากส์ ชาร์ล	28
4.18 การทดลองตามกฎของชาร์ล.....	29
4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร (V) กับอุณหภูมิเคลวิน (K).....	30
4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร (V) กับอุณหภูมิองศาเซลเซียส (°C)	30
4.21 การขยายตัวของโคมลอยเมื่อได้รับความร้อน.....	31
4.22 ลูกโป่งที่บุกลับมากลมใหม่เมื่อเอาไปต้ม.....	31
4.23 การหดตัวของลูกโป่งเมื่อแช่ในสารไนโตรเจนเหลว	31
4.24 โซแซฟ-ลุย เกย์-ลูแซก	34
4.25 แสดงอุณหภูมิมีผลต่อความดันในกระป๋องและเมล็ดข้าวโพด.....	35
4.26 อาเมเดโอ อาโวกาโดร	37
4.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมเลกุลของแก๊สที่เพิ่มขึ้นและปริมาตรของ แก๊สที่เพิ่มขึ้นตาม	38
4.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของอาโวกาโดร...	44
4.30 จอห์น ดาลตัน	50
4.31 แสดงการผสมกันของแก๊สต่างชนิดตามกฎความดันย่อยของดอลตัน.....	50
4.32 แสดงความดันและโมเลกุลหลังผสม	5

คู่มือนักเรียน
ชุดการสอนวิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว30222
หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส
ชุดการสอนที่ 4 เรื่อง สมบัติของแก๊ส

ส่วนประกอบของชุดการสอน

ชุดการสอนวิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว30222 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ชุดการสอนที่ 4 เรื่อง สมบัติของแก๊ส ใช้เวลาเรียน 5 ชั่วโมง มีส่วนประกอบของชุดการสอน ดังนี้

1. ผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้
2. แบบทดสอบก่อนเรียน
3. บัตรคำชี้แจง
4. บัตรคำสั่ง
5. บัตรกิจกรรม
6. บัตรเนื้อหา
7. บัตรเฉลยบัตรกิจกรรม
8. บัตรฝึกหัด
9. บัตรเฉลยบัตรฝึกหัด
10. แบบทดสอบก่อน – หลังเรียน
11. เฉลยแบบทดสอบก่อน – หลังเรียน
12. แบบบันทึกคะแนนประจำกลุ่ม
13. การประเมินผล
 - 13.1 คะแนนแบบบันทึกบัตรกิจกรรม
 - 13.2 คะแนนแบบทดสอบก่อน – หลังเรียน

ส่วนประกอบของชุดการสอนที่ 4 เรื่อง สมบัติของแก๊ส ประกอบด้วย

1. ผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้
2. บัตรคำสั่งที่ 4 เรื่อง สมบัติของแก๊ส
3. บัตรกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ผลของอุณหภูมิและความดันที่มีต่อปริมาตรของแก๊ส
4. บัตรเนื้อหาเรื่อง สมบัติของแก๊ส
5. แบบบันทึกบัตรกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ผลของอุณหภูมิและความดันที่มีต่อปริมาตรของแก๊ส
6. บัตรฝึกหัดที่ 4 เรื่อง สมบัติของแก๊ส
7. แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน ชุดการสอนที่ 4 เรื่อง สมบัติของแก๊ส
8. กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน ชุดการสอนที่ 4 เรื่อง สมบัติของแก๊ส
9. แบบบันทึกคะแนนประจำกลุ่ม ชุดการสอนที่ 4 เรื่อง สมบัติของแก๊ส

แผนผังแสดงขั้นตอนการใช้ชุดการสอนสำหรับนักเรียน

ศึกษาคำชี้แจงในการใช้ชุดการสอนอย่างละเอียด



ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้



ทำแบบทดสอบก่อนเรียน



ทำกิจกรรมตามบัตรกิจกรรม



อ่านบัตรเนื้อหาอย่างละเอียดรอบคอบ



ตรวจคำตอบจากบัตรเฉลยกิจกรรม



ทำกิจกรรมตามบัตรฝึกหัด



ตรวจคำตอบจากบัตรเฉลยบัตรฝึกหัด



ทำแบบทดสอบหลังเรียน



จบหน่วยการเรียนรู้ ชุดการสอนที่

ชุดการสอนวิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว30222 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

ชุดการสอนที่ 4 เรื่อง สมบัติของแก๊ส

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสังคมและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้

1. ใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายสมบัติบางประการของแก๊สได้
2. ทดลองและสรุปความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊ส
3. ใช้กฎต่างๆ ของแก๊สคำนวณหาปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมลหรือมวลของแก๊สได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายสมบัติบางประการของแก๊สได้
2. นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและความดันที่มีต่อปริมาตรของแก๊สได้
3. นักเรียนสามารถสรุปและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊สได้
4. นักเรียนคำนวณหาปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมลหรือมวล โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล่านั้นตามกฎต่างๆ ของแก๊สได้
5. นักเรียนนำเสนอปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับกฎต่างๆ ของแก๊สได้

ชุดการสอนวิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว30222
หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

ชุดการสอนที่ 4 เรื่อง สมบัติของแก๊ส

ผลการเรียนรู้

1. ใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายสมบัติบางประการของแก๊สได้
2. ทดลองและสรุปความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊ส
3. ใช้กฎต่างๆ ของแก๊สคำนวณหาปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมลหรือมวลของแก๊สได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายสมบัติบางประการของแก๊สได้
2. นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและความดันที่มีต่อปริมาตรของแก๊สได้
3. นักเรียนสามารถสรุปและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊สได้
4. นักเรียนคำนวณหาปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมลหรือมวล โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล่านั้นตามกฎต่างๆ ของแก๊สได้
5. นักเรียนนำเสนอปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันที่สัมพันธ์กับกฎต่างๆ ของแก๊สได้

คำชี้แจงสำหรับนักเรียน

ชุดการสอนวิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว30222
 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส
 ชุดการสอนที่ 4 เรื่อง สมบัติของแก๊ส

ชุดการสอนนี้เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้นักเรียนได้ปฏิบัติทดลองด้วยตนเอง สามารถสรุปองค์ความรู้ด้วยตนเองได้ ในการใช้ชุดการสอนนี้นักเรียนจะต้องศึกษาและปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดด้วยตนเอง สามารถปรึกษากัน หรือช่วยเหลือกันในกลุ่มได้ นักเรียนต้องมีความซื่อสัตย์ต่อตนเองและผู้อื่นโดยห้ามเปิดดูเฉลยก่อน เพราะจะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสคิดวิเคราะห์

การใช้ชุดการสอนวิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว30222 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ชุดการสอนที่ 4 เรื่อง สมบัติของแก๊ส ให้นักเรียนศึกษาปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาคำชี้แจงการใช้ชุดการสอนและจุดประสงค์การเรียนรู้ให้เข้าใจ
2. นักเรียนทุกคนทำแบบทดสอบก่อนเรียนด้วยความซื่อสัตย์
3. ศึกษารายละเอียดของบัตรกิจกรรม บัตรเนื้อหาและบัตรฝึกหัด ปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดไว้เพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างต่อเนื่อง
4. ปฏิบัติกิจกรรมตามบัตรกิจกรรมและบัตรฝึกหัดที่ละขั้นตอนอย่างรอบคอบ ชักถามและอภิปรายอย่างเต็มความสามารถ รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น มีความรับผิดชอบ ไม่ก่อกวนและชักชวนเพื่อนให้ปฏิบัติไม่เหมาะสม
5. ปฏิบัติกิจกรรมด้วยความตั้งใจและปฏิบัติตามคำชี้แจงอย่างเคร่งครัด หากมีข้อสงสัยให้ชักถามครูผู้สอนจนเข้าใจ
6. การปฏิบัติกิจกรรมแต่ละชุดการสอนควรทำให้เสร็จสิ้นทันตามกำหนดเวลา
7. ประเมินผลด้วยตนเองโดยตรวจคำตอบจากบัตรเฉลยบัตรกิจกรรมและบัตรเฉลยบัตรฝึกหัด ให้คะแนนตนเองด้วยความซื่อสัตย์ ถ้านักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินให้กลับไปศึกษาบัตรเนื้อหาและทำบัตรกิจกรรม บัตรฝึกหัดใหม่ให้ถูกต้อง
8. นักเรียนทุกคนทำแบบทดสอบหลังเรียนด้วยความซื่อสัตย์
9. ประธานกลุ่มรับบัตรเฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียนจากครู แล้วเฉลยให้สมาชิกตรวจให้คะแนนข้อที่ถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ผิดให้ 0 คะแนน โดยเปลี่ยนกันตรวจภายในกลุ่ม
10. เลขานุการกลุ่มรวบรวมคะแนนและจัดบันทึกคะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ในบัตรกิจกรรมและบัตรฝึกหัดและแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน ลงในแบบบันทึกคะแนนของสมาชิกกลุ่ม
11. เก็บวัสดุอุปกรณ์และชุดการสอนคืนครูเมื่อปฏิบัติกิจกรรมเสร็จสิ้น แล้วทำความสะอาดสถานที่ให้เรียบร้อย

การประเมินผลการเรียน

1. การประเมินด้านความรู้ โดยใช้
 - 1.1 แบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน
 - 1.2 แบบบันทึกกิจกรรม
 - 1.3 บัตรฝึกหัด
2. การประเมินผลระหว่างเรียน โดยใช้
 - 2.1 แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน
 - 2.2 แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง
 - 2.3 แบบประเมินพฤติกรรมด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน
 - 2.4 แบบประเมินพฤติกรรมด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน

บัตรคำสั่งที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

ชุดการสอนที่ 4 เรื่อง สมบัติของแก๊ส

สำหรับประธานกลุ่ม

1. แต่ละกลุ่มเลือกประธานกลุ่มและเลขานุการกลุ่ม

หน้าที่ของประธานกลุ่ม

- รับบัตรต่าง ๆ ในชุดการสอนไปแจกสมาชิกในกลุ่ม
- ควบคุมกิจกรรมให้เป็นไปตามคำชี้แจง กระตุ้นให้สมาชิกร่วมกิจกรรม

หน้าที่ของเลขานุการกลุ่ม

- รวบรวมคะแนนและจดบันทึกคะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้จากแบบบันทึกบัตรกิจกรรม บัตรฝึกหัดและแบบทดสอบก่อนเรียนหลังเรียนลงในแบบบันทึกคะแนนของสมาชิกกลุ่ม

2. ให้ประธานกลุ่มมอบหมายหน้าที่ให้แก่สมาชิกในกลุ่ม ดังนี้

- 2.1 ผู้อ่าน ทำหน้าที่ อ่านข้อความในบัตรกิจกรรม บัตรเนื้อหาและบัตรฝึกหัด
อ่านคำถามให้สมาชิกในกลุ่มฟัง ประธานกลุ่มชี้แจงให้สมาชิกทุกคนเป็นผู้ฟังและร่วมอภิปราย
- 2.2 ผู้จดบันทึก ทำหน้าที่ จดบันทึกการอภิปรายของกลุ่มลงในแบบบันทึกบัตรกิจกรรมและบัตรฝึกหัด
- 2.3 ผู้นำเสนอหน้าชั้นเรียน ทำหน้าที่ เป็นตัวแทนกลุ่มออกนำเสนอผลการอภิปรายที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ในชุดการสอน

3. ประธานกลุ่มรับบัตรกิจกรรมที่ 4 และแบบบันทึกบัตรกิจกรรมที่ 4 จากครู มอบให้ผู้อ่านอ่านข้อความในบัตรกิจกรรม สมาชิกในกลุ่มช่วยกันปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้สมาชิกที่ทำหน้าที่จดบันทึก จดบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมในประเด็นที่สำคัญ ๆ ลงในแบบบันทึกบัตรกิจกรรมที่ 4 ไว้เพื่อการอภิปราย

4. ประธานกลุ่มรับบัตรเนื้อหา 4 จากครู มอบให้ผู้อ่านอ่านรายละเอียดจากบัตรเนื้อหาให้สมาชิกทุกคนได้ร่วมอภิปราย แล้วตรวจสอบความถูกต้องของแบบบันทึกกิจกรรมที่ 4 ที่บันทึกว่าถูกต้องตรงตามเนื้อหาในบัตรเนื้อหาหรือไม่ ถ้าผิดแก้ไขให้ถูกต้องโดยตรวจสอบความถูกต้องจากบัตรเฉลยบัตรกิจกรรมที่ 4

5. ประธานกลุ่มรับบัตรฝึกหัดที่ 4 จากครูมอบให้ผู้อ่านอ่านคำชี้แจงในบัตรฝึกหัดและให้สมาชิกในกลุ่มระดมความคิดช่วยกันทำบัตรฝึกหัด โดยตรวจคำตอบจากบัตรเฉลยบัตรฝึกหัดที่ 4
6. เมื่อหมดเวลาเรียนเก็บอุปกรณ์ส่งคืนให้ถูกต้องเรียบร้อย โดยประธานเป็นผู้นำมาส่งคืนครูผู้สอน

แบบทดสอบก่อนเรียน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	รหัสวิชา ว30222	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เรื่อง สมบัติของแก๊ส	จำนวน 10 ข้อ	คะแนน 10 คะแนน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายสมบัติบางประการของแก๊สได้
2. นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและความดันที่มีต่อปริมาตรของแก๊สได้
3. นักเรียนสามารถสรุปและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊สได้
4. นักเรียนคำนวณหาปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมลหรือมวล โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล่านั้นตามกฎต่างๆ ของแก๊สได้
5. นักเรียนนำเสนอที่ปรากฏการณ์เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันที่สัมพันธ์กับกฎต่างๆ ของแก๊สได้

คำสั่ง

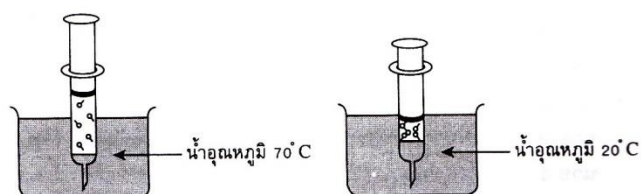
ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวแล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใด ไม่ใช่ สมบัติของแก๊สในอุดมคติ
 - ก. แก๊สประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็ก
 - ข. แต่ละโมเลกุลของแก๊สมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล
 - ค. การชนกันระหว่างโมเลกุลเป็นการชนแบบยืดหยุ่น
 - ง. แต่ละโมเลกุลของแก๊สมีการเคลื่อนที่แบบไร้ระเบียบ
2. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับสมบัติแก๊สตามทฤษฎีจลน์
 - ก. โมเลกุลของแก๊สสมบูรณ์มีขนาดเล็กมากจนถือได้ว่ามีมวลเป็นศูนย์
 - ข. ที่อุณหภูมิเดียวกัน แก๊ส A และแก๊ส B จะมีพลังงานจลน์เฉลี่ยเท่ากันเสมอ
 - ค. แก๊สทั่วไปจะมีสมบัติใกล้เคียงกับแก๊สสมบูรณ์มากที่สุด ถ้าอยู่ในสภาวะความดันสูงและอุณหภูมิต่ำ
 - ง. หากลดอุณหภูมิของแก๊สจาก 100 องศาเซลเซียส เป็น 50 องศาเซลเซียส โดยที่ปริมาตรและความดันของแก๊สจะเพิ่มขึ้นเป็น

3. แก๊สใดต่อไปนี้มีสมบัติสอดคล้องกับทฤษฎีจลน์ของแก๊สมากที่สุด

- ก. ออกซิเจน
- ข. คลอรีน
- ค. อาร์กอน
- ง. ไนโตรเจน

ใช้รูปต่อไปนี้อย่างต่อเนื่องเพื่อตอบคำถามข้อ 4 – 5



4. การทดลองนี้สนับสนุนกฎใด

- ก. กฎของชาร์ล
- ข. กฎของดอลตัน
- ค. กฎของบอยล์
- ง. กฎของเกย์ลูสแซก

5. จากข้อ 4 ถ้าที่ 70 °C แก๊สนี้มีปริมาตร 686 cm³ ที่ 20 °C แก๊สนี้มีปริมาตรเท่าใด

- ก. 586 cm³
- ข. 540 cm³
- ค. 526 cm³
- ง. 487 cm³

6. เมื่อนำกระบอกฉีดยาบรรจุแก๊สไปแช่น้ำร้อนโดยควบคุมให้มีปริมาตรคงที่เท่าเดิม โมเลกุลของแก๊สภายในกระบอกเก็บแก๊สจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

- ก. เคลื่อนที่ช้ากว่าเดิม
- ข. เคลื่อนที่เร็วกว่าเดิม
- ค. มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิม
- ง. ความเข้มข้นของแก๊สเพิ่มขึ้น

7. แก๊สที่มีปริมาตร 16.5 dm^3 ที่อุณหภูมิ $352 \text{ }^{\circ}\text{C}$ และความดัน 0.275 atm จะมีปริมาตรเท่าใดที่ STP

- ก. 0.99 dm³
ข. 1.98 dm³
ค. 2.97 dm³
ง. 3.96 dm³

8. ภาชนะ 2 L บรรจุแก๊ส CO_2 มีความดัน 20.5 atm ที่อุณหภูมิ -23°C

- ก. 4.0 ไมล์
ข. 3.0 ไมล์
ค. 2.0 ไมล์
ง. 1.0 ไมล์

9. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 100 cm^3 ที่ 20°C ถ้าต้องการให้แก๊สนั้นมีปริมาตร 200 cm^3 โดยให้ความดันคงที่อุณหภูมิต้องเปลี่ยนเป็นอุณหภูมิกี่องศาเซลเซียส

- ก. 10 °C
ข. 313 °C
ค. 546 °C
ง. 586 °C

10. จากข้อความต่อไปนี้

1. ถ้าตัมไขในหม้อที่ลดความดันไขอาจจะไม่สุกก็ได้
2. ถ้าตัมเนื้อในเมืองบาดาลใต้ท้องทะเลลึกจะเปื่อยเร็วกว่าเนื้อที่ตัมในเมืองที่อยู่ชายทะเล
3. ความดันไอน้ำในบรรยากาศของห้องจะมีค่าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของห้องขณะนั้นๆ
4. ถ้าตัมน้ำในห้องที่เปิดเครื่องปรับอากาศไว้ให้มีอุณหภูมิอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิเดียวกันกับเมื่อตัมน้ำในห้องธรรมดาที่มีอุณหภูมิห้องเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส

ข้อความใดถูกต้อง

- ก. 1 และ 4
ข. 4 เท่านั้น
ค. 2 3 และ 4
ง. ถูกทุกข้อ

กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	รหัสวิชา ว30222	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เรื่อง การแพร่ของแก๊ส	จำนวน 10 ข้อ	คะแนน 10 คะแนน

ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น ม. 4 กลุ่มที่.....

