ภาคผนวก

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

Prince of Songkla University
Pattani Campus

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เรื่อง ผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนในสังคมพหุวัฒนธรรม

แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ในสังคมพหุวัฒนธรรม, แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

1. ดร.แวอาแซ แวหามะ	อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
2. ดร.อุสมาน สารี	อาจารย์ประจำโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
3. อาจารย์ทรงธรรม แก้วประถม	อาจารย์ประจำโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
4. อาจารย์ฮามีด๊ะ มูสอ	อาจารย์ประจำโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
5. อาจารย์อดุลย์ ณ ระนอง	ครูประจำโรงเรียนห้วยยอด อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี แบบสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ และแบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร. ชิดชนก เชิงเชาว์	อาจารย์ประจำภาควิชาประเมินผลและวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อาฟีฟี ลาเต๊ะ	อาจารย์ประจำภาควิชาประเมินผลและวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
3. ดร.บุญญิสา แซ่หล่อ	อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
4. อาจารย์ยุพาวัฒน์ อุ้มชูวัฒนา	อาจารย์ประจำภาควิชาประเมินผลและวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
5. อาจารย์รอฮานา ซนีเย็ง	อาจารย์ประจำภาควิชาประเมินผลและวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้
แผนการจัดการเรียนรู้

Prince of Songkla University
Pattani Campus

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายวิชา เคมีเพิ่มเติม ชั้นปีที่สอน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส จำนวน 3 คาบ

มาตรฐานการเรียนรู้

ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดช่วงชั้น

ว 3.1 ม.4-6/4 วิเคราะห์และอธิบายการเกิดพันธะเคมีในโครงสร้างผลึก และในโมเลกุลของสาร

ความเข้าใจที่คงทน

1. สารในธรรมชาติปรากฏอยู่ในสถานะแตกต่างกันคือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส
2. ของแข็งมีสมบัติเฉพาะตัวที่สำคัญหลายประการ กล่าวคือ มีรูปร่างแน่นอนไม่ขึ้นอยู่กับภาชนะที่บรรจุ มีปริมาตรคงที่ที่อุณหภูมิและความดันคงที่ ไม่สามารถไหลได้ในภาวะปกติ เนื่องจากอนุภาคของของแข็งอยู่ชิดกันมาก การจัดเรียงอนุภาคอยู่ในตำแหน่งที่แน่นอน

เป้าหมายการเรียนรู้

1.1 ด้านความรู้ความคิด
- สามารถอธิบายเหตุผลที่ธาตุบางชนิดปรากฏอยู่ในรูปต่างๆกันได้
- สามารถยกตัวอย่างธาตุที่ปรากฏอยู่ได้หลายรูป พร้อมทั้งบอกสมบัติของแต่ละรูปได้
- สามารถอธิบายสมบัติบางประการของของแข็งบางชนิดกับการนำไปใช้ประโยชน์

1.2 ด้านกระบวนการ
- ทักษะการเชื่อมโยงเนื้อหา
- ทักษะการตอบคำถาม
- ทักษะการใช้เครื่องมือการทดลอง

1.3 ด้านคุณลักษณะ
- การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล คิดวิเคราะห์ และสังเคราะห์

Prince of Songkla University Pattani Campus

สาระการเรียนรู้

สมบัติของของแข็ง

แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร พบว่าของแข็งมีสมบัติหลายประการดังนี้

1. สารชนิดเดียวกันเมื่ออยู่ในสถานะของแข็งจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมากกว่าของเหลวและแก๊ส

2. ของแข็งมีรูปร่างแน่นอนไม่ขึ้นกับภาชนะที่บรรจุ มีปริมาตรคงที่ ไม่สามารถไหลได้ เนื่องจากอนุภาคอยู่ชิดกันมาก การจัดเรียงอนุภาคอยู่ในตำแหน่งที่แน่นอน

3. ของแข็งแพร่ได้ช้ามากเมื่อเปรียบเทียบกับของเหลวและแก๊ส

4. ของแข็งบางชนิดเป็นตัวนำความร้อนและตัวนำไฟฟ้า บางชนิดเป็นสารกึ่งตัวนำ และบางชนิดเป็นฉนวน

5. ของแข็งบางชนิดสามารถจัดเรียงตัวเป็นรูปทรงเรขาคณิตที่แน่นอน เรียกว่า **ผลึก** (Crystal) บางชนิดอาจจะมีผลึกได้หลายแบบ และบางชนิดไม่สามารถเกิดผลึกได้ เรียกว่า **ของแข็งอสัณฐาน** (Amorphous solid)