คำสั่ง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ลงในข้อที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
1					6				
2					7				
3					8				
4					9				
5					10				

เกณฑ์การให้คะแนน

1 คะแนน ตอบคำถามถูกต้อง

คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน			ผลการประเมิน	
คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ	ผ่าน	ไม่ผ่าน
10				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่...../...../.....

เกณฑ์การประเมิน

ค่าร้อยละ	ระดับคุณภาพ
90 - 100%	ดีเยี่ยม
80 - 89%	ดีมาก
70 - 79%	ดี
60 - 69%	ปานกลาง
50 - 59%	พอใช้
ต่ำกว่า 50%	ต้องปรับปรุง

(เกณฑ์การผ่านร้อยละ 80)

บัตรกิจกรรมที่ 4

เรื่อง ผลของความดันและอุณหภูมิต่อปริมาตรของแก๊ส

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและความดันที่มีต่อปริมาตรของแก๊สได้
2. นักเรียนสามารถสรุปและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊สได้

คำชี้แจง

1. ประธานกลุ่มออกมารับบัตรกิจกรรมและแบบบันทึกบัตรกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ผลของความดันและอุณหภูมิต่อปริมาตรของแก๊ส จากครู มอบหมายให้ผู้อ่านอ่านขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมให้สมาชิกภายในกลุ่มฟัง สมาชิกภายในกลุ่มแบ่งหน้าที่การทำงานภายในกลุ่มและช่วยกันปฏิบัติกิจกรรมในบัตรกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ผลของความดันและอุณหภูมิต่อปริมาตรของแก๊ส
2. สมาชิกภายในกลุ่มช่วยกันอธิบายผลการปฏิบัติกิจกรรมและตอบคำถามลงในแบบบันทึกบัตรกิจกรรมที่ 4 โดยให้สมาชิกที่ทำหน้าที่เป็นผู้จดบันทึก จดบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมในประเด็นที่สำคัญ ๆ ลงในแบบบันทึกบัตรกิจกรรมที่ 4 ไว้เพื่ออธิบายและนำแบบบันทึกกิจกรรมที่ 4 ส่งครู เมื่อตรวจสอบความถูกต้องจากบัตรเฉลยบัตรกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ผลของความดันและอุณหภูมิต่อปริมาตรของแก๊ส

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

น้ำและน้ำแข็ง

อุปกรณ์

- | | | | |
|--------------------|-----------------|---|-----|
| 1. หลอดฉีดยาขนาด 5 | cm ³ | 1 | อัน |
| 2. บีกเกอร์ขนาด 50 | cm ³ | 2 | ใบ |
| 3. เทอร์โมมิเตอร์ | 0-100 °C | 1 | อัน |

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส

1. ดึงก้านหลอดฉีดยาขึ้นอยู่ประมาณกึ่งกลางของกระบอกฉีดยา ใช้ปลายนิ้วอุดปลายกระบอกฉีดยาไว้ดังภาพที่ 4.1 (ก) กดก้านหลอดฉีดยาอย่างช้าๆ จนกระทั่งกดไม่ลงแล้วจึงปล่อยมือที่กดไว้ สังเกตการเปลี่ยนแปลง

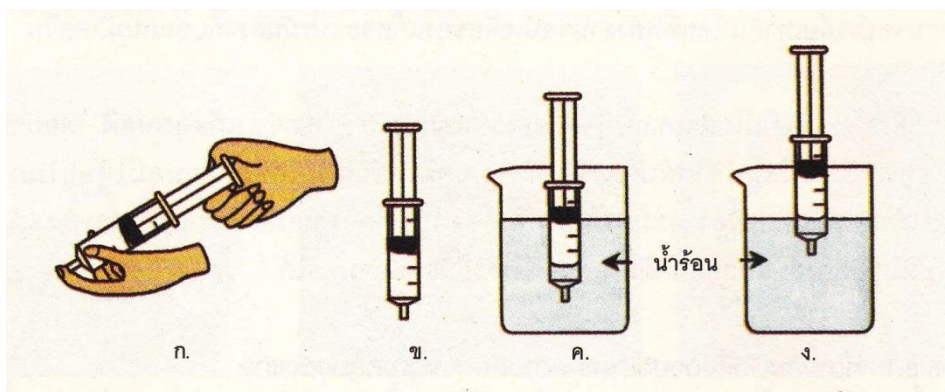
2. ดึงก้านหลอดฉีดยาขึ้นมาประมาณกึ่งกลางของกระบอกฉีดยา ใช้ปลายนิ้วอุดปลายกระบอกฉีดยาแล้วดึงก้านหลอดฉีดยาขึ้นอย่างช้า ๆ จนเกือบสุด แล้วปล่อยมือที่ดึงก้านหลอดฉีดยา สังเกตการเปลี่ยนแปลง

ตอนที่ 2 ผลของอุณหภูมิต่อปริมาตรของแก๊ส

1. ดึงกระบอกฉีดยาให้มีอากาศอยู่ภายในประมาณครึ่งกระบอก ดังภาพ 4.1 (ข) แล้วนำไปจุ่มน้ำให้มีปริมาตร 2 cm^3

2. จุ่มกระบอกฉีดยาจากข้อ 1 ลงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ $60^\circ\text{C} - 70^\circ\text{C}$ ดังภาพ 4.1 (ค) สังเกตการเปลี่ยนแปลง เมื่อการเปลี่ยนแปลงสิ้นสุดแล้ว ดึงกระบอกฉีดยาให้ตรงและเลื่อนกระบอกฉีดยาขึ้นหรือลงจนระดับน้ำภายในกระบอกฉีดยาเท่ากับระดับน้ำภายนอกดังภาพ 4.1 (ง) อ่านปริมาตรของอากาศในกระบอกฉีดยา

3. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เปลี่ยนเป็นจุ่มกระบอกฉีดยาน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ $10 - 20^\circ\text{C}$



ภาพที่ 4.1 การศึกษาผลของความดันและอุณหภูมิต่อปริมาตรของแก๊ส

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการ. 2555. 126

แบบบันทึกกิจกรรมที่ 4

เรื่อง ผลของความดันและอุณหภูมิต่อปริมาตรของแก๊ส

ชื่อกลุ่ม.....ชั้น ม. 4

สมาชิก 1.....ประธานกลุ่ม
 2.....ผู้นำเสนอหน้าชั้นเรียน
 3.....ผู้อ่าน
 4.....ผู้จัดบันทึก
 5.....กรรมการ
 6.....เลขานุการกลุ่ม

จุดประสงค์การเรียนรู้

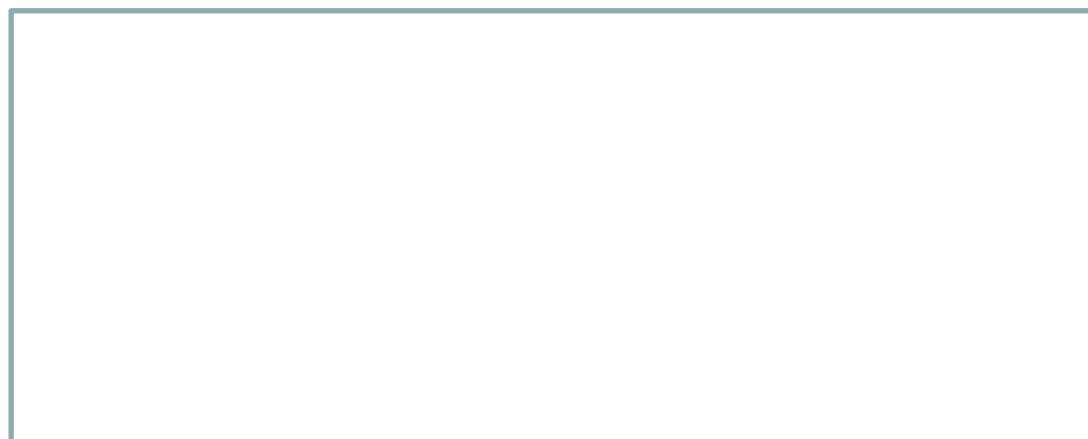
1. นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและความดันที่มีต่อปริมาตรของแก๊สได้
2. นักเรียนสามารถสรุปและอภิปรายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊สได้

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

.....

ภาพแสดงวิธีทดลอง (2 คะแนน)

ตอนที่ 1



ตอนที่ 2

บันทึกผลการทดลอง (2 คะแนน)

การทดลอง	การเปลี่ยนแปลงของแก๊สในกระบอกฉีดยา			
	มวล	ความดัน	ปริมาตร	อุณหภูมิ
ตอนที่ 1 ขณะกดก้านหลอดฉีดยา				
ขณะดึงก้านหลอดฉีดยา				
ตอนที่ 2 เมื่อจุ่มกระบอกฉีดยาในน้ำร้อน				
เมื่อจุ่มกระบอกฉีดยาในน้ำเย็น				

คำถามหลังการทดลอง (4 คะแนน)

1. เพราะเหตุใดก่อนอ่านปริมาตรของแก๊สจึงต้องปรับระดับน้ำภายในกระบอกฉีดยาให้เท่ากับระดับน้ำภายนอก

.....

.....

2. การกดและการดึงหลอดฉีดยาเป็นการเปลี่ยนแปลงสมบัติใดของแก๊ส

.....

.....

3. เมื่อปริมาตรของแก๊สที่อยู่ในกระบอกฉีดยาคงที่ ปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊สมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

4. จากการทดลองนี้มีปัจจัยในบ้างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊ส

.....

.....

5. สรุปผลการทดลอง (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

ภาพแสดงวิธีทดลอง (2 คะแนน)

- | | | |
|---|-------|--------------------------------|
| 0 | คะแนน | แสดงวิธีทดลองไม่ถูกต้อง |
| 1 | คะแนน | แสดงวิธีทดลองถูกต้องบ้าง |
| 2 | คะแนน | แสดงวิธีทดลองได้ถูกต้องทั้งหมด |

บันทึกผลการทดลอง (2 คะแนน)

- | | | |
|---|-------|-----------------------------------|
| 0 | คะแนน | บันทึกผลการทดลองไม่ถูกต้อง |
| 1 | คะแนน | บันทึกผลการทดลองถูกต้องบ้าง |
| 2 | คะแนน | บันทึกผลการทดลองได้ถูกต้องทั้งหมด |

ตอบคำถามหลังการทดลอง (4 คะแนน)

- | | | |
|---|-------|-----------------------------------|
| 0 | คะแนน | ตอบคำถามหลังการทดลองไม่ถูกต้อง |
| 1 | คะแนน | ตอบคำถามหลังการทดลองถูกต้อง 1 ข้อ |
| 2 | คะแนน | ตอบคำถามหลังการทดลองถูกต้อง 2 ข้อ |
| 3 | คะแนน | ตอบคำถามหลังการทดลองถูกต้อง 3 ข้อ |
| 4 | คะแนน | ตอบคำถามหลังการทดลองถูกต้อง 4 ข้อ |

สรุปผลการทดลอง (2 คะแนน)

- | | | |
|---|-------|------------------------------|
| 0 | คะแนน | สรุปผลการทดลองไม่ถูกต้อง |
| 1 | คะแนน | สรุปผลการทดลองถูกต้องบางส่วน |
| 2 | คะแนน | สรุปผลการทดลองถูกต้องทั้งหมด |

คะแนนแบบบันทึกปฏิบัติการที่ 4			ผลการประเมิน	
คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ	ผ่าน	ไม่ผ่าน
10				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่...../...../.....

เกณฑ์การประเมิน

ค่าร้อยละ ระดับคุณภาพ

90 - 100% ดีเยี่ยม

80 - 89% ดีมาก

70 - 79% ดี

60 - 69% ปานกลาง

50 - 59% พอใช้

ต่ำกว่า 50% ต้องปรับปรุง

(เกณฑ์การผ่านร้อยละ 80)

บัตรเนื้อหาที่ 4

เรื่อง สมของแก๊ส

สมบัติของแก๊ส

แก๊ส มีสมบัติโดยทั่ว ๆ ไปดังนี้

1. แก๊สมีรูปร่างและปริมาตรไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับลักษณะของภาชนะที่บรรจุ ถ้าภาชนะมีรูปร่างและ ปริมาตรอย่างไร แก๊สจะมีรูปร่างและปริมาตรเป็นอย่างนั้น
2. แก๊สมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลาโดยมีทิศทางการเคลื่อนที่ไม่แน่นอนกล่าวคือ แก๊สจะเคลื่อนที่ออกจากจุดๆ หนึ่งอย่างไม่เป็นระเบียบหรืออย่างอิสระทุกทิศทาง
3. แก๊สแพร่ได้เร็วกว่าของแข็ง ของเหลว เพราะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยกว่า ซึ่งเป็นเหตุให้โมเลกุลของแก๊สแยกจากกันได้ง่าย
4. ที่อุณหภูมิและความดันหนึ่ง ๆ แก๊สมีความหนาแน่นน้อยกว่าของเหลวและของแข็ง
5. โดยทั่วไปแก๊สจะมีลักษณะโปร่งใสซึ่งมนุษย์สามารถมองทะลุผ่านไปได้ อาจจะมีสมบัติเฉพาะตัว เช่น มีกลิ่น หรือสีที่ต่างจากแก๊ส เช่น แก๊ส F_2 (สีเหลืองอ่อน) , SO_2 (มีกลิ่นฉุน แสบจมูก) และ H_2S (มีกลิ่นแก๊สไข่เน่า) เป็นต้น
6. ปริมาตรของแก๊สขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดัน ถ้าอุณหภูมิและความดันเปลี่ยนแปลงจะทำให้ปริมาตรเปลี่ยนไปด้วย แสดงว่าอุณหภูมิ ความดัน และปริมาตรเป็นสมบัติของแก๊สซึ่งมีส่วนสัมพันธ์ซึ่งกันและกันอุณหภูมิและความดันจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊สมากกว่าของเหลวและของแข็ง

ประเภทของแก๊ส

นักวิทยาศาสตร์แบ่งแก๊สออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

ก. แก๊สอุดมคติ (ideal gas) หรือ แก๊สสมบูรณ์ (perfect gas) เป็นแก๊สสมมติที่นักวิทยาศาสตร์กำหนดขึ้น เพื่ออธิบายพฤติกรรมบางอย่างของแก๊ส แก๊สอุดมคติไม่มีอยู่ในธรรมชาติ หมายถึง แก๊สซึ่งไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ไม่มีปริมาตรโมเลกุล (ถือว่าเป็นเพียงจุดที่อยู่ในภาชนะที่บรรจุแก๊สเท่านั้น ซึ่งมีค่าน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของภาชนะ ทำให้สามารถตัดทิ้งได้และถือว่าไม่มีปริมาตร) แก๊สอุดมคติจะมีพฤติกรรมต่าง ๆ เป็นไปตามกฎของแก๊สอุดมคติ เช่น กฎของบอยล์ แลกฎของชาร์ล

ข. แก๊สจริง (real gas) หมายถึง แก๊สที่มีอยู่ในธรรมชาติจริง ๆ เช่น H_2 , O_2 CO_2 ฯลฯ มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมีปริมาตรโมเลกุลมีพฤติกรรมที่ไม่เป็นไปตามกฎของแก๊สอุดมคติ

แก๊สจริงจะมีพฤติกรรมเป็นแก๊สอุดมคติ หรือคล้ายกับแก๊สอุดมคติเมื่ออุณหภูมิสูงๆ และเมื่อความดันต่ำๆ ซึ่งอาจจะทำให้โมเลกุลของแก๊สอยู่ห่างกันมาก ทำให้มีจำนวนโมเลกุลน้อย ซึ่งแก๊สจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อยจนถือว่าไม่มีและจัดได้ว่าเป็นแก๊สอุดมคติ

ปริมาตร อุณหภูมิ ความดัน

ปริมาตร อุณหภูมิ และความดัน เป็นตัวแปรสำคัญที่ใช้กำหนดสถานะของแก๊ส ดังนั้นในเบื้องต้นจึงควรทราบเกี่ยวกับความหมาย และหน่วยวัดของตัวแปรทั้งสามนี้ก่อน

ปริมาตร (Volume) เนื่องจากอนุภาคของแก๊สมีการเคลื่อนที่พุ่งกระจาย และเคลื่อนที่ตลอดเวลา ปริมาตรของแก๊สขึ้นขึ้นกับภาชนะที่บรรจุ หรืออาจกล่าวได้ว่า ปริมาตรของแก๊ส หมายถึง ปริมาตรของภาชนะที่บรรจุแก๊สนั้น ๆ หน่วยวัดปริมาตรของแก๊สที่ใช้กันทั่วไปตามระบบเอสไอ (SI Unit) คือ ลิตร (l) ลูกบาศก์เดซิเมตร (dm^3) มิลลิเมตร (ml) ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3 หรือ cc) และลูกบาศก์เมตร (m^3)

อุณหภูมิ (Temperature) เป็นมาตราส่วนบอกปริมาณความร้อน เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิ คือ เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) หน่วยที่ใช้วัดอุณหภูมิมีหลายหน่วย เช่น องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) องศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$) เคลวิน (K) องศาแรงกิน หรือ องศาโรเมอร์ ($^{\circ}\text{R}$) ในการศึกษาสมบัติของแก๊ส หรือการคำนวณเกี่ยวกับแก๊ส จะใช้มาตราส่วนของอุณหภูมิเป็นเคลวิน หรือที่เรียกว่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ (Absolute Temperature) สูตรการเปลี่ยนแปลงมาตราส่วนเซลเซียส ฟาเรนไฮต์ หรือโรเมอร์ ให้เป็นมาตราส่วนเคลวิน เป็นดังนี้

$$\begin{aligned} K &= 273.15 + ^{\circ}\text{C} \\ \text{หรือใช้ค่าประมาณค่า } K &= 273 + ^{\circ}\text{C} \\ K &= 273 + 5/9(^{\circ}\text{F}-32) \\ K &= 273 + 5/4^{\circ}\text{R} \end{aligned}$$

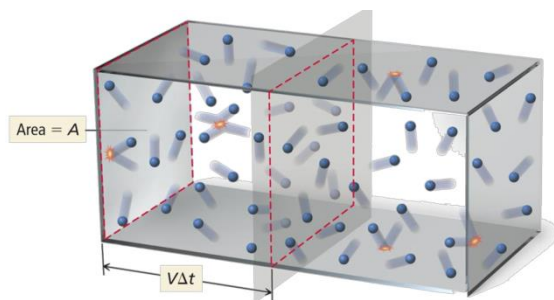
ความดัน (Pressure) ความดันหมายถึง แรงต่อหน่วยพื้นที่ เมื่อบรรจุแก๊สไว้ในภาชนะ โมเลกุลแก๊สเคลื่อนที่และวิ่งชนภาชนะตลอดเวลา ทำให้เกิดแรงกระทำต่อภาชนะเป็นแรงดัน ในการศึกษาสมบัติของแก๊สจะต้องระบุค่าความดันเสมอ เนื่องจากความดันเป็นสมบัติอย่างหนึ่งของแก๊สที่สามารถทิศทางการเคลื่อนที่ของแก๊สได้

ความดันเฉลี่ยของบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเลที่ทำให้ปรอทความหนาแน่น $13,496 \text{ g/cm}^3$ ขึ้นสูงไปได้ 760 มิลลิเมตร ที่ 0°C เรียกว่าความดันมาตรฐาน (standard Pressure) มีค่าเป็น 1 บรรยากาศ (atm) ความสัมพันธ์ของหน่วยบรรยากาศและหน่วยอื่นๆ เป็นดังนี้

$$\begin{aligned} 1 \text{ atm} &= 1.013 \times 10^5 \text{ kg/m.s}^2 \\ &= 1.013 \times 10^6 \text{ dyne/cm}^2 \\ &= 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \\ &= 760 \text{ mmHg} \\ &= 14.7 \text{ lb/in}^2 \end{aligned}$$

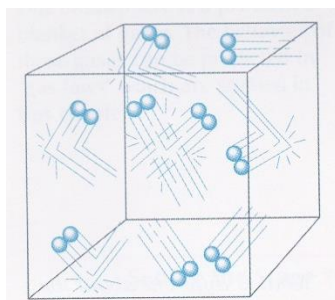
ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

1. แก๊สประกอบด้วยโมเลกุลเป็นจำนวนมาก โมเลกุลเหล่านี้จะอยู่ห่างกันมาก และไม่มีแรงกระทำต่อกัน สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ
2. โมเลกุลของแก๊สมีมวลแต่มีขนาดเล็กมากถือว่ามีปริมาตรเป็นศูนย์ เมื่อเทียบกับปริมาตรทั้งหมดของแก๊ส



ภาพที่ 4.2 อนุภาคแก๊สอุดมคติมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับขนาดของภาชนะ
ที่มา : <http://www.docstoc.com>

3. โมเลกุลของแก๊สจะเคลื่อนที่อย่างเป็นอิสระเป็นเส้นตรงตลอดเวลา และเคลื่อนที่อย่างไม่เป็นระเบียบในทุกทิศทาง ด้วยความเร็วเฉลี่ยคงที่
4. โมเลกุลของแก๊สชนกันเองหรือชนกับภาชนะแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ คือเมื่อชนกันแล้วไม่มีการสูญเสียพลังงานจลน์รวม ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานรูปอื่น แต่มีการถ่ายเทพลังงานจลน์ระหว่างโมเลกุลได้



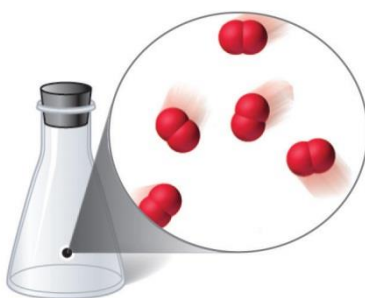
ภาพที่ 4.3 การชนของโมเลกุลแก๊ส
ที่มา : Malone, 2001, p. 254

5. ความดันของแก๊สเกิดจากการที่โมเลกุลของแก๊สเคลื่อนที่ไปชนกับภาชนะที่บรรจุแก๊สนั้น ถ้าความถี่ของการชนสูงแก๊สจะมีความดันมาก
 6. ที่อุณหภูมิเดียวกัน แก๊สทุกชนิดจะมีพลังงานเฉลี่ยเท่ากัน และแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน
- ข้อควรจำ แก๊สที่มีสมบัติสอดคล้องกับทฤษฎีจลน์เรียกว่าแก๊สสมบูรณ์ แก๊สในธรรมชาติจะมีสมบัติใกล้เคียงกับแก๊สสมบูรณ์เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความดันต่ำและอุณหภูมิสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแก๊สเฉื่อยจะมีสมบัติสอดคล้องกับทฤษฎีจลน์ของแก๊สมากกว่าแก๊สชนิดอื่น ๆ

การใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายสมบัติของแก๊ส

ทฤษฎีจลน์อธิบายปริมาตรของแก๊ส

โมเลกุลของก๊าซมีขนาดเล็กมาก อยู่ห่างกันและมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อยมากจนถือว่าไม่มีเลย ดังนั้นเมื่อบรรจุก๊าซไว้ในภาชนะใดก็ตามโมเลกุลของก๊าซจะเคลื่อนที่ไปทั่วทั้งภาชนะได้อย่างอิสระจนถือว่าโมเลกุลของก๊าซอยู่เต็มภาชนะเสมอ ก๊าซจึงมีปริมาตรไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับปริมาตรของภาชนะ

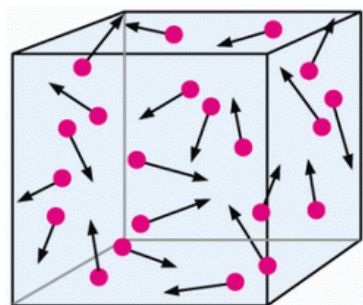


ภาพที่ 4.4 โมเลกุลของก๊าซมีขนาดเล็กมาก

ที่มา : Hassell and Stasko, 2007, p. 432

ทฤษฎีจลน์อธิบายความดันของแก๊ส

โมเลกุลของก๊าซเคลื่อนที่ตลอดเวลาอย่างอิสระโดยมีทิศทางไม่แน่นอน จึงอาจจะชนกันเองบ้าง ชนกับผนังภาชนะบ้าง การชนกันเองของโมเลกุลของก๊าซจะไม่เกิดความดัน แต่การที่โมเลกุลของก๊าซเคลื่อนที่ชนผนังของภาชนะทำให้เกิดแรงดัน ผลรวมของแรงดันทั้งหมด ที่มีต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ก็คือความดันของก๊าซนั่นเอง

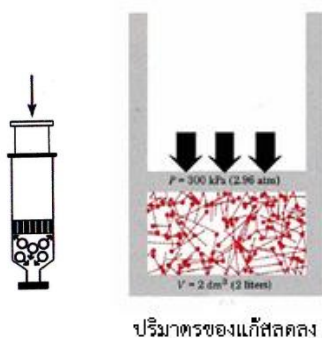


ภาพที่ 4.5 การเคลื่อนที่ของโมเลกุลแก๊ส

ที่มา : <http://www.myfirstbrain.com>

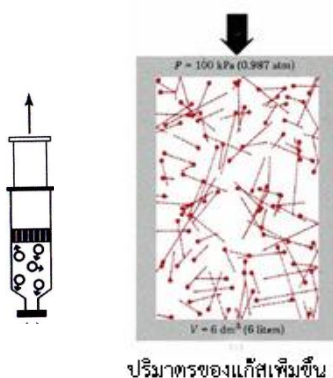
ทฤษฎีจลน์อธิบายกฎของบอยล์

เมื่อกดก้านหลอดฉีดยา ปริมาตรของแก๊สในกระบอกฉีดยาจะลดลง ทำให้โมเลกุลของแก๊สที่มีจำนวนเท่าเดิมจะอยู่ชิดกันมากขึ้น การชนกันระหว่างโมเลกุลแก๊ส และชนกับผนังภาชนะจึงมีจำนวนครั้งมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันพื้นที่ผิวของกระบอกฉีดยาที่สัมผัสแก๊สก็มีค่าลดลง จึงทำให้แก๊สในกระบอกฉีดยามีความดันเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4.6 แก๊สในกระบอกฉีดยามีความดันมากขึ้นปริมาตรของแก๊สลดลง
ที่มา : <http://chemistryhungergames.weebly.com>

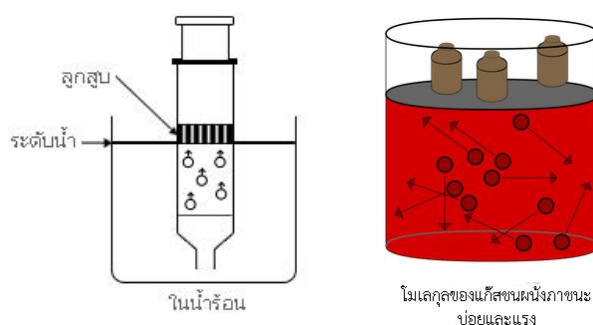
เมื่อดึงก้านหลอดฉีดยาจะทำให้ปริมาตรของแก๊สในกระบอกฉีดยาเพิ่มขึ้น ทำให้โมเลกุลแก๊สที่มีอยู่จำนวนเท่าเดิมอยู่ห่างกันมากขึ้น การชนกันระหว่างโมเลกุลและชนผนังภาชนะจึงมีจำนวนครั้งลดลง ในขณะที่เดียวกันพื้นที่ผิวของกระบอกฉีดยาที่สัมผัสกับแก๊สมีค่ามากขึ้น จึงทำให้ความดันแก๊สในกระบอกฉีดยาจะลดลง



ภาพที่ 4.7 แก๊สในกระบอกฉีดยามีความดันลดลงปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้น
ที่มา : <http://chemistryhungergames.weebly.com>

ทฤษฎีจลน์อธิบายกฎของชาร์ล

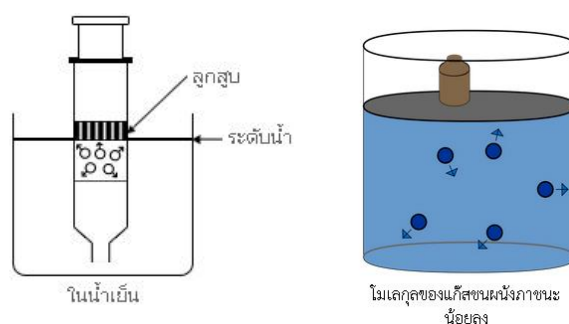
เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ โมเลกุลของแก๊สในภาชนะจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ทำให้พลังงานจลน์สูงขึ้น โมเลกุลชนกันเองและชนผนังภาชนะบ่อย และแรง ทำให้อากาศภายในภาชนะมีความดันมากกว่าความดันภายนอก อากาศจึงดันน้ำในภาชนะออก ทำให้ปริมาตรของอากาศในกระบอกฉีดยาเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4.8 เมื่อเพิ่มอุณหภูมิโมเลกุลของแก๊สชนผนังภาชนะบ่อยและแรง

ที่มา : <http://www.askiitians.com>

เมื่อลดอุณหภูมิ โมเลกุลของแก๊สในภาชนะจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเฉลี่ยลดลง ทำให้พลังงานจลน์ลดลง โมเลกุลชนกันเองและชนผนังภาชนะน้อยและค่อยลง ทำให้อากาศภายในภาชนะมีความดันน้อยกว่าความดันภายนอก เป็นผลให้อากาศภายนอกดันน้ำให้เข้าไปในภาชนะ ทำให้อากาศในภาชนะมีปริมาตรลดลง



ภาพที่ 4.9 เมื่อลดอุณหภูมิโมเลกุลของแก๊สชนผนังภาชนะน้อยลง

ที่มา : <http://www.askiitians.com>

กฎของแก๊ส (Gas Law)

กฎของแก๊ส เป็นกฎที่อธิบายเกี่ยวกับพฤติกรรมทั่วไปของสารในสถานะแก๊ส ได้แก่ กฎของบอย (boyle's law) กฎของชาร์ล (charles's law) กฎของเกย์ลูสแซก (gay-lussac's law) กฎของอาโวกาโดร (avogadro's law) กฎรวมแก๊ส (combined gas law) กฎแก๊สอุดมคติ (Ideal gas law) และกฎความดันย่อยของดอลตัน (dalton's law of partial pressure)