การจัดเรียงอนุภาคของของแข็ง

ของแข็งที่เกิดจากการเรียงอนุภาคอย่างเป็นระเบียบ มีรูปร่างเฉพาะตัวเรียกว่าผลึก ผลึกของของแข็งแต่ละชนิดจะมีผิวหน้าที่เรียบ ซึ่งทำมุมกันด้วยค่าที่แน่นอน เป็นลักษณะเฉพาะตัว ผลึกที่มีขนาดใหญ่ๆ เมื่อทำให้ผลึกเล็กลง เช่นโดยการบด ส่วนเล็กๆจะยังคงรักษารูปผลึกเป็นแบบเดิมอยู่ โดยทั่วไปของแข็งชนิดเดียวกันจะมีการจัดเรียงอนุภาคเป็นแบบเดียวกันไม่ว่าของแข็งนั้นจะเกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือสังเคราะห์ขึ้น ผลึกของของแข็งจะมีจุดหลอมเหลวคงที่ และมีช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลวสั้น

การที่ของแข็งมีการจัดเรียงโมเลกุลต่างกัน ทำให้เกิดผลึกที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลให้สมบัติทางกายภาพ เช่น จุดเดือด จุดหลอมเหลว และความหนาแน่นแตกต่างกัน

- ในกรณีที่ของแข็งชนิดหนึ่งมีผลึกได้หลายแบบ เรียกว่า **มีรูป** (Polymorphism)
- ในกรณีที่ธาตุชนิดเดียวกันแต่มีการจัดเรียงโครงสร้างของโมเลกุลหรือโครงสร้างของผลึกต่างกัน ก็เรียกว่ารูป (Allotrope)

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม

ครูตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน โดยใช้คำถามดังนี้

1. เกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกสารคืออะไร
2. สถานะของสารมีกี่สถานะ อะไรบ้าง
3. จงบอกความแตกต่างของสารแต่ละสถานะ

2. ขั้นกิจกรรมเร้าความสนใจ

ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างสิ่งที่อยู่ในห้องเรียนที่อยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส เริ่มบทเรียนเรื่องของแข็ง พร้อมทั้งแจกอุปกรณ์(หินที่มีลักษณะแตกต่างกัน) โดยตั้งคำถาม ให้นักเรียนบอกความเหมือนหรือความแตกต่างจากสิ่งที่นักเรียนเห็น ซึ่งควรได้ข้อสรุปว่า มีความแข็งเหมือนกัน

Prince of Songkla University Pattani Campus

สิ่งที่แตกต่างกันคือสี ขนาด จากนั้นครูเปิดประเด็นการเรียนรู้เกี่ยวกับของแข็งว่า นักเรียนคิดว่าสารชนิดเดียวกันจะปรากฏในรูปที่แตกต่างกันได้หรือไม่ อย่างไร

3. ขั้นสำรวจและค้นหา

ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 5-6 คน แต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนเก่ง ปานกลาง อ่อน คละกัน และแบ่งสมาชิกในกลุ่มให้มีความแตกต่างด้านภาษาที่ใช้ในการสื่อสาร ให้นักเรียนทำกิจกรรมตามใบงานที่ 1 การศึกษารูปผลึกกำมะถัน และให้สมาชิกกำหนดหน้าที่กันเองในกลุ่ม

ขั้นที่ 1 อ่านขั้นตอนการทดลองและบอกวิธีการทดลองตามลำดับ
ขั้นที่ 2 รับอุปกรณ์ สารเคมี สำหรับการทดลอง
ขั้นที่ 3 จัดเตรียมอุปกรณ์ ดำเนินการทดลอง
ขั้นที่ 4 บันทึกข้อมูล ผลการทดลอง

หลังจากการทดลอง ครูให้นักเรียนได้สืบค้นเพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิดของผลึก

4. ขั้นอธิบาย

ตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองของกลุ่มตนเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับกลุ่มอื่นๆ

ให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ อภิปรายผลการทดลองโดยใช้คำถาม

- ลักษณะที่ปรากฏของกำมะถันก่อนและหลังการทดลองแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
- จากผลการทดลองได้ผลึกกำมะถันกี่รูป และมีลักษณะอย่างไร

ให้นักเรียนเปรียบเทียบผลึกที่เตรียมได้กับรูปผลึกกำมะถันซึ่งมีรูปทรงเรขาคณิตที่ชัดเจน แล้วอภิปรายร่วมกันถึงสาเหตุที่ธาตุบางธาตุอาจมีหลายรูป ทำให้มีสมบัติแตกต่างกัน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน