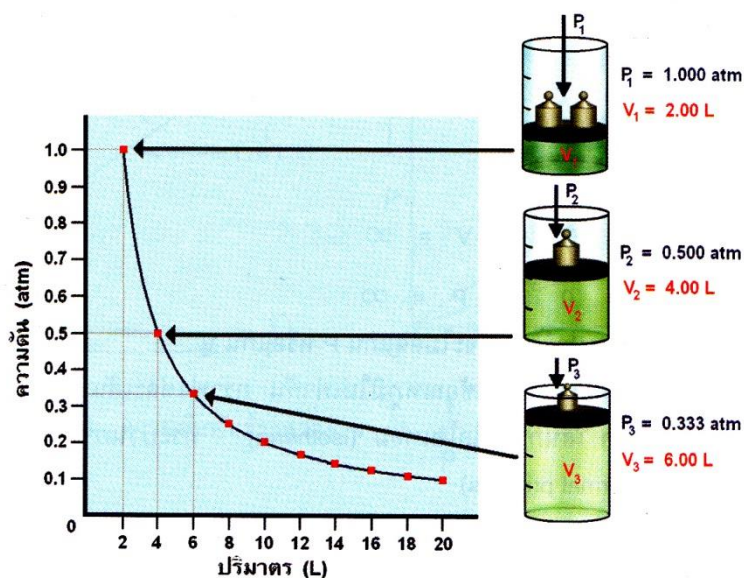
กฎของบอยล์ (Boyle's Law)



ในปี ค.ศ. 1662 (พ.ศ. 2205) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อ โรเบิร์ต บอยล์ ได้ทำการศึกษาสมบัติและพฤติกรรมของแก๊สพบว่า เมื่อความดันเปลี่ยน ปริมาตรของแก๊สย่อมเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของความดัน และปริมาตรจะเป็นแบบผกผัน กล่าวคือถ้าเพิ่มความดันจะทำให้ปริมาตรลดลง แต่ถ้าลดความดันแล้วปริมาตรจะเพิ่มขึ้น จึงทำให้ผลคูณระหว่างความดันและปริมาตรของแก๊สเป็นค่าคงตัว

ภาพที่ 4.10 โรเบิร์ต บอยล์

ที่มา : <http://chemistryhungergames.weebly.com>



ภาพที่ 4.11 การทดลองตามกฎของบอยล์

ที่มา : พินิติ รตะนานุกูล และคณะ. 2550 : 9

กฎของบอยล์กล่าวว่า “เมื่ออุณหภูมิคงที่ ปริมาตรของแก๊สใดๆ ที่มีมวลคงที่จะแปรผกผันกับความดันของแก๊สนั้นๆ” ความสัมพันธ์ตามกฎของบอยล์

จากลักษณะของกราฟตามรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าปริมาตรของแก๊สแปรผกผันกับความดันแก๊สดังนั้นจึงสามารถนำกฎของบอยล์มาเขียนสูตรเชิงคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

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

$$\text{ดังนั้น } V = \frac{k}{P}$$

$$\text{หรือ } PV = k$$

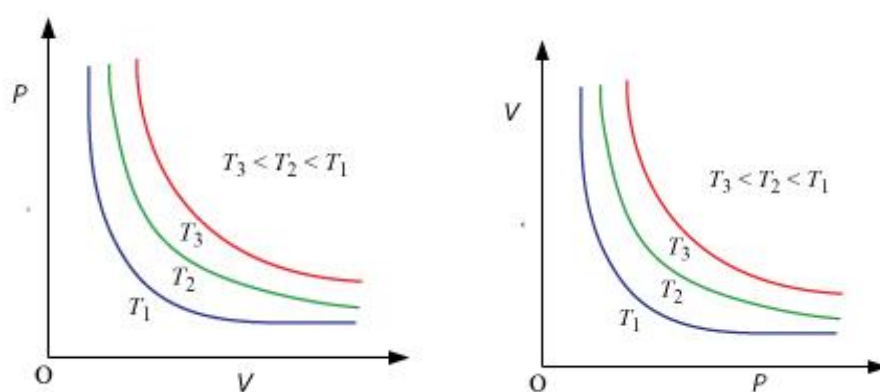
$$\text{หรือ } P_1 V_1 = P_2 V_2$$

เมื่อ V = ปริมาตรของแก๊ส

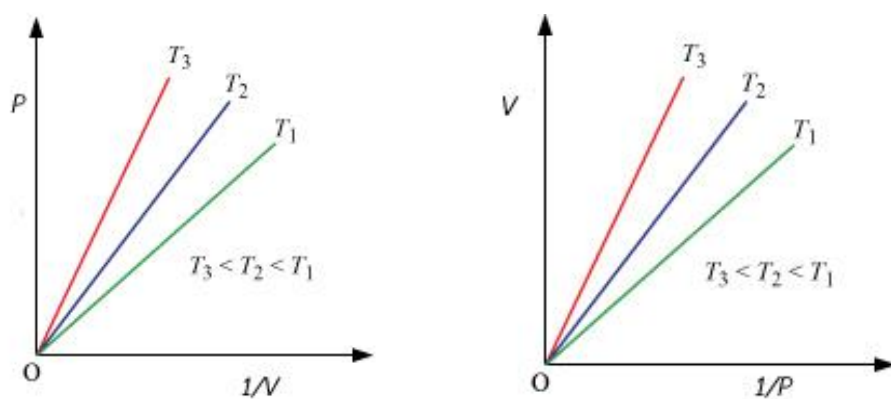
P = ความดันของแก๊ส

k = ค่าคงที่

จากสมการ เมื่อนำไปเขียนกราฟจะได้เส้นไฮเพอร์โบลา (hyperbola) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V และ P ที่อุณหภูมิคงที่ เรียกว่า ไอโซเทอม (Isoterm) แสดงดังรูป



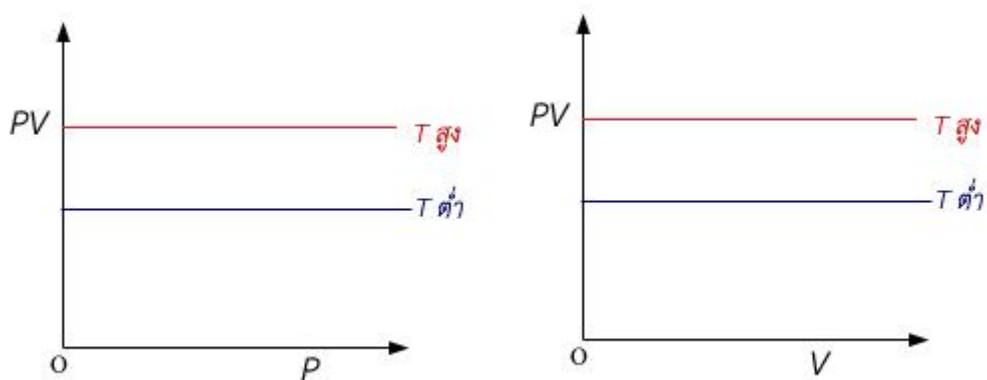
ภาพที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง P กับ V เมื่อ T และ n คงที่
ที่มา : <http://www.askiitians.com>



ภาพที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง P กับ $\frac{1}{V}$ (หรือ V กับ $\frac{1}{P}$)

ที่มา : <http://www.askiitians.com>

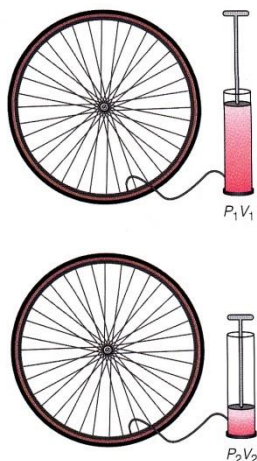
เมื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง PV กับ P หรือกับ V จะได้กราฟเส้นตรง ซึ่งมีความชัน (slope) เป็นศูนย์



ภาพที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง PV กับ P (หรือ PV กับ V)

ที่มา : สำราญ พุกษ์สุทรพร. 2555 : 397

ตัวอย่างกฎของบอย (boyle's Law) ที่พบในชีวิตประจำวัน ได้แก่ การสูบลมล้อรถโดยใช้ กระบอกสูบโดยเมื่อเพิ่มความดันปริมาตรในกระบอกสูบจะลดลง การขยายตัวของอากาศใน ถุงพลาสติกเมื่อความดันภายนอกลดลง เป็นต้น



ภาพที่ 4.15 ปริมาตรของอากาศในกระบอกสูบ
ที่มา : Burns, 1999, p. 348



ภาพที่ 4.16 การขยายตัวของถุงพลาสติกเมื่อ
ความดันภายนอกลดลง
ที่มา : Malone, 1999, p. 259

ตัวอย่างการคำนวณ เรื่อง กฎของบอยล์

ตัวอย่างที่ 1 แก๊สจำนวน 3.0 กรัม ปริมาตร 224 cm³ เมื่อความดัน 755 มิลลิเมตรปรอท ถ้า เปลี่ยนความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท โดยให้อุณหภูมิคงที่แล้วปริมาตรของแก๊สจะเป็นเท่าไร

วิธีคิด สภาวะที่ 1 : $p_1 = 755 \text{ mmHg}$ $V_1 = 224 \text{ cm}^3$

 สภาวะที่ 2 : $p_2 = 760 \text{ mmHg}$ $V_2 = ? \text{ cm}^3$

จากกฎของบอยล์ $p_1 V_1 = p_2 V_2$ ที่ T และ m คงที่

แทนค่าในสมการ $755 \text{ mmHg} \times 224 \text{ cm}^3 = 760 \text{ mmHg} \times V_2 \text{ cm}^3$

$$V_2 = \frac{755 \text{ mmHg} \times 224 \text{ cm}^3}{760 \text{ mmHg}}$$

$$V_2 = 222.53 \text{ cm}^3$$

ดังนั้น ปริมาตรของแก๊สเท่ากับ 222.53 cm³

กฎของชาร์ล (Charles's Law)



ในปี ค.ศ. 1787 (พ.ศ. 2330) จากส์ ชาร์ล นักฟิสิกส์และนักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิของแก๊สจำนวนหนึ่งเมื่อความดันคงที่พบว่าทุกๆหนึ่งองศาเซลเซียส (1°C) ที่เพิ่มขึ้น ปริมาตรของแก๊สจะเพิ่มขึ้น $\frac{1}{273}$ เท่าของ

ภาพที่ 4.17 จากส์ ชาร์ล

ที่มา : <http://chemistryhungergames.weebly.com>

เมื่อทดลองศึกษาการเปลี่ยนปริมาตรของแก๊สเมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิ พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรแก๊ส (V) กับอุณหภูมิ (T) ในหน่วยองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) และในหน่วยเคลวิน (K) ดังตารางที่ 4.1

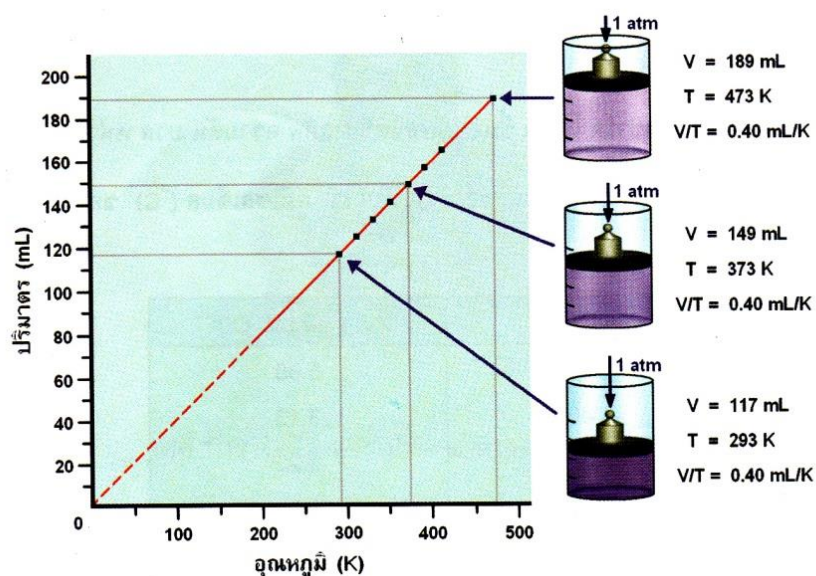
ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรแก๊ส (V) กับอุณหภูมิองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) และอุณหภูมิเคลวิน (K) ของแก๊สอุดมคติ เมื่อความดันคงที่ (1 atm)

V (ml)	t($^{\circ}\text{C}$)	V/T (ml/ $^{\circ}\text{C}$)	T(K)	V/T(ml/K)
117	20	5.85	293	0.40
125	40	3.13	313	0.40
133	60	2.22	333	0.40
141	80	1.76	353	0.40
149	100	1.49	373	0.40
157	120	1.31	393	0.40
165	140	1.18	413	0.40
189	200	0.95	473	0.40

ที่มา : สำราญ พฤษสุทรพร. 2555 : 458

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิเคลวินเพิ่ม ปริมาตรของแก๊สจะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราส่วนระหว่างปริมาตรของแก๊สต่ออุณหภูมิเคลวินมีค่าคงที่แต่อัตราส่วนระหว่างปริมาตรต่ออุณหภูมิเซลเซียสมีค่าไม่คงที่

แสดงว่าปริมาตรของแก๊ส แปรผันตามอุณหภูมิเคลวิน แต่ไม่ได้แปรผันตามอุณหภูมิ



ภาพที่ 4.18 การทดลองตามกฎของชาร์ล

ที่มา : พินิติ ระตะนานุกุล และคณะ. 2550 : 18

ปริมาตรของแก๊สแปรผันตามอุณหภูมิเคลวิน คือเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาตรของแก๊สจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิลดลง ปริมาตรของแก๊สจะลดลง ต่อมาจึงได้นำมาสรุปเป็นกฎเรียกว่า กฎของชาร์ล

กฎของชาร์ลกล่าวว่า “**เมื่อความดันและมวลคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน**” ความสัมพันธ์ตามกฎของชาร์ล

จากลักษณะของกราฟตามรูปที่ 4.18 จะเห็นได้ว่าปริมาตรของแก๊สแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน ดังนั้นจึงสามารถนำกฎของชาร์ลมาเขียนสูตรเชิงคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$V \propto T \quad \text{เมื่อความดันและมวลของแก๊สคงที่}$$

ดังนั้น $V = KT$

หรือ $\frac{V}{T} = K$

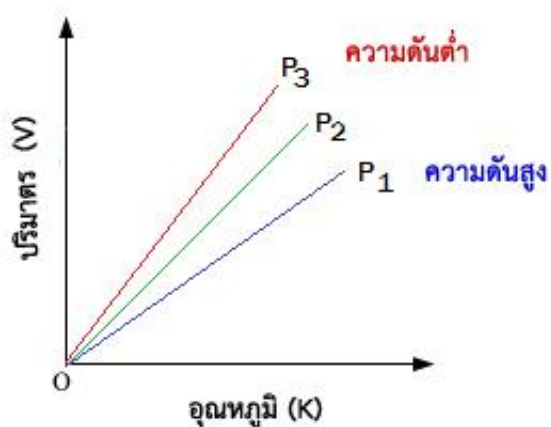
หรือ $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

เมื่อ V = ปริมาตรของแก๊ส

T = อุณหภูมิของแก๊สหน่วยเคลวิน

K = ค่าคงที่

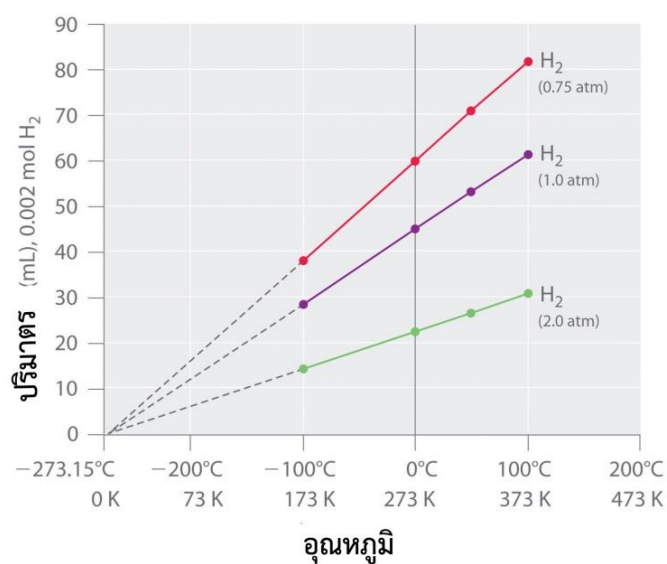
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิของแก๊สตามกฎของชาร์ล สามารถเขียนกราฟแสดงได้ดังนี้



ภาพที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร (V) กับอุณหภูมิเคลวิน (K)

ที่มา : <http://www.askiitians.com>

จากภาพที่ 4.19 เมื่อทำการทดลองโดยใช้แก๊สชนิดเดียวกัน แต่ P ต่างกัน จะได้กราฟที่มีความชันต่างกันคือ ถ้าทำการทดลองที่ความดันต่ำจะได้กราฟที่มีความชันมากกว่าเมื่อทำการทดลองที่ความดันสูง



ภาพที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร (V) กับอุณหภูมิองศาเซลเซียส (°C)

ที่มา : Hassell and Stasko, 2007, p. 442

ภาพที่ 4.20 กราฟซึ่งเป็นเส้นตรง และถ้าต่อกราฟเส้นตรงออกไปตามเส้นประจะไปตัดแนวแกนนอนที่อุณหภูมิ -273°C หรือ 0 K จากกราฟพบว่า ณ อุณหภูมินี้แก๊สทุกชนิดมีปริมาตรเท่ากับศูนย์ หรือไม่มีปริมาตรแต่ความจริงก่อนถึงอุณหภูมินี้แก๊สทุกชนิดได้กลายเป็นของแข็งหรือของเหลวหมดแล้ว ดังนั้นปรากฏการณ์ที่แก๊สจะมีปริมาตรเป็นศูนย์ที่ 0 K จึงเป็นการคาดคะเนตามทฤษฎีเท่านั้น

จากลักษณะกราฟดังกล่าว นักวิทยาศาสตร์ได้กำหนดอุณหภูมิ -273°C เท่ากับอุณหภูมิ 0 เคลวิน (K) และสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซลเซียสและเคลวินดังนี้

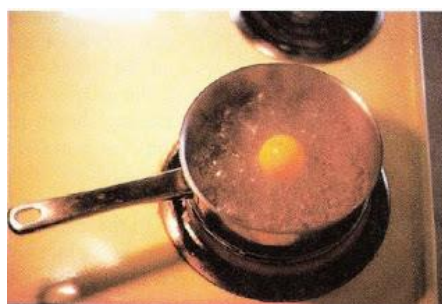
$$\begin{aligned}\text{อุณหภูมิเคลวิน } K &= 273.15 + ^{\circ}\text{C} \\ \text{หรือใช้ค่าประมาณค่า } K &= 273 + ^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

ตัวอย่างกฎของชาร์ล (Charles's Law) ที่พบในชีวิตประจำวัน ได้แก่ การให้ความร้อนแก่โคมลอย การต้มลูกโป่งหรือลูกบอลพลาสติกที่บู่ ซึ่งเมื่ออากาศได้รับความร้อนอากาศจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4.21 การขยายตัวของโคมลอยเมื่อได้รับความร้อน

ที่มา : <http://www.manager.co.th>



ภาพที่ 4.22 ลูกโป่งบู่ที่บู่กลับมากลมใหม่เมื่อเอาไปต้ม

ที่มา : <http://kruchote.blogspot.com>



ภาพที่ 4.23 การหดตัวของลูกโป่งเมื่อแช่ในสารไนโตรเจนเหลวอุณหภูมิ -196°C

ที่มา : Kotz, et al., 2009, p. 519

ข. ถ้าต้องการให้อุณหภูมิลดลง -5°C จะต้องปล่อยแก๊สออกกี่ ml ถ้าการทดลองนี้ความดันไม่เปลี่ยนแปลง

วิธีคิด สภาวะที่ 1 : $V_1 = 700 \text{ ml}$ $T_1 = 273 + 30 = 303 \text{ K}$

สภาวะที่ 2 : $V_2 = ? \text{ ml}$ $T_2 = 273 - 5 = 268 \text{ K}$

จากกฎของชาร์ล $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ ที่ P และ n คงที่

แทนค่าในสมการ $\frac{700\text{ml}}{303\text{K}} = \frac{V_2 \text{ ml}}{268\text{K}}$

$$V_2 = \frac{700\text{ml} \times 268\text{K}}{303\text{K}}$$

$$V_2 = 619\text{ml}$$

ดังนั้น ที่อุณหภูมิ -5°C ลูกโป่งจะมีปริมาตรเท่ากับ 619ml

\therefore จะต้องปล่อยแก๊สออกมาเท่ากับ $700 \text{ ml} - 619 \text{ ml} = 81 \text{ ml}$

กฎของเกย์ลูสแซก (Gay-Lussac's Law)



เกย์ลูสแซกและอามันตัน นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ได้ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอุณหภูมิของแก๊ส จากผลการทดลองได้ตั้งเป็นกฎที่เรียกว่า กฎของเกย์ลูสแซก

ภาพที่ 4.24 โจเซฟ-ลุย เกย์-ลูแซก

ที่มา : <http://chemistryhungergames.weebly.com>

กฎของเกย์ลูสแซก กล่าวว่า “เมื่อปริมาตรและมวลของแก๊สคงที่ ความดันของแก๊สจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน” สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$P \propto T$ เมื่อปริมาตรและมวลของแก๊สคงที่

ดังนั้น $P = TK$

หรือ $\frac{P}{T} = K$

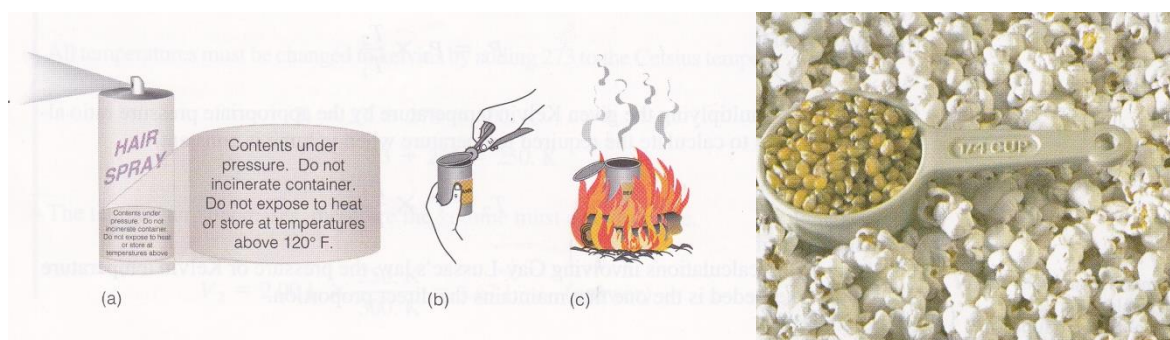
หรือ $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

เมื่อ $P =$ ความดันของแก๊ส

$T =$ อุณหภูมิของแก๊สหน่วยเคลวิน

$K =$ ค่าคงที่

ตัวอย่าง กฎของเกย์ลูสแซก (Gay-Lussac's law) ที่พบในชีวิตประจำวัน ได้แก่ การระเบิดของกระป๋องสเปรย์หรือกระป๋องสเปรย์น้ำหอมเมื่อได้รับความร้อน (a) การเปิดฝากระป๋องก่อนอุ่นอาหาร (b และ c) การทำข้าวโพดคั่ว ซึ่งเมื่อปริมาตรของแก๊สในกระป๋องคงที่ ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นความดันในกระป๋องก็จะเพิ่ม ความดันสูงมากจะทำให้กระป๋องระเบิดและเมล็ดข้าวโพดแตกบาน



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

ตัวอย่างการคำนวณ เรื่อง กฎของเกย์ลูสแซก

ตัวอย่างที่ 3 อากาศในถังใบหนึ่งมีความดัน 640 mmHg ที่ 23 °C เมื่อวางไว้กลางแดด อุณหภูมิเพิ่มเป็น 48 °C ความดันของอากาศในถังจะเป็นเท่าใด

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

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

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

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

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

$$P_2 = 694 \text{ mmHg}$$

∴ ความดันของอากาศในถังที่ 48 °C = 693 mmHg

กฎของอาโวกาโดร (Avogadro's law)



ภาพที่ 4.26 อาเมเดโอ อาโวกาโดร
ที่มา : <http://www.daviddarling.info>

นักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลีชื่อ อาเมเดโอ อาโวกาโดร ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับปริมาณของแก๊ส โดยเขาได้เสนอสมมติฐานไว้ในปี ค.ศ. 1811 ว่า "ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน แก๊สต่างชนิดกันที่มีปริมาตรเท่ากันจะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน" ซึ่งหมายความว่า แก๊สทุกชนิดจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อจำนวนโมเลกุลของแก๊สเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เช่นกัน

กฎของอาโวกาโดร กล่าวว่า “เมื่ออุณหภูมิและความดันคงที่ ปริมาตรของแก๊สใดจะแปรผันตรงกับจำนวนโมลของแก๊สนั้นๆ” สามารถเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

ดังนั้น $V \propto n$ เมื่อความดันและอุณหภูมิของแก๊สคงที่

$$V = nK$$

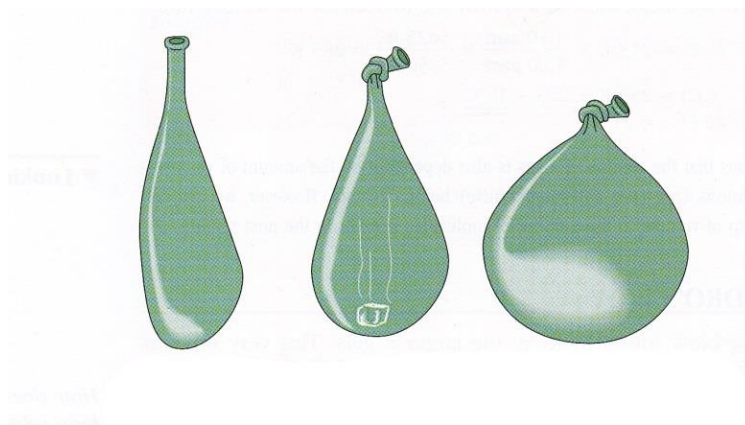
หรือ $\frac{V}{n} = K$

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

เมื่อ V = ปริมาตรของแก๊ส

n = จำนวนโมลของแก๊สของแก๊ส

K = ค่าคงที่



ภาพที่ 4.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมเลกุลของแก๊สที่เพิ่มขึ้นและปริมาตรของแก๊สที่เพิ่มขึ้นตาม

ที่มา : Malone, 1999, p. 266

ตัวอย่างการคำนวณ เรื่อง กฎของอาโวกาโดร

ตัวอย่างที่ 5 แก๊ส He 8 g มีปริมาตรเท่ากับ 44.8 (l) ที่อุณหภูมิ 273 K และความดัน 760 mmHg
แก๊ส He 0.2 g มีปริมาตรเท่าใดที่อุณหภูมิและความดันเดิม (กำหนดมวลอะตอมของ He = 4)

วิธีคิด สภาวะที่ 1 : $V_1 = 44.8 \text{ (l)}$ $n_1 = \frac{8}{4} = 2 \text{ mol}$

สภาวะที่ 2 : $V_2 = ? \text{ (l)}$ $n_2 = \frac{0.2}{4} = 0.05 \text{ mol}$

จากกฎของอาโวกาโดร $\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$ ที่ P และ T คงที่

แทนค่าในสมการ $\frac{44.8 \text{ (l)}}{2 \text{ mol}} = \frac{V_2 \text{ (l)}}{0.05 \text{ mol}}$

$$V_2 = \frac{44.8 \text{ (l)} \times 0.05 \text{ mol}}{2 \text{ mol}}$$

$$V_2 = 1.12 \text{ (l)}$$

∴ แก๊ส He 0.2 g มีปริมาตรเท่ากับ 1.12 (l)

กฎรวมแก๊ส (Combined Gas Law)

เนื่องจากกฎของบอยล์และชาร์ลกล่าวถึงเฉพาะความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดัน และปริมาตรกับอุณหภูมิ แต่การเปลี่ยนแปลงในธรรมชาติอาจเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน ดังนั้นจึงมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊สในขณะที่มีมวลมีค่าคงที่ ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน อุณหภูมิ และปริมาตรที่แสดงไว้นี้เรียกว่า “กฎรวมแก๊ส” ซึ่งสามารถไปใช้ในการคำนวณหาความดัน ปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊สได้ 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

ตัวอย่างที่ 6 แก๊สเฉื่อยจำนวนหนึ่ง บรรจุในภาชนะขนาด 20.0 (l) ที่อุณหภูมิ 37 °C วัดความดันได้ 5.0 atm

ก. ถ้าทำให้ความดันลดลง 2.0 atm ที่อุณหภูมิ 27 °C จะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่าใด

วิธีคิด สภาวะที่ 1 : $p_1 = 5 \text{ atm}$ $V_1 = 20.0 \text{ (l)}$ $T_1 = 273 + 37 = 310 \text{ K}$

สภาวะที่ 2 : $p_2 = 5 - 2 = 3.0 \text{ atm}$ $V_2 = ? \text{ (l)}$ $T_2 = 273 + 27 = 300 \text{ K}$

จากกฎของกฏของเกย์ลูสแซก $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ เมื่อปริมาณหรือจำนวนโมเลกุล คงที่

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

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

$$V_2 = 32.3 \text{ (l)}$$

∴ ปริมาตรแก๊สจะเพิ่มขึ้น $32.3 - 20.0 = 12.3 \text{ (l)}$

ข. ถ้าต้องการให้ปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้น 10% ที่ความดัน 4.0 atm ควรเพิ่มหรือลดอุณหภูมิ กี่องศาเซลเซียส

วิธีคิด หาปริมาตรที่เพิ่มขึ้น 10%

ปริมาตรของแก๊ส 100 L แก๊สจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น 10 (l)

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

$$\text{สภาวะที่ 1 : } P_1 = 5 \text{ atm} \quad V_1 = 20.0 \text{ L} \quad T_1 = 273 + 37 = 310 \text{ K}$$

$$\text{สภาวะที่ 2 : } P_2 = 4.0 \text{ atm} \quad V_2 = 20 + 2 = 22 \text{ (l)} \quad T_2 = ? \text{ K}$$

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

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

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

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

$$\therefore \text{ ควรจะลดอุณหภูมิเท่ากับ } 272.8 - 273 = -0.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

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

วิธีคิด สภาวะที่ 1 : $p_1 = 5\text{ atm}$ $V_1 = 20.0\text{ (l)}$ $T_1 = 273 + 37 = 310\text{ K}$

สภาวะที่ 2 : $p_2 = ?\text{ atm}$ $V_2 = 25.0\text{ (l)}$ $T_2 = 273 + 0 = 273\text{ K}$

จากกฎของกฎของเกย์ลูสแซก $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ เมื่อปริมาณหรือจำนวนโมเลกุลคงที่

แทนค่าในสมการ $\frac{5\text{ atm} \times 20.0\text{ (l)}}{310\text{ K}} = \frac{p_2\text{ atm} \times 25\text{ (l)}}{273\text{ K}}$

$$p_2 = \frac{5\text{ atm} \times 20.0\text{ (l)} \times 273\text{ K}}{310\text{ K} \times 25\text{ (l)}}$$

$$p_2 = 3.5\text{ atm}$$

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

กฎแก๊สอุดมคติ (Ideal Gas Law)

ในกฎรวมแก๊สซึ่งใช้ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนสถานะของแก๊สโดยมีข้อกำหนดว่าปริมาณหรือจำนวนโมลของแก๊สต้องคงที่ กฎรวมแก๊สจึงใช้หาปริมาตร ความดันและอุณหภูมิของแก๊สได้เมื่อปริมาณของแก๊สคงที่

แต่ในกรณีที่ปริมาณของแก๊สไม่คงที่ ต้องใช้ความสัมพันธ์อีกลักษณะหนึ่ง เรียกว่ากฎแก๊สอุดมคติ (ideal gas law) หรือ กฎแก๊สสมบูรณ์ (perfect gas law) ซึ่งเป็นการรวมกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล และกฎของอาโวกาโดรเข้าด้วยกัน

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

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

จากกฎของอาโวกาโดร $V \propto n$ เมื่อ P และ T คงที่

จากกฎทั้งสาม ทำให้ทราบว่า ปริมาณของแก๊สขึ้นอยู่กับความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมลของแก๊สเมื่อนำกฎทั้งสามมารวมกัน จะได้เป็น

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

หรือ $V = R \frac{nT}{P}$ ค่า R เป็นค่าคงที่

หรือ $PV = nRT$ (สำหรับแก๊ส n โมล)



ภาพที่ 4.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของอาโวกาโดร
ที่มา : Hassell and Stasko, 2007, p. 442