ครูนำรูปโครงสร้างของธาตุให้นักเรียนดู และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการจัดเรียงอนุภาคในของแข็ง เช่น กำมะถัน คาร์บอน ฟอสฟอรัส ซึ่งมีการจัดเรียงอนุภาคภายในโมเลกุลแตกต่างกัน ทำให้ปรากฏอยู่ได้หลายรูปต่างๆกัน

หลังจากให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลชนิดของผลึกแล้ว ใช้ข้อมูลประกอบการอภิปรายว่า ถ้าพิจารณาชนิดของพันธะหรือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคเป็นเกณฑ์จะจำแนกผลึกได้เป็น 4 ชนิดซึ่งมีสมบัติแตกต่างกัน และอภิปรายถึงของแข็งที่ไม่มีรูปผลึกหรือของแข็งอสัณฐาน เนื่องจากมีการจัดเรียงอนุภาคภายในไม่เป็นระเบียบจึงมีรูปร่างและสมบัติแตกต่างออกไป

5. ขั้นขยายความคิด

ครูถามคำถามเพิ่มเติม หากนำน้ำแข็งวางตรงบริเวณที่มีแดด และวางลูกเหม็นวางตรงบริเวณที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ให้นักเรียนศึกษาการเปลี่ยนสถานะของของแข็ง โดยการหลอมเหลวและการระเหิด แล้วอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับความหมายของการหลอมเหลวและการระเหิด

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาเนื้อหา ทำแบบฝึกหัด และกำหนดหน้าที่กันเองในกลุ่ม

ขั้นที่ 1 อ่านคำถาม วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ถาม
ขั้นที่ 2 ดำเนินการอภิปรายระดมความคิด วิเคราะห์แนวทางคำถาม และอธิบายคำตอบตามโจทย์ต้องการ

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นที่ 3 เขียนคำตอบ

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบและความถูกต้อง

6. ขั้นประเมินผล

ตรวจสอบความถูกต้อง ตอบคำถามข้อสงสัยต่างๆ และให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มทำใบงาน โดยครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนในระหว่างการทำกิจกรรม ทั้งการตอบคำถาม การทำการทดลอง และรายงานผลการทดลอง

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้

ครูถามคำถามเพิ่มเติมเพื่อขยายความคิดรวบยอดของนักเรียน ดังนี้

นักเรียนสามารถนำความรู้เกี่ยวกับของแข็งไปใช้ในชีวิตประจำวันอะไรได้บ้าง ให้นักเรียนอธิบายโดยสรุปเป็นแผนผังความคิด

สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

- หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมของสสวท.
- ใบความรู้ เรื่อง ของแข็ง
- ใบงานที่ 1 การศึกษารูปผลึกกำมะถัน
- แบบฝึกหัด เรื่อง ของแข็ง
- วัสดุอุปกรณ์ตามใบงาน
- ห้องสมุด อินเทอร์เน็ต

วิธีการวัดและประเมินผล

- สังเกตพฤติกรรม
- สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติการทดลอง
- ตรวจรายงานการทดลอง
- ตรวจแบบฝึกหัด

เครื่องมือวัดและประเมินผล

- แบบประเมินการปฏิบัติการทดลอง
- แบบประเมินรายงานการทดลอง
- แบบประเมินพฤติกรรม
- แบบฝึกหัด

เกณฑ์การวัดผลประเมินผล

- ประเมินการปฏิบัติการทดลอง ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
- ประเมินรายงานการทดลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
- ประเมินพฤติกรรม ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
- ตรวจแบบฝึกหัด ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

Prince of Songkla University Pattani Campus

บันทึกหลังการสอน

ผลการสอน

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาววิดาด หะยีตาเฮร์)

...../...../.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

ใบความรู้
เรื่อง ของแข็ง

สมบัติของของแข็ง สมบัติสำคัญคือ รูปร่างและปริมาตรคงที่ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของของแข็งมีค่ามาก ของแข็งจึงไหลไม่ได้เหมือนของเหลว และอัดไม่ได้เหมือนแก๊ส ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นผลึก อนุภาคของของแข็งมีการจัดเรียง มีรูปทรงเรขาคณิตที่แน่นอนหลายแบบ อนุภาคของของแข็งมีพลังงานจลน์น้อยมาก แต่ก็ยังสั่นได้ เนื่องจากอนุภาคของของแข็งอยู่ชิดกันมากกว่าของเหลว และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของของแข็งมีมากกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของของเหลว ของแข็งจึงมีรูปร่างแน่นอน ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะที่บรรจุ ของแข็งบางชนิดระเหิดได้ เช่น แนพทาลีน โดยเกิดที่ผิวหน้าของของแข็ง