การหาค่าคงที่ค่า R

ในกรณีที่ปริมาณของแก๊สเท่ากับ 1 โมล จะใช้ “R” ซึ่งค่า R ของแก๊สทุกชนิด
คำนวณได้จากปริมาณของแก๊ส 1 mol ที่ STP ซึ่งมีปริมาตร 22.414 (l) ความดัน 1 atm อุณหภูมิ

$$273.15 \text{ K} \text{ โดยใช้ความสัมพันธ์ } R = \frac{PV}{nT}$$

เมื่อแทนค่า P V T และ n จะได้ค่า R ดังนี้

$$R = \frac{1 \text{ atm} \times 22.414 \text{ (l)}}{1 \text{ mol} \times 273.15}$$

$$R = 0.082058 \text{ l. atm / K. mol}$$

หรือ $R = 0.082 \text{ l. atm K}^{-1} \cdot \text{Mol}^{-1}$ ซึ่งเป็นค่าโดยประมาณที่นิยมใช้กัน

ค่าคงที่ของแก๊ส นอกจากจะมีค่าเท่ากับ $0.08205 \text{ l. atm K}^{-1} \cdot \text{Mol}^{-1}$ แล้วค่า R ยังมีค่า
และหน่วยอื่นอีก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหน่วยของ P, V และ T

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า R ในหน่วยต่าง ๆ

ความดัน (P)	ปริมาตร (V)	อุณหภูมิ (T)	จำนวนโมล (n)	ค่าคงที่ของแก๊ส (R)
บรรยากาศ (atm)	ลิตร (l)	เคลวิน (K)	1 โมล	0.08205 ลิตร บรรยากาศ เคลวิน ⁻¹ โมล ⁻¹ (l. atm K ⁻¹ mol ⁻¹)
ทอร์ (torr)	ลูกบาศก์ เซนติเมตร (cm ³)	เคลวิน (K)	1 โมล	62.400 ทอร์ ลูกบาศก์ เซนติเมตร เคลวิน ⁻¹ โมล ⁻¹ (torr. cm ³ K ⁻¹ mol ⁻¹)
นิวตันเมตร ⁻² (Nm ⁻²)	ลูกบาศก์เมตร (m ³)	เคลวิน (K)	1 โมล	8.314 จูล เคลวิน ⁻¹ โมล ⁻¹ (J K ⁻¹ mol ⁻¹) เป็นหน่วย SI

ที่มา : ฟิสิกส์ ระตะนกุล และคณะ. 2550 : 26

นอกจากนี้ R ยังมีค่าและหน่วยอื่น ๆ อีกได้แก่

$$R \text{ ในหน่วย เออร์ก (ergs)} = 8.314 \times 10^7 \text{ เออร์ก เคลวิน}^{-1} \text{ โมล}^{-1} \\ (\text{ergs K}^{-1} \text{ mol}^{-1})$$

$$R \text{ ในหน่วย จูล (Joule)} = 8.314 \text{ จูล เคลวิน}^{-1} \text{ โมล}^{-1} \\ (\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1})$$

$$R \text{ ในหน่วย แคลอรี (calory)} = 1.987 \text{ แคลอรี เคลวิน}^{-1} \text{ โมล}^{-1} \\ (\text{cal K}^{-1} \text{ mol}^{-1})$$

การคำนวณในระดับนี้ ส่วนใหญ่ใช้ $R = 0.082$ ลิตร บรรยากาศ เคลวิน⁻¹โมล⁻¹ (l. atm K⁻¹ mol⁻¹)

ตัวอย่างการคำนวณ เรื่อง แก๊สอุดมคติ

ตัวอย่างที่ 7 แก๊สไฮโดรเจน จำนวน 5 โมล บรรจุอยู่ในภาชนะซึ่งมีความจุเท่ากับ $1,500 \text{ cm}^3$

ที่อุณหภูมิ 25°C ความดันของแก๊สไฮโดรเจนภายในภาชนะเป็นเท่าใด

วิธีคิด สภาวะ : $P = ? \text{ atm}$ $T = 273 + 25 = 298 \text{ K}$ $V = \frac{1,500}{1,000} = 1.5 (\text{l})$

$N = 5 \text{ mol}$ $R = 0.082 \text{ l. atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

จากกฎของแก๊สอุดมคติ $PV = nRT$

แทนค่าในสมการ $P \text{ atm} \times 1.5 (\text{l}) = 5 \text{ mol} \times 0.082 \text{ l. atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 298 \text{ K}$

$$P = \frac{5 \text{ mol} \times 0.082 \text{ l. atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 298 \text{ K}}{1.5 (\text{l})}$$

$$P = 81.45 \text{ atm}$$

∴ ความดันของแก๊สไฮโดรเจนเท่ากับ 81.45 บรรยากาศ

ตัวอย่างที่ 8 แก๊สไนโตรเจน (N_2) จำนวน 10 (l) ที่อุณหภูมิ 25°C และความดัน 760 mmHg มีจำนวนโมล และจำนวนโมเลกุลเป็นเท่าไร

วิธีคิด สภาวะ : $P = \frac{760}{760} = 1 \text{ atm}$ $V = 10 (\text{l})$ $T = 273 + 25 = 298 \text{ K}$

$R = 0.082 \text{ l. atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ $n = ? \text{ mol}$ $N = ?$

จากกฎของแก๊สอุดมคติ $PV = nRT$

แทนค่าในสมการ $1 \text{ atm} \times 10 (\text{l}) = n \text{ mol} \times 0.082 \text{ l. atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 298 \text{ K}$

$$n = \frac{1 \text{ atm} \times 10 (\text{l})}{0.082 \text{ l. atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 298 \text{ K}}$$

$$n = 0.41 \text{ mol}$$

∴ แก๊สไนโตรเจน (N_2) มีจำนวนโมลเท่ากับ 0.41 mol

หาจำนวนโมเลกุล

แก๊สไนโตรเจน (N_2) 1 mol มีจำนวนโมเลกุลเท่ากับ 6.02×10^{23} โมเลกุล

ถ้า แก๊สไนโตรเจน (N_2) 0.41 mol มีจำนวนโมเลกุลเท่ากับ $\frac{0.41 \text{ mol} \times 6.02 \times 10^{23}}{1 \text{ mol}}$

$$= 2.47 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล}$$

\therefore แก๊สไนโตรเจน (N_2) มีจำนวนโมเลกุล $= 2.47 \times 10^{23}$ โมเลกุล

ตัวอย่างที่ 9 แก๊สชนิดหนึ่ง 350 cm^3 มีมวล 1.069 g ที่ 40°C และ 785 mmHg แก๊สชนิดนี้มีมวลโมเลกุลเท่าไร

วิธีคิด สภาวะ : $P = \frac{785}{760} = \text{atm}$ $V = \frac{350}{1,000} \text{ (l)}$ $T = 273 + 40 = 313 \text{ K}$

$$R = 0.082 \text{ l. atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \quad g = 1.069 \quad M = ?$$

จากกฎของแก๊สอุดมคติ $PV = nRT$ เมื่อ $n = \frac{g}{M}$

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

$$M = \frac{gRT}{PV}$$

แทนค่าในสมการ $M = \frac{1.069 \text{ g} \times 0.082 \text{ l. atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 313 \text{ K}}{\frac{780}{760} \text{ atm} \times \frac{350}{1,000} \text{ (l)}}$

$$M = \frac{1.069 \times 0.082 \times 313 \times 760 \times 1,000}{780 \times 350}$$

$$M = 76.38 \text{ g/mol}$$

\therefore มวลโมเลกุลของแก๊สนี้เท่ากับ 76.38 g/mol

ตัวอย่างที่ 10 แก๊สมีเทน (CH_4) ปริมาตร 3.30 ลิตร ภาตใต้ความดัน 710 mmHg และอุณหภูมิ 27°C แก๊สมีเทนมีมวลกี่กรัม (มวลอะตอมของ $\text{C} = 12$, $\text{H} = 1$)

วิธีคิด สภาวะ : $P = \frac{710}{760} = 0.934 \text{ atm}$ $V = 3.30 \text{ (l)}$ $T = 273 + 27 = 300 \text{ K}$

$R = 0.082 \text{ l. atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ $g = ?$ $M = 12 + 4 = 16 \text{ g mol}^{-1}$

จากกฎของแก๊สอุดมคติ $PV = nRT$ เมื่อ $n = \frac{g}{M}$

$$PV = \frac{g}{M} RT \quad \longrightarrow \quad \boxed{g = \frac{PVM}{RT}}$$

แทนค่าในสมการ $g = \frac{0.934 \text{ atm} \times 3.30 \text{ (l)} \times 16 \text{ g mol}^{-1}}{0.082 \text{ l. atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 300 \text{ K}}$

$g = 2.00 \text{ g}$

\therefore มวลโมเลกุลของแก๊สนี้เท่ากับ 2.00 g

ตัวอย่างที่ 11 แก๊ส X มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 92 จงหาความหนาแน่นของแก๊ส X ที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (STP)

วิธีคิด สภาวะ : $P = 1 \text{ atm}$ $T = 273 \text{ K}$ $R = 0.082 \text{ l. atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

$M = 92 \text{ g mol}^{-1}$ $D = ?$

จากกฎของแก๊สอุดมคติ $PV = nRT$ เมื่อ $n = \frac{g}{M}$

$$PV = \frac{g}{M} RT \quad \longrightarrow \quad PM = \frac{g}{V} RT \quad \text{เมื่อ} \quad \frac{g}{V} = D$$

$$PM = DRT \quad \longrightarrow \quad \boxed{D = \frac{PM}{RT}}$$

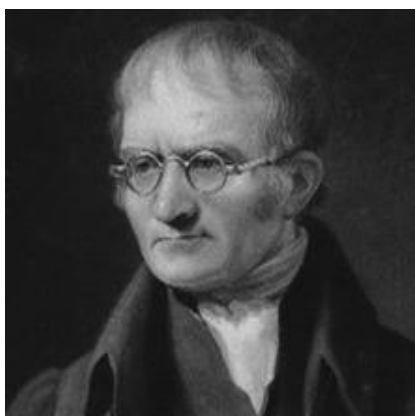
สมการ
$$D = \frac{PM}{RT}$$

แทนค่าในสมการ
$$D = \frac{1 \text{ atm} \times 92 \text{ g mol}^{-1}}{0.082 \text{ l. atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 273 \text{ K}}$$

$$D = 4.11 \text{ g/l}$$

∴ แก๊ส X ที่ STP มีความหนาแน่น = 4.11 g/l

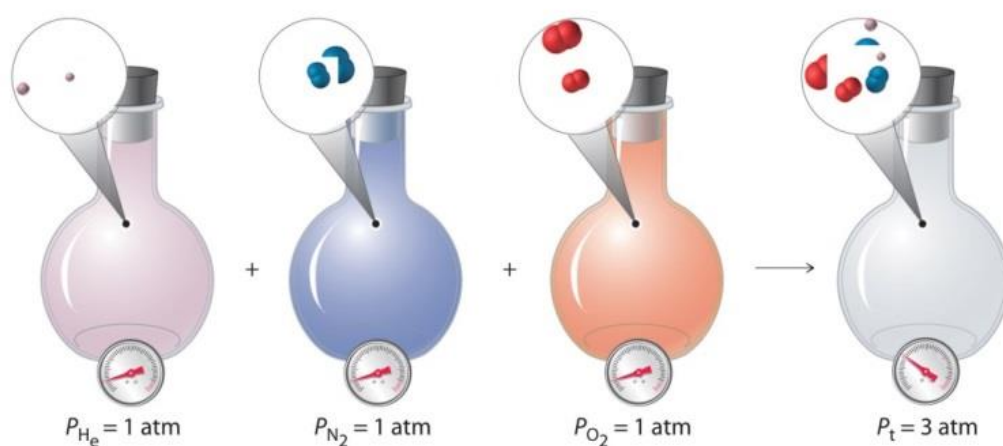
กฎความดันย่อยของดอลตัน (Dalton's Law of Partial Pressure)



ภาพที่ 4.29 จอห์น ดาลตัน

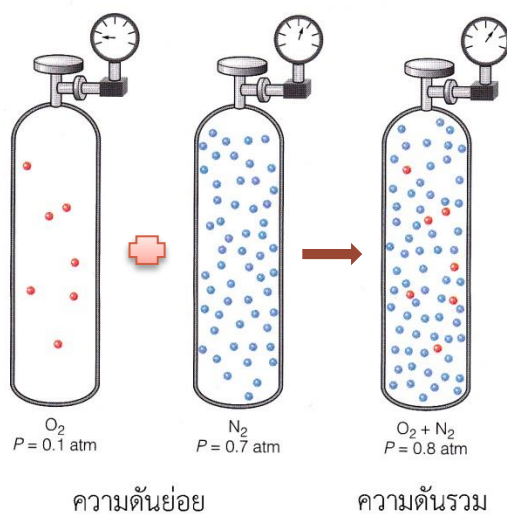
ที่มา : <http://world-scientist.blogspot.com>

จอห์น ดาลตันได้สนใจศึกษาเกี่ยวกับ ความดันของแก๊สผสมต่าง ๆ และตั้งกฎความดันย่อยของแก๊สขึ้นมาในปี ค.ศ.1801 (พ.ศ.2344)โดยนำแก๊สดังแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาผสมกัน และแก๊สไม่ทำปฏิกิริยากัน โมเลกุลของแก๊สแต่ละชนิดก็จะวิ่งชนผนังของภาชนะที่บรรจุแก๊ส การชนของแก๊สแต่ละชนิดย่อมทำให้เกิดความดัน ถ้าคิดเฉพาะความดันที่เกิดจากการชนของแก๊สแต่ละชนิดเรียกว่า ความดันย่อย (partial pressure) แต่ถ้านำความดันที่เกิดจากแก๊สแต่ละชนิดมารวมกันเรียกว่า ความดันรวม (total pressure)



ภาพที่ 4.30 แสดงการผสมกันของแก๊สต่างชนิดตามกฎความดันย่อยของดอลตัน

ที่มา : Hassell and Stasko, 2007, p. 442



ภาพที่ 4.31 แสดงความดันและโมเลกุลหลังผสม
ที่มา : Burns, 1999, p. 364

กฎความดันย่อยของดอลตัน กล่าวว่า “ความดันรวมของแก๊สผสมที่ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีต่อกันจะเท่ากับผลรวมของความย่อยของ แก๊สต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของแก๊สผสมนั้นๆ”

จะได้ว่า

$$\text{ความดันรวม} = \text{ผลรวมของความดันย่อย}$$

เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 \dots\dots$$

$$P_t = \text{ความดันรวม}$$

$$P_1 + P_2 + P_3 \dots\dots\dots = \text{ความดันย่อยของแก๊สชนิดที่ 1, 2, 3} \dots\dots\dots \text{ตามลำดับ}$$

ในการหาความดันย่อยของแก๊สในแก๊สผสมแต่ละชนิดสามารถหาได้หลายวิธี เช่น

วิธีที่ 1 คำนวณโดยใช้กฎของบอยล์

จากกฎของบอยล์ $P_1 V_1 = P_2 V_2$

$$P_2 = \frac{P_1 V_2}{V_{\text{รวม}}}$$

$$\therefore \text{ความดันย่อยของแก๊สแต่ละชนิด} = \frac{P_1 V_2}{V_{\text{รวม}}}$$

วิธีที่ 2 คำนวณโดยใช้สมการของแก๊สในอุดมคติ

$$PV = nRT$$

$$P = \frac{nRT}{V}$$

$$\therefore \text{ความดันย่อยของแก๊สแต่ละชนิด} = \frac{nRT}{V}$$

วิธีที่ 3 คำนวณโดยใช้สูตรความสัมพันธ์ระหว่างเศษส่วนโมลกับความดัน

$$\text{ความดันย่อยของแก๊สใดๆ} = \text{เศษส่วนโมลของแก๊สนั้น} \times \text{ความดันรวมของแก๊สผสม}$$

ตัวอย่างการคำนวณ เรื่อง กฎความดันย่อยของดอลตัน

ตัวอย่างที่ 12 ภาชนะ A จุ 4 dm^3 บรรจุแก๊สอาร์กอนความดัน 2 atm และภาชนะ B จุ 2 dm^3 บรรจุแก๊ส He ความดัน 1.5 atm เมื่อเปิดลิ้นให้แก๊สทั้งสองแพร่ผ่านผสมกันอย่างสมบูรณ์ จงคำนวณหาความดันรวมของแก๊สในภาชนะ A และภาชนะ B

$$\begin{array}{llll} \text{วิธีคิด} & \text{สภาวะ Ar} & : & p_1 = 2 \text{ atm} & V_1 & = & 4 \text{ dm}^3 \\ & & : & p_2 = ? \text{ atm} & V_{\text{รวม}} & = & 4 + 2 \text{ dm}^3 \end{array}$$

$$\text{จากสูตรความดันย่อย} \quad p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_{\text{รวม}}}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าลงในสมการ} \quad p_{\text{Ar}} &= \frac{2 \times 4}{6} \\ p_{\text{Ar}} &= 1.33 \text{ atm} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{llll} \text{สภาวะ He} & : & p_1 = 1.5 \text{ atm} & V_1 = 2 \text{ dm}^3 \\ & : & p_2 = ? \text{ atm} & V_{\text{รวม}} = 4 + 2 \text{ dm}^3 \end{array}$$

$$\text{จากสูตรความดันย่อย} \quad p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_{\text{รวม}}}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าลงในสมการ} \quad p_{\text{He}} &= \frac{1.5 \times 2}{6} \\ p_{\text{He}} &= 0.5 \text{ atm} \end{aligned}$$