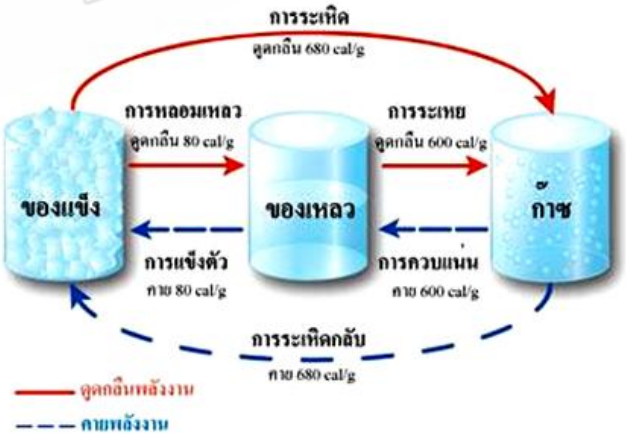
การจัดเรียงอนุภาคในของแข็ง กำมะถันมอนอคลินิก ผลึกเป็นรูปเข็ม คงตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า 96 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิปกติ กำมะถันมอนอคลินิกจะเปลี่ยนรูปมาเป็นกำมะถันรอมบิก ผลึกเป็นรูปเหลี่ยม ซึ่งคงตัวที่อุณหภูมิปกติ กำมะถันทั้งสองรูปมีสูตรโมเลกุลเป็น S_8 เหมือนกันละลายในโทลูอีน การที่มีการจัดเรียงโมเลกุลต่างกัน จึงทำให้มีรูปผลึกต่างกัน และสมบัติอื่น ๆ ต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงของกำมะถันเมื่อได้รับความร้อน

ผงกำมะถัน $\xrightarrow{\Delta}$ ของเหลว $\xrightarrow{\Delta}$ หนืด $\xrightarrow{\Delta}$ หนืดน้อยลง $\xrightarrow{\Delta}$ ไอ (S_8)

การเปลี่ยนสถานะของของแข็ง

ของแข็งจะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เรียกว่า การหลอมเหลว และของแข็งเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส เรียกว่า การระเหิด เช่น การกลายเป็นก๊าซของลูกเหม็น เป็นต้น



การจัดเรียงอนุภาคในของแข็ง

ของแข็งบางชนิดเป็นธาตุเดียวกัน มีสัญลักษณ์และสมบัติทางเคมีเหมือนกัน แต่สมบัติทางกายภาพต่างกัน เช่น จุดเดือด จุดหลอมเหลว ความหนาแน่น เป็นต้น ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า การเป็นอัญรูปและเรียกรูปต่างๆของธาตุเดียวกันนี้ว่า รูปของธาตุ

Prince of Songkla University Pattani Campus

สาเหตุที่ทำให้เกิดรูปต่างๆกัน

1. จำนวนอะตอมในโมเลกุลไม่เท่ากัน เช่น ออกซิเจน (O_2) กับโอโซน (O_3)

O_2 มี 2 อะตอม จับกันเป็นเส้นตรง O = O

O_3 มี 3 อะตอม ทำมุมกัน 120 องศา

2. จำนวนอะตอมในโมเลกุลเท่ากัน แต่การเรียงตัวของโมเลกุลในผลึกไม่เหมือนกัน

กำมะถัน 1 โมเลกุลมี 8 อะตอม (S_8) จะจัดเรียงอะตอมทั้ง 8 อะตอมเป็นรูปมงกุฎ โมเลกุลแต่ละโมเลกุลจะมีการเรียงตัวกันเป็นรูปผลึกต่างๆกัน คือเป็นรูปมอนอคลินิก (รูปเข็ม) และรูปรอมบิก (รูปเหลี่ยม)

ฟอสฟอรัส 1 โมเลกุลมี 4 อะตอม (P_4) มี 2 รูป คือ ฟอสฟอรัสขาวและแดง ฟอสฟอรัสทั้ง 4 อะตอม จะต่อกันเป็นรูปทรงเหลี่ยมสี่หน้า มีมุมระหว่างพันธะเป็น 109.5 องศาในฟอสฟอรัสขาว และต่อกันเป็นสายในฟอสฟอรัสแดง

3. การเรียงตัวของอะตอมในผลึกต่างกัน เช่น เพชรและแกรไฟต์ อะตอมของคาร์บอนในเพชรจะเรียงตัวกันเป็นผลึกในลักษณะ 3 มิติ ส่วนอะตอมของคาร์บอนในแกรไฟต์จะเรียงตัวกันเป็นแผ่นในระนาบเดียวกันแล้วแต่ละแผ่นเหล่านี้มาเรียงซ้อนกันอีกที

การจัดเรียงอะตอมหรือโมเลกุลต่างกันจะทำให้รูปร่างและสมบัติบางประการ เช่น จุดเดือด จุดหลอมเหลว และความหนาแน่นแตกต่างกันด้วย

สมบัติบางประการของรูปต่าง ๆ ของธาตุบางชนิด

ชื่อธาตุ	รูปของของแข็ง	ลักษณะภายนอก	จุดหลอมเหลว (°C)	จุดเดือด (°C)	ความหนาแน่น (g/cm^3)	สภาพนำไฟฟ้า
คาร์บอน	แกรไฟต์	ผงหรือแผ่นสีดำ	3,727**	3,642*	2.25	นำ
	เพชร	ผลึกรูปเหลี่ยม	สูงกว่า 3,550	4,827	3.51	ไม่นำ
	ฟุลเลอรีน	ผงสีดำ	--	--	--	ไม่นำ
ฟอสฟอรัส	ฟอสฟอรัสขาว	ก้อนสีขาว	44	280	1.82	ไม่นำ
	ฟอสฟอรัสแดง	ผงสีแดง	590**	417*	2.34	ไม่นำ
	ฟอสฟอรัสดำ	เกล็ดสีดำ	-	-	2.70	นำ
กำมะถัน	รอมบิก	ผลึกรูปเหลี่ยม สีเหลือง	112.80	444.67	2.07	ไม่นำ
	มอนอคลินิก	ผลึกรูปเข็ม สีเหลือง	119	444.67	1.96	ไม่นำ

* ระเหิด ** หลอมเหลวที่ความดัน 43 บรรยากาศ

- ไม่มีข้อมูล -- ขึ้นอยู่กับจำนวนคาร์บอนอะตอม

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตาราง แสดงชนิดและสมบัติบางประการของของแข็งที่อยู่ในรูปผลึก

ชนิดของผลึก	ชนิดของอนุภาคภายในผลึก	ชนิดของพันธะหรือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค	สมบัติทั่วไป	ตัวอย่างของของแข็ง
ผลึกโมเลกุล	โมเลกุลหรืออะตอม	โมเลกุลมีขั้ว - แรงดึงดูดระหว่างขั้ว - พันธะไฮโดรเจน โมเลกุลไม่มีขั้วหรืออะตอม - แรงลอนดอน	- อ่อนหรือแข็งปานกลางเปราะไม่มาก - จุดหลอมเหลวต่ำ - ไม่นำความร้อนและไฟฟ้า	โมเลกุลมีขั้ว - น้ำแข็ง - แอมโมเนีย โมเลกุลไม่มีขั้ว - น้ำแข็งแห้ง - แนฟทาลีน - กำมะถัน - ไอโอดีน
ผลึกโคเวเลนต์ร่างตาข่าย	อะตอม	พันธะโคเวเลนต์	- แข็ง - จุดหลอมเหลวสูง - ส่วนใหญ่ไม่นำความร้อนและไฟฟ้า	- เพชร - แกรไฟต์ - ควอตซ์
ผลึกโลหะ	อะตอม	พันธะโลหะ	- แข็ง - จุดหลอมเหลวสูง - นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี	- แมกนีเซียม - เหล็ก - ทองแดง - โซเดียม
ผลึกไอออนิก	ไอออน	พันธะไอออนิก	- แข็ง - จุดหลอมเหลวสูง - ไม่นำความร้อนและไฟฟ้า	- โพแทสเซียมไนเตรต - ซิลเวอร์คลอไรด์

Prince of Songkla University Pattani Campus

ใบงานที่ 1
การศึกษารูปผลึกกำมะถัน

คำชี้แจง

ให้นักเรียนทำการทดลองตามวิธีการทดลองต่อไปนี้ พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลองอภิปรายผล สรุปผลให้สมบูรณ์

ขั้นตอนการทดลอง

1. ใส่กำมะถันผง 0.1 g ในหลอดทดลองขนาดกลาง และเติมโทลูอีนลงไป 5 cm^3
2. อุ่นสารในข้อ 1 ในบีกเกอร์น้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 75 °C ใช้แท่งแก้วคนจนกำมะถันละลายหมด
3. ลดอุณหภูมิของสารละลายในข้อ 2 อย่างช้าๆ จนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง ขณะที่ลดอุณหภูมิยังคงแช่สารละลายอยู่ในบีกเกอร์น้ำร้อน สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลง
4. เทสารจากข้อ 3 ทั้งหมดลงบนกระจกนาฬิกาแล้วนำไปวางในที่ที่อากาศถ่ายเทได้ดี เพื่อให้โทลูอีนระเหยอย่างรวดเร็ว สังเกตลักษณะของกำมะถันที่เกิดขึ้นโดยใช้แว่นขยาย