\therefore ดันรวมของแก๊สในภาชนะ A และ B หลังเปิดลิ้น $= 1.33 + 0.5 = 1.83 \text{ atm}$

ตัวอย่างที่ 13 ให้คำนวณหาความดันรวมในหน่วยบรรยากาศ ที่ปริมาตร 10 (l) ที่ 35 °C ซึ่ง
ภายในบรรจุ H₂ เท่ากับ 2.50×10^{-3} โมล, He g 1.0×10^{-3} โมล และ Ne เท่ากับ 3.0×10^{-4} โมล

วิธีคิด สภาวะ H₂ : P = ? atm V = 10 (l) T = 273 + 35 = 308 K

$$R = 0.082 \text{ l. atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \quad n = 2.50 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

จากกฎของแก๊สอุดมคติ $PV = nRT$ หรือ $P = \frac{nRT}{V}$

แทนค่าในสมการ $p_{\text{H}_2} = \frac{2.5 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 0.082 \text{ l.atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 308 \text{ K}}{10 \text{ (l)}}$

$$p_{\text{H}_2} = 6.32 \times 10^{-3} \text{ atm}$$

สภาวะ He : P = ? atm V = 10 (l) T = 273 + 35 = 308 K

$$R = 0.082 \text{ l. atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \quad n = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

จากกฎของแก๊สอุดมคติ $PV = nRT$ หรือ $P = \frac{nRT}{V}$

แทนค่าในสมการ $p_{\text{He}} = \frac{1.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 0.082 \text{ l.atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 308 \text{ K}}{10 \text{ (l)}}$

$$p_{\text{He}} = 2.53 \times 10^{-3} \text{ atm}$$

สภาวะ **Ne** : $P = ? \text{ atm}$ $V = 10 \text{ (l)}$ $T = 273 + 35 = 308 \text{ K}$
 $R = 0.082 \text{ l. atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ $n = 3.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$

จากกฎของแก๊สอุดมคติ $PV = nRT$ หรือ $P = \frac{nRT}{V}$

แทนค่าในสมการ

$$p_{\text{Ne}} = \frac{3.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 0.082 \text{ l.atmK}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 308 \text{ K}}{10 \text{ (l)}}$$

$$p_{\text{Ne}} = 7.58 \times 10^{-3} \text{ atm}$$

กฎความดันย่อยของดอลตัน

$$p_t = P_1 + P_2 + P_3 \dots\dots$$

$$p_t = 6.32 \times 10^{-3} + 2.53 \times 10^{-3} + 7.58 \times 10^{-3}$$

$$p_t = 9.61 \times 10^{-3} \text{ atm}$$

∴ ดันรวมในหน่วยบรรยากาศ ที่ปริมาตร 10 (l) ที่ 35 °C เท่ากับ $9.61 \times 10^{-3} \text{ atm}$

บัตรฝึกหัดที่ 4

เรื่อง สมบัติของแก๊ส

ชื่อกลุ่ม.....ชั้น ม. 4

สมาชิก 1.....ประธานกลุ่ม
 2.....ผู้นำเสนอหน้าชั้นเรียน
 3.....ผู้อ่าน
 4.....ผู้จดบันทึก
 5.....กรรมการ
 6.....เลขานุการกลุ่ม

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายสมบัติบางประการของแก๊สได้
2. นักเรียนคำนวณหาปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมลหรือมวล โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล่านั้นตามกฎต่างๆ ของแก๊สได้
3. นักเรียนนำเสนอปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันที่สัมพันธ์กับกฎต่างๆ ของแก๊สได้

คำชี้แจง ให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมและศึกษาจากบัตรเนื้อหาโดยตอบคำถามต่อไปนี้

1. เพราะเหตุใดแก๊สจึงมีรูปร่างและปริมาตรขึ้นอยู่กับภาชนะที่บรรจุ (ข้อละ 1 คะแนน)

.....

.....

.....

.....



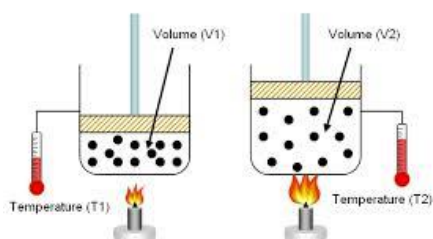
2. บอลูนลูกหนึ่งบรรจุแก๊สไฮโดรเจนปริมาตร 150 (l) ที่ความดัน 1 atm เมื่อบอลูนลอยสูงขึ้นไป 2500 m ซึ่งความดันลงเหลือ 0.75 atm แก๊สไฮโดรเจนในบอลูนจะมีปริมาตรเป็นเท่าใด (ข้อละ 1 คะแนน)

.....

.....

.....

.....



3. เมื่อนำแก๊สออกซิเจนซึ่งมีปริมาตร 8.00 (l) ที่อุณหภูมิ 27 °C และความดัน 1 atm มาให้ความร้อนจนขยายตัวมีปริมาตรเป็น 10.00 L แก๊สออกซิเจนนี้จะมีอุณหภูมิเท่าใด ถ้าความดันคงที่ (ข้อละ 1 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จงเติมค่าต่างๆ ลงในช่องว่างให้ถูกต้อง(ข้อละ 1 คะแนน)

สภาวะเริ่มต้น				สภาวะที่เปลี่ยนแปลง		
แก๊ส	ความดัน	ปริมาตร	อุณหภูมิ	ความดัน	ปริมาตร	อุณหภูมิ
A	760 mmHg	1.0 dm ³	25 °C	766 mmHg	(4)	200 °C
B	1 atm	500 cm ³	127 °C	(5)	200 cm ³	127 °C
C	1.23 atm	700 cm ³	250 K	750 mmHg	(6)	200 °C

7. แก๊สออกซิเจนจำนวน 2 mol ที่อุณหภูมิ 30 °C ความดัน 380 mmHg จะมีปริมาตรเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



8. ถ้าแก๊ส A 8 dm^3 ที่ STP มีมวล 19.2 g จงคำนวณหาโมเลกุลของแก๊ส A

.....

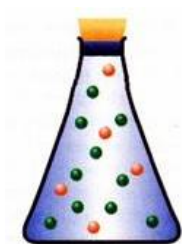
.....

.....

.....

.....

.....



9. ภาชนะใบหนึ่งมีขนาด 2.0 dm^3 บรรจุแก๊สไนโตรเจน 0.2 mol และแก๊สออกซิเจน 0.4 mol ที่อุณหภูมิ 400 K จงหาความดันย่อยของแก๊สทั้งสองและความดันรวม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10. จงยกตัวอย่างอุปกรณ์เครื่องใช้ หรือปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันที่มีความสัมพันธ์กับทฤษฎีหรือกฎของแก๊ส พร้อมอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

1 คะแนน ตอบคำถามถูกต้อง

คะแนนบัตรฝึกหัดที่ 1			ผลการประเมิน	
คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ	ผ่าน	ไม่ผ่าน
10				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
วันที่...../...../.....

เกณฑ์การประเมิน

ค่าร้อยละ	ระดับคุณภาพ
90 - 100%	ดีเยี่ยม
80 - 89%	ดีมาก
70 - 79%	ดี
60 - 69%	ปานกลาง
50 - 59%	พอใช้
ต่ำกว่า 50%	ต้องปรับปรุง

(เกณฑ์การผ่านร้อยละ 80)

แบบทดสอบหลังเรียน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	รหัสวิชา ว30222	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เรื่อง สมบัติของแก๊ส	จำนวน 10 ข้อ	คะแนน 10 คะแนน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายสมบัติบางประการของแก๊สได้
2. นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและความดันที่มีต่อปริมาตรของแก๊สได้
3. นักเรียนสามารถสรุปและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊สได้
4. นักเรียนคำนวณหาปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมลหรือมวล โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล่านั้นตามกฎต่างๆ ของแก๊สได้
5. นักเรียนนำเสนอปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันที่สัมพันธ์กับกฎต่างๆ ของแก๊สได้

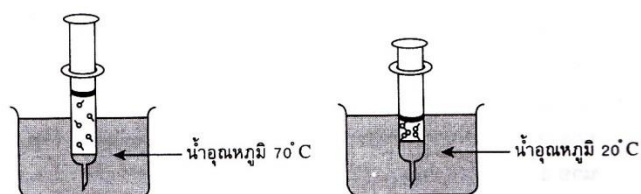
คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวแล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใด *ไม่ใช่* สมบัติของแก๊สในอุดมคติ
 - ก. แก๊สประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็ก
 - ข. แต่ละโมเลกุลของแก๊สมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล
 - ค. การชนกันระหว่างโมเลกุลเป็นการชนแบบยืดหยุ่น
 - ง. แต่ละโมเลกุลของแก๊สมีการเคลื่อนที่แบบไร้ระเบียบ
2. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับสมบัติแก๊สตามทฤษฎีจลน์
 - ก. โมเลกุลของแก๊สสมบูรณ์มีขนาดเล็กมากจนถือได้ว่ามีมวลเป็นศูนย์
 - ข. ที่อุณหภูมิเดียวกัน แก๊ส A และแก๊ส B จะมีพลังงานจลน์เฉลี่ยเท่ากันเสมอ
 - ค. แก๊สทั่วไปจะมีสมบัติใกล้เคียงกับแก๊สสมบูรณ์มากที่สุด ถ้าอยู่ในสภาวะความดันสูงและอุณหภูมิต่ำ
 - ง. หากลดอุณหภูมิของแก๊สจาก 100 องศาเซลเซียส เป็น 50 องศาเซลเซียส โดยที่ปริมาตรและความดันของแก๊สจะเพิ่มขึ้นเป็น

3. แก๊สใดต่อไปนี้มีสมบัติสอดคล้องกับทฤษฎีจลน์ของแก๊สมากที่สุด

- ก. ออกซิเจน
- ข. คลอรีน
- ค. อาร์กอน
- ง. ไนโตรเจน

ใช้รูปต่อไปนี้อย่างต่อเนื่องเพื่อตอบคำถามข้อ 4 – 5



4. การทดลองนี้สนับสนุนกฎใด

- ก. กฎของชาร์ล
- ข. กฎของดอลตัน
- ค. กฎของบอยล์
- ง. กฎของเกย์ลูสแซก

5. จากข้อ 4 ถ้าที่ 70°C แก๊สนี้มีปริมาตร 686 cm^3 ที่ 20°C แก๊สนี้มีปริมาตรเท่าใด

- ก. 586 cm^3
- ข. 540 cm^3
- ค. 526 cm^3
- ง. 487 cm^3

6. เมื่อนำกระบอกฉีดยาบรรจุแก๊สไปแช่น้ำร้อนโดยควบคุมให้มีปริมาตรคงที่เท่าเดิม โมเลกุลของแก๊สภายในกระบอกเก็บแก๊สจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

- ก. เคลื่อนที่ช้ากว่าเดิม
- ข. เคลื่อนที่เร็วกว่าเดิม
- ค. มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิม
- ง. ความเข้มข้นของแก๊สเพิ่มขึ้น

7. แก๊สที่มีปริมาตร 16.5 dm^3 ที่อุณหภูมิ 352°C และความดัน 0.275 atm จะมีปริมาตรเท่าใดที่ STP

- ก. 0.99 dm^3
- ข. 1.98 dm^3
- ค. 2.97 dm^3
- ง. 3.96 dm^3

8. ภาชนะ 2 L บรรจุแก๊ส CO_2 มีความดัน 20.5 atm ที่อุณหภูมิ -23°C

- ก. 4.0 โมล
- ข. 3.0 โมล
- ค. 2.0 โมล
- ง. 1.0 โมล

9. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 100 cm^3 ที่ 20°C ถ้าต้องการให้แก๊สนั้นมีปริมาตร 200 cm^3 โดยให้ความดันคงที่อุณหภูมิต้องเปลี่ยนเป็นอุณหภูมิกี่องศาเซลเซียส

- ก. 10°C
- ข. 313°C
- ค. 546°C
- ง. 586°C

10. จากข้อความต่อไปนี้

1. ถ้าต้มน้ำในหม้อที่ลดความดันไซ้อาจจะไม่สุกก็ได้
2. ถ้าต้มน้ำในเมืองบาดาลใต้ท้องทะเลลึกจะเปื่อยเร็วกว่าน้ำที่ต้มในเมืองที่อยู่ชายทะเล
3. ความดันไอน้ำในบรรยากาศของห้องจะมีค่าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของห้องขณะนั้นๆ
4. ถ้าต้มน้ำในห้องที่เปิดเครื่องปรับอากาศไว้ให้มีอุณหภูมิอยู่ที่ 25°C องศาเซลเซียส น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิเดียวกันกับเมื่อต้มน้ำในห้องธรรมดาที่มีอุณหภูมิห้องเท่ากับ 35°C องศาเซลเซียส

ข้อความใดถูกต้อง

- ก. 1 และ 4
- ข. 4 เท่านั้น
- ค. 2 3 และ 4
- ง. ถูกทุกข้อ

กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	รหัสวิชา ว30222	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เรื่อง สมบัติของแก๊ส	จำนวน 10 ข้อ	คะแนน 10 คะแนน

คำสั่ง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ลงในข้อที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
1					6				
2					7				
3					8				
4					9				
5					10				

1 คะแนน ตอบคำถามถูกต้อง

คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน			ผลการประเมิน	
คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ	ผ่าน	ไม่ผ่าน
10				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
วันที่...../...../.....

เกณฑ์การประเมิน

ค่าร้อยละ	ระดับคุณภาพ
90 - 100%	ดีเยี่ยม
80 - 89%	ดีมาก
70 - 79%	ดี
60 - 69%	ปานกลาง
50 - 59%	พอใช้
ต่ำกว่า 50%	ต้องปรับปรุง
(เกณฑ์การผ่านร้อยละ 80)	

**ใบบันทึกคะแนนที่ 4 แบบบันทึกคะแนนของสมาชิกกลุ่ม
ชุดการสอนที่ 4 สมบัติของแก๊ส**

กลุ่มที่.....ชั้น ม. 4

เลขที่	ชื่อ - สกุล	คะแนน				
		ก่อนเรียน (10)	แบบบันทึก ปฏิบัติการที่ 4 (10)	บัตรฝึกหัดที่ 4 (10)	แนรวมในกิจกรรม (20)	หลังเรียน (10)

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก
(.....)

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน
(นางเครือวัลย์ เมธากุล)
...../...../.....