และให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ อภิปรายผลการทดลองโดยใช้แนวคำถาม

- ลักษณะที่ปรากฏของกำมะถันก่อนและหลังการทดลองแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
- จากผลการทดลองได้ผลึกกำมะถันกี่รูป และมีลักษณะอย่างไร

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบฝึกหัด

1. จงบอกประเภทของผลึก ชนิดของอนุภาคภายในผลึก พันธะหรือแรงยึดเหนี่ยวสมบัติทั่วไปของของแข็งต่อไปนี้

ก. อะลูมิเนียม ข. ซิลิคอนคาร์ไบด์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จงยกตัวอย่างของแข็งอสัณฐานที่พบในชีวิตประจำวัน 2 ชนิด และอธิบายว่าเพราะเหตุใดจึงเป็นของแข็งอสัณฐาน

.....

.....

.....

3. กระบวนการการระเหิดเกิดขึ้นกับสารในสถานะใด จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ถ้าต้องการแยกแนฟทาลีนออกจากของผสมที่มีแนฟทาลีนปนอยู่กับเกลือแกง จะทำได้หรือไม่อย่างไร

.....

.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายวิชา เคมีเพิ่มเติม ชั้นปีที่สอน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส จำนวน 3 คาบ

มาตรฐานการเรียนรู้

ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดช่วงชั้น

ว 3.1 ม.4-6/5 สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือด จุดหลอมเหลว และสถานะของสารกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร

ความเข้าใจที่คงทน

สารในสถานะของเหลวแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยกว่าของแข็ง อนุภาคของเหลวจึงมีอิสระในการเคลื่อนที่มากกว่าของแข็ง ทำให้ของเหลวมีรูปร่างไม่แน่นอน เปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ แต่ยังมีปริมาตรคงที่ที่อุณหภูมิและความดันคงที่

เป้าหมายการเรียนรู้

1.1 ด้านความรู้ความคิด
- สามารถอธิบายสมบัติบางประการของของเหลวได้
- สามารถอธิบายเกี่ยวกับแรงดึงผิว และความตึงผิวของของเหลวได้
- สามารถอธิบายการระเหยของของเหลวได้
- สามารถอธิบายการเกิดความดันไอของของเหลวได้
- สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดกับความดันไอของของเหลวได้

1.2 ด้านกระบวนการ
- ทักษะการเชื่อมโยงเนื้อหา
- ทักษะการตอบคำถาม
- ทักษะการใช้เครื่องมือการทดลอง

1.3 ด้านคุณลักษณะ
- การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล คิดวิเคราะห์ และสังเคราะห์

Prince of Songkla University Pattani Campus

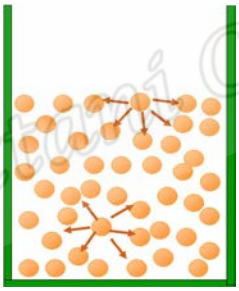
สาระการเรียนรู้

แรงดึงดูดระหว่างอนุภาคของของเหลวมีค่ามากกว่าแก๊ส แต่น้อยกว่าของแข็ง ดังนั้น ของเหลวจึงประกอบด้วยอนุภาคที่มีการจัดเรียงตัวเป็นระเบียบน้อยกว่า และไม่อยู่ชิดกันแน่นเหมือนของแข็ง อนุภาคสามารถเคลื่อนที่ได้ และไม่อยู่ในตำแหน่งที่คงที่ ของเหลวจึงไหลได้ ด้วยเหตุนี้ ของเหลวจึงมีรูปร่างไม่แน่นอน และรูปร่างจะเปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุเสมอ

สมบัติของของเหลว

ความตึงผิว (surface tension)

ถึงแม้โมเลกุลของของเหลวสามารถเคลื่อนที่ได้ตลอดเวลา ไม่หยุดนิ่ง แต่การเคลื่อนที่ของแต่ละโมเลกุลก็จะขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดและอิทธิพลของโมเลกุลอื่นๆ ที่อยู่ข้างเคียงด้วยเช่นกัน เมื่อพิจารณาโมเลกุลเพียงหนึ่งโมเลกุลที่ถูกล้อมรอบด้วยโมเลกุลอื่นๆ พบว่า โมเลกุลที่อยู่ภายในของของเหลวจะได้รับแรงดึงดูดจากโมเลกุลอื่นๆที่อยู่ล้อมรอบเท่ากันทุกทิศทาง ในขณะที่โมเลกุลที่อยู่ที่บริเวณผิวหน้าของของเหลว จะได้รับแรงดึงดูดเฉพาะโมเลกุลที่อยู่ด้านข้างและด้านล่างเท่านั้น โมเลกุลที่อยู่บริเวณผิวหน้าจึงมีเสถียรภาพน้อยกว่าโมเลกุลที่อยู่ภายใน ดังนั้นการลดพื้นที่ผิวของของเหลวจึงเป็นการลดจำนวนโมเลกุลที่บริเวณผิว ซึ่งจะทำให้ของเหลวมีเสถียรภาพมากขึ้น โดยทั่วไปแล้ว พบว่าความตึงผิวของของเหลวจะแปรผันตรงกับแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของของเหลว ยิ่งแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมาก ความตึงผิวของของเหลวยิ่งมีค่าเพิ่มสูงขึ้น หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ยิ่งของเหลวมีความหนืดมาก ความตึงผิวก็ยิ่งมีค่าสูงมาก



รูปภาพ โมเลกุลใต้พื้นผิวของของเหลวมีแรงกระทำระหว่างกันในทุกทิศทาง ขณะที่โมเลกุลที่พื้นผิวมีแรงกระทำจากด้านล่างเท่านั้น ซึ่งจะทำให้มีแรงตึงผิวเข้าสู่ศูนย์กลาง

การระเหย (evaporation)

จากที่ได้ทราบมาแล้วว่า โมเลกุลของของเหลวไม่ได้อยู่นิ่งกับที่ แต่จะเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา แสดงว่าโมเลกุลของของเหลวแต่ละโมเลกุลจะต้องมีความเร็ว หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือ โมเลกุลของเหลวมีพลังงานจลน์ เมื่อโมเลกุลมีการเคลื่อนที่ ย่อมจะทำให้เกิดการชนกันของโมเลกุลที่อยู่ในของเหลว สิ่งที่เกิดขึ้นคือ ทำให้โมเลกุลของของเหลวมีการถ่ายโอนพลังงานซึ่งกันและกัน หลังจากที่เกิดการชนของโมเลกุล อาจจะทำให้โมเลกุลหนึ่งมีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น และอีกโมเลกุลหนึ่งอาจจะมีพลังงานจลน์ลดลง ซึ่งในที่สุด จะทำให้แต่ละโมเลกุลของของเหลวที่มีพลังงานจลน์สูง เอาชนะแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล และในที่สุดจะหลุดออกไปจากผิวหน้าของของเหลว และกลายเป็นแก๊ส เรียกกระบวนการการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นแก๊สว่า การระเหย (evaporation)

Prince of Songkla University Pattani Campus

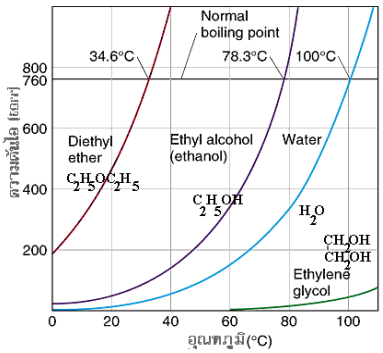
โดยทั่วไปในของเหลวชนิดเดียวกัน เมื่ออุณหภูมิของของเหลวสูงขึ้นจะทำให้อัตราการระเหยเร็วกว่าของเหลวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เมื่อโมเลกุลระเหยหลุดออกไป สิ่งที่เปลี่ยนแปลง คือ จะทำให้พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลที่เหลือมีค่าลดลง และทำให้อุณหภูมิของของเหลวลดลงตามไปด้วย เพราะพลังงานความร้อนส่วนหนึ่งถูกใช้กับการระเหย เหมือนปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นกับมนุษย์ เมื่อเรารู้สึกร้อน โดยธรรมชาติแล้วร่างกายคนเราจะขับเหงื่อออกมา องค์ประกอบหลักที่อยู่ในเหงื่อ จะประกอบไปด้วยโมเลกุลของน้ำและเกลือ เมื่อพิจารณาที่หยดเหงื่อ (บนหัวไหล่) จะเห็นว่าเมื่อหยดน้ำดูดพลังงานความร้อนจากร่างกาย จะทำให้โมเลกุลของน้ำที่บริเวณผิว มีพลังงานจลน์สูงขึ้น โมเลกุลเหล่านี้จะระเหย โดยเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นแก๊ส (ไอน้ำ) เนื่องจากความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ มีค่าเท่ากับ 40.79 kJ/mol พลังงานความร้อนที่ถูกโมเลกุลของน้ำในหยดเหงื่อใช้ไปในกระบวนการระเหย จึงถูกดึงออกไปพร้อมๆกับการระเหยของไอน้ำ สิ่งที่เกิดขึ้นก็คือ ทำให้อุณหภูมิของร่างกายลดลง รู้สึกเย็น และรู้สึกสดชื่น