ภาคผนวก

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	รหัสวิชา ว30222	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เรื่อง สมบัติของแก๊ส	จำนวน 10 ข้อ	คะแนน 10 คะแนน

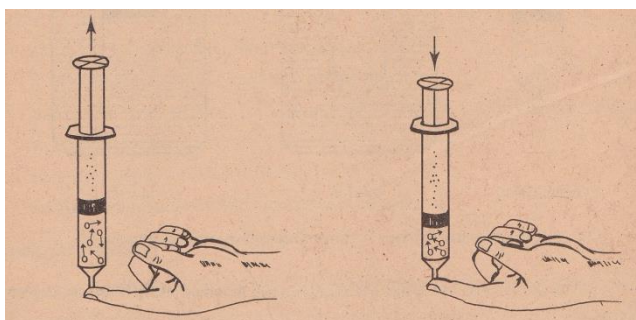
ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
1		X			6		X		
2		X			7		X		
3			X		8			X	
4	X				9		X		
5			X		10				X

บัตรเฉลยแบบบันทึกปฏิบัติการที่ 4

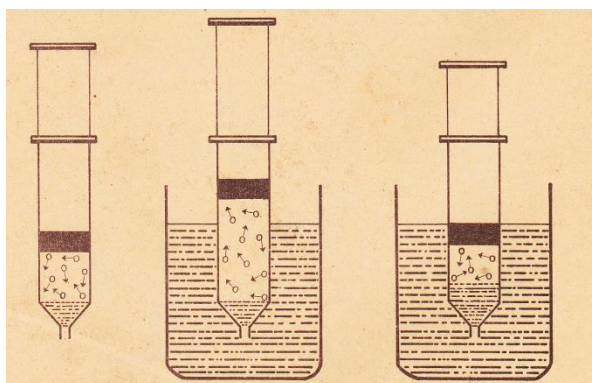
เรื่อง ผลของความดันและอุณหภูมิต่อปริมาตรของแก๊ส

วิธีการทดลอง (2 คะแนน)

ตอนที่ 1



ตอนที่ 2



บันทึกผลการทดลอง (2 คะแนน)

การทดลอง	การเปลี่ยนแปลงของแก๊สในกระบอกฉีดยา			
	มวล	ความดัน	ปริมาตร	อุณหภูมิ
ตอนที่ 1 ขณะกดก้านหลอดฉีดยา ขณะดึงก้านหลอดฉีดยา	คงที่	เพิ่มขึ้น	ลดลง	คงที่
	คงที่	ลดลง	เพิ่มขึ้น	คงที่
ตอนที่ 2 เมื่อจุ่มกระบอกฉีดยาในน้ำร้อน เมื่อจุ่มกระบอกฉีดยาในน้ำเย็น	คงที่	คงที่	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น
	คงที่	คงที่	ลดลง	ลดลง

คำถามหลังการทดลอง (4 คะแนน)

1. เพราะเหตุใดก่อนอ่านปริมาตรของแก๊สจึงต้องปรับระดับน้ำภายในกระบอกนิตยาให้เท่ากับระดับน้ำภายนอก

เพื่อเป็นการปรับความดันแก๊สในกระบอกนิตยาให้เท่ากับความดันบรรยากาศจึงทำให้ความดันของแก๊สคงที่

2. การกดและการดึงหลอดนิตยาเป็นการเปลี่ยนแปลงสมบัติใดของแก๊ส

เป็นการเพิ่มความดันและลดความดันของแก๊ส

3. เมื่อปริมาตรของแก๊สที่อยู่ในกระบอกนิตยาคงที่ ปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊สมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

เมื่อแก๊สมีอุณหภูมิกคงที่ ถ้าเพิ่มความดันของแก๊สจะทำให้ปริมาตรของแก๊สลดลง
ถ้าลดความดันของแก๊สจะทำให้ปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้น
เมื่อแก๊สมีความดันคงที่ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของแก๊สทำให้ปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้น
ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของแก๊สทำให้ปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้น

4. จากการทดลองนี้มีปัจจัยในบ้างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊ส

ความดันและอุณหภูมิ

สรุปผลการทดลอง (2 คะแนน)

1. เมื่อมวล และอุณหภูมิกคงที่ ปริมาตรของแก๊ส จะแปรผกผันกับความดันของแก๊ส

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

$$PV = \text{ค่าคงที่ (k)}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

2. เมื่อมวล และความดันคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผันตามกับอุณหภูมิของแก๊ส

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

$$\frac{V}{T} = \text{ค่าคงที่ (k)}$$

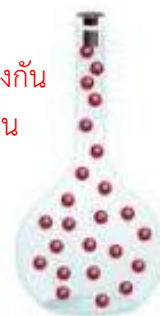
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

บัตรเฉลยบัตรฝึกหัดที่ 4

เรื่อง สมบัติของแก๊ส

1. เพราะเหตุใดแก๊สจึงมีรูปร่างและปริมาตรขึ้นอยู่กับภาชนะที่บรรจุ (ข้อละ 1 คะแนน)

ตามทฤษฎีจลน์ของแก๊สทำให้ทราบว่าโมเลกุลของก๊าซมีขนาดเล็กมาก อยู่ห่างกัน และมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อยมากจนถือว่าไม่มีเลย ดังนั้นเมื่อบรรจุก๊าซไว้ในภาชนะใดก็ตามโมเลกุลของก๊าซจะเคลื่อนที่ไปทั่วทั้งภาชนะได้อย่างอิสระจนถือว่าโมเลกุลของก๊าซอยู่เต็มภาชนะเสมอ ก๊าซจึงมีปริมาตรไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับปริมาตรของภาชนะ



2. บอลลูกหนึ่งบรรจุแก๊สไฮโดรเจนปริมาตร 150 (l) ที่ความดัน 1 atm เมื่อบอลลูกลอยสูงขึ้นไป 2500 m ซึ่งความดันลงเหลือ 0.75 atm แก๊สไฮโดรเจนในบอลลูกจะมีปริมาตรเป็นเท่าใด (ข้อละ 1 คะแนน)

วิธีคิด สภาวะที่ 1 : $P_1 = 1 \text{ atm}$ $V_1 = 150 \text{ (l)}$

 สภาวะที่ 2 : $P_2 = 0.75 \text{ atm}$ $V_2 = ? \text{ (l)}$

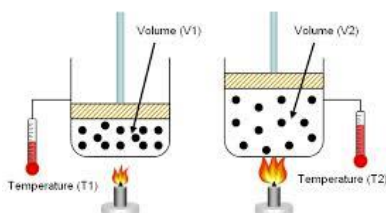
จากกฎของบอยล์ $P_1 V_1 = P_2 V_2$ ที่ T และ m คงที่

แทนค่าในสมการ $1 \text{ atm} \times 150 \text{ (l)} = 0.75 \text{ atm} \times V_2$

$$V_2 = \frac{1 \text{ atm} \times 150 \text{ (l)}}{0.75 \text{ atm}}$$

$$V_2 = 200 \text{ (l)}$$

ดังนั้น เมื่อบอลลูกลอยสูงขึ้นไป 2500 m แก๊สไฮโดรเจนบอลลูกจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นเป็น 200 (l)



3. เมื่อนำแก๊สออกซิเจนซึ่งมีปริมาตร 8.00 (l) ที่อุณหภูมิ 27 °C และความดัน 1 atm มาให้ความร้อนจนขยายตัวมีปริมาตรเป็น 10.00 (l) แก๊สออกซิเจนนี้จะมีอุณหภูมิกี่ °C ถ้าความดันคงที่ (ข้อละ 1 คะแนน)

วิธีคิด สภาวะที่ 1 : $V_1 = 8.00 \text{ (l)}$

$$T_1 = 273 + 27 = 300 \text{ K}$$

 สภาวะที่ 2 : $V_2 = 10.00 \text{ (l)}$

$$t_2 = ? \text{ } ^\circ\text{C}$$

จากกฎของชาร์ล $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ ที่ P และ m คงที่

แทนค่าในสมการ $\frac{8.00 (l)}{300 K} = \frac{10.00 (l)}{T_2}$

$$T_2 = \frac{10.00 (l) \times 300 K}{8.00 (l)}$$

$$T_2 = 375 K$$

$$t_2 = 375 - 273 = 102 ^\circ C$$

นั่นคือ เมื่อนำแก๊สออกซิเจนมาให้ความร้อนจนขยายตัวมีปริมาตรเป็น 10.00 (l) ที่ความดันคงที่ แก๊สออกซิเจนนี้จะมีอุณหภูมิ 102 °C

จงเติมคำต่างๆ ลงในช่องว่างให้ถูกต้อง(ข้อละ 1 คะแนน)

สภาวะเริ่มต้น				สภาวะที่เปลี่ยนแปลง		
แก๊ส	ความดัน	ปริมาตร	อุณหภูมิ	ความดัน	ปริมาตร	อุณหภูมิ
A	760 mmHg	1.0 dm ³	25 °C	766 mmHg	(4) 1.57 dm ³	200 °C
B	1 atm	500 cm ³	127 °C	(5) 2.5 atm	200 cm ³	127 °C
C	1.23 atm	700 cm ³	250 K	750 mmHg	(6) 910.46 cm ³	200 °C

7. แก๊สออกซิเจนจำนวน 2 mol ที่อุณหภูมิ 30 °C ความดัน 380 mmHg จะมีปริมาตรเท่าใด

วิธีคิด สภาวะ : $P = \frac{380}{760} = 0.5 \text{ atm}$ $T = 273 + 30 = 303 K$

$$n = 2 \text{ mol} \quad R = 0.082 \text{ l.atm K}^{-1}\text{mol}^{-1} \quad V = ? (l)$$

จากกฎของแก๊สอุดมคติ $PV = nRT$

แทนค่าในสมการ $0.5 \text{ atm} \times V = 2 \text{ mol} \times 0.082 \text{ l.atm K}^{-1}\text{mol}^{-1} \times 303 K$

$$V = \frac{2 \text{ mol} \times 0.082 \text{ l.atm K}^{-1}\text{mol}^{-1} \times 303 K}{0.5 \text{ atm}}$$

$$V = 99.38 (l)$$

ดังนั้น แก๊สออกซิเจนจำนวน 2 mol ที่อุณหภูมิ 30 °C ความดัน 380 mmHg แก๊สออกซิเจนจะมีปริมาตร 99.38 (l)

8. ถ้าแก๊ส A 8 dm³ ที่ STP มีมวล 19.2 g จงคำนวณหามวลโมเลกุลของแก๊ส A

วิธีคิด สภาวะ : $P = 1 \text{ atm}$ $T = 273 \text{ K}$ $R = 0.082 \text{ l.atm K}^{-1}\text{mol}^{-1}$

$$V = 8 \text{ dm}^3(\text{l}) \quad m = 19.2 \text{ g} \quad M = ?$$

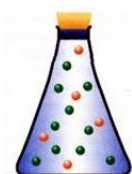
จากกฎของแก๊สอุดมคติ $PV = nRT \longrightarrow PV = \frac{g}{M} RT$

แทนค่าในสมการ $1 \text{ atm} \times 8 (\text{l}) = \frac{19.2 \text{ g}}{M} \times 0.082 \text{ l.atm K}^{-1}\text{mol}^{-1} \times 273 \text{ K}$

$$M = \frac{19.2 \text{ g} \times 0.082 \text{ l.atm K}^{-1}\text{mol}^{-1} \times 273 \text{ K}}{1 \text{ atm} \times 8 (\text{l})}$$

$$V = 53.72$$

ดังนั้น ถ้าแก๊ส A 8 dm^3 ที่ STP มีมวล 19.2 g จะมีมวลโมเลกุล 53.72



9. ภาชนะใบหนึ่งมีขนาด 2.0 dm^3 บรรจุแก๊สไนโตรเจน 0.2 mol และแก๊สออกซิเจน 0.4 mol ที่อุณหภูมิ 400 K จงหาความดันย่อยของแก๊สทั้งสองและความดันรวม

วิธีคิด สภาวะ N_2 : $T = 273 \text{ K}$ $V = 2.0 \text{ dm}^3(\text{l})$ $n = 0.2 \text{ mol}$

$$K = 400 \text{ K} \quad R = 0.082 \text{ l.atm K}^{-1}\text{mol}^{-1} \quad P = ? \text{ atm}$$

จากกฎของแก๊สอุดมคติ $PV = nRT$ $P = n \frac{RT}{V}$

แทนค่าในสมการ $P = \frac{0.2 \text{ mol} \times 0.082 \text{ l.atm K}^{-1}\text{mol}^{-1} \times 400 \text{ K}}{2 \text{ dm}^3(\text{l})}$

$$P = 3.28 \text{ atm}$$

สภาวะ O_2 : $T = 273 \text{ K}$ $V = 2.0 \text{ dm}^3(\text{l})$ $n = 0.4 \text{ mol}$

$$K = 400 \text{ K} \quad R = 0.0821 \text{ l.atm K}^{-1}\text{mol}^{-1} \quad P = ? \text{ atm}$$

จากกฎของแก๊สอุดมคติ $PV = nRT$ $P = n \frac{RT}{V}$

แทนค่าในสมการ $P = \frac{0.4 \text{ mol} \times 0.082 \text{ l.atm K}^{-1}\text{mol}^{-1} \times 400 \text{ K}}{2 \text{ dm}^3(\text{l})}$

$$P = 6.56 \text{ atm}$$

ดังนั้น ความดันรวมเท่ากับ $3.28 \text{ atm} + 6.56 \text{ atm} = 9.84 \text{ atm}$

10. จงยกตัวอย่างอุปกรณ์เครื่องใช้ หรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำที่มีความสัมพันธ์กับทฤษฎีหรือกฎของแก๊ส พร้อมอธิบาย

ตัวอย่าง 1. ลูกบิ๊งปองที่บุบกลับมากลมใหม่ เมื่อเอาไปต้มเนื่องจากเมื่ออุณหภูมิเพิ่มแก๊สจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นตามกฎของชาร์ล

2. การระเบิดของถังแก๊สเมื่อถูกไฟไหม้

เนื่องจากเมื่อถังแก๊สได้รับความร้อนถังแก๊สจะมีความดันเพิ่มขึ้นทำให้ถังระเบิดได้ตามกฎของเกย์ลูสแซก

*** ให้พิจารณาคำตอบของนักเรียน

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	รหัสวิชา ว30222	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เรื่อง สมบัติของแก๊ส	จำนวน 10 ข้อ	คะแนน 10 คะแนน

ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
1		X			6		X		
2		X			7		X		
3			X		8			X	
4	X				9		X		
5			X		10				X

บรรณานุกรม

- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2551). **80 นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ**. กรุงเทพฯ : แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น
- ดวงฤดี ศุภติมีสโร. (2556). **เคมีพื้นฐาน**. กรุงเทพฯ : บริษัท ทริบพีล กรุ๊ป จำกัด.
- พินิติ รตะนานุกูล และคณะ. (2550). **โครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มุลนิธิ สอวน**. กรุงเทพฯ : บริษัทด้านสุทธาการพิมพ์ จำกัด.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). **หนังสือแบบเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.
- _____. (2556). **คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมเคมี เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.
- สมพงศ์ จันทโรไพศรี. (2537). **เคมี ม.4 เล่มรวม 1-2**. กรุงเทพฯ : บริษัท ไฮเอ็ดพับลิชชิง จำกัด.
- สันทัต ศิริอนันต์ไพบูลย์ และชนิษฐา ชัยรัตน์าวรรณ. 2549. **เคมีวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ. พรินติ้ง.
- สำราญ พุกฤษสุนทร. (2555). **คู่มือรายวิชาเพิ่มเติม เคมี ม.4-6**. กรุงเทพฯ : บริษัท สำนักพิมพ์ พ.ศ. พัฒนา.
- สุคนธ์ สิ้นรพานนท์. (2551). **นวัตกรรมการสอน**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : 9119 เทคนิควรรณ.
- Burns, R. A. (1999). **Fundamentals of Chemistry**. 3rd ed. New Jersey : Inc Prentice - Hall.
- Hassell, C. A. and Stasko, D. J. (2007). **Chemistry Principles, Patterns, and Applications**. San Francisco : Inc Pearson Education.
- Kotz, J. C., Treichel, P.M., & Harman, P. A. (2009). **Chemistry and Chemical Reactivity**. USA : Thomson higher Education.
- Malone, L. J. (2001). **Basic Concepts of Chemistry**. New York : Inc Wiley & Sons
- กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร (V) กับอุณหภูมิเคลวิน (K). (2557). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.askiitians.com/iit-jee-states-of-matter/gas-laws-and-properties-of-gases/>
- การขยายตัวของโคมลอยเมื่อได้รับความร้อน. (2557). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.manager.co.th/QOL/ViewNews.aspx?NewsID=9580000007030>
- การเคลื่อนที่ของโมเลกุลแก๊ส. (2557). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=36143
- ความสัมพันธ์ระหว่าง P กับ 1/V (หรือ V กับ 1/P). (2557). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.askiitians.com/iit-jee-states-of-matter/gas-laws-and-properties-of-gases/>

- ความสัมพันธ์ระหว่าง P กับ V เมื่อ T และ n คงที่. (2557). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.askiitians.com/iit-jee-states-of-matter/gas-laws-and-properties-of-gases/>
- จอห์น ดาลตัน. (2557). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://world-scientist.blogspot.com/2011/11/john-dalton.html>
- จากส์ ชาร์ล. (2557). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://chemistryhungergames.weebly.com/district-6---gases.html>
- โซแซฟ-ลุย เกย์-ลุสแซก. (2557). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://chemistryhungergames.weebly.com/district-6---gases.html>
- โรเบิร์ต บอยล์. (2557). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://chemistryhungergames.weebly.com/district-6---gases.html>
- ลูกโป่งที่บุบกลับมากลมใหม่เมื่อเอาไปต้ม. (2557). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://kruchote.blogspot.com/1989_07_01_archive.html
- อนุภาคแก๊สอุดมคติมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับขนาดของภาชนะ. (2557). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.docstoc.com/docs/116195446/Ideal-Gas-Law-from-Kinetic-Theory>
- อาเมเดโอ อาโวกาโดร. (2557). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/Avogadro.html>