ปัจจัยที่มีผลต่อการระเหย ได้แก่

1. อุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงของเหลวจะระเหยได้เร็ว แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำการระเหยจะช้า
2. พื้นที่ผิวของของเหลว เนื่องจากการระเหยเกิดเฉพาะผิวหน้าของของเหลว ดังนั้น ถ้าของเหลวมีพื้นที่ผิวมากจะระเหยเร็ว
3. ชนิดของของเหลว ของเหลวมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมาก จะระเหยได้ยากกว่าของเหลวที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อย
4. ความดันบรรยากาศ ถ้าความดันบรรยากาศต่ำ ของเหลวระเหยได้ดี

ความดันไอ

โดยทั่วไป เมื่อของเหลวหนึ่งๆ บรรจุอยู่ในภาชนะเปิด เมื่อทิ้งไว้ระยะหนึ่ง จะเห็นว่า ในที่สุดของเหลวนี้จะระเหยไปหมด ไม่มีของเหลวเหลืออยู่ แต่ถ้านำของเหลวไปบรรจุในภาชนะปิด โดยวางภาชนะนี้ไว้ในที่สภาวะเดียวกัน เมื่อทิ้งไว้ในระยะเวลาหนึ่งพบว่า มีไอซึ่งเกิดจากการระเหยปรากฏอยู่เหนือของเหลวนี้ ไอของโมเลกุลของเหลวที่อยู่เหนือของเหลวนี้จะวิ่งชนกับผนังของภาชนะ จึงทำให้เกิดความดัน ซึ่งเรียกว่า ความดันไอ (vapor pressure)



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความดันไอของของเหลวชนิดต่างๆ

ของเหลวแต่ละชนิดจะมีความดันไอไม่เท่ากัน โดยทั่วไป พบว่าถ้าแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลน้อย ความดันไอของของเหลวจะมีค่าสูง เพราะโมเลกุลของของเหลวสามารถระเหยได้ง่าย ในทางตรงกันข้าม ถ้าของเหลวมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมาก ความดันไอของของเหลวก็จะมีค่าน้อย

Prince of Songkla University Pattani Campus

จากกราฟ ถ้าพิจารณาความสัมพันธ์ในแง่ของความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับความดันไอ ผลที่ได้ ก็จะมีแนวโน้มเหมือนกับแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล พบว่า ถ้าความหนืดของของเหลวมาก ความดันไอจะต่ำ และในทางกลับกัน ถ้าความหนืดของของเหลวน้อย ความดันไอก็จะสูงดังนั้น จากกราฟ เราสามารถเรียงความดันไอลำดับของสารต่างๆ ได้ดังนี้

diethyl ether > ethyl alcohol > water > ethylene glycol

ความดันไอ คือ ความดันของไอที่อยู่เหนือของเหลวจะเข้าสู่สภาวะสมดุลเมื่อ

1. ระบบปิด
2. อัตราการระเหยเท่ากับอัตราการควบแน่นเรียกว่า สมดุลไดนามิก
3. สมบัติของระบบคงที่

ความดันของไอของของเหลวขึ้นอยู่กับ

1. ชนิดของของเหลว ถ้าของเหลวมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลสูง (จุดเดือดจะสูง) จะกลายเป็นไอได้ยาก ความดันไอต่ำ ในทางกลับกันของเหลวที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลต่ำจะมีความดันไอสูง
2. อุณหภูมิ ความดันไอจะแปรผันตามอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงจำนวนโมเลกุลที่มีพลังงานสูงจะเพิ่มขึ้น ทำให้ของเหลวกลายเป็นไอได้ง่าย ความดันไอสูง

จุดเดือดของของเหลว คือ อุณหภูมิที่ความดันไอของของเหลวเท่ากับความดันบรรยากาศ (ความดันบรรยากาศ = 760 มิลลิเมตรของปรอทหรือ 1 บรรยากาศ) หรือเรียกว่าจุดเดือดปกติ

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม

ครูซักถามเกี่ยวกับการจัดเรียงอนุภาคในของแข็ง ชนิดของผลึก แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล หรืออะตอมในของแข็ง ซึ่งทำให้ของแข็งอยู่เป็นผลึก ตลอดจนการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลในของแข็ง ทำให้เกิดการหลอมเหลว

2. ขั้นกิจกรรมเร้าความสนใจ

ครูสาธิตหยดหมึกลงในน้ำ แล้วให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลง แล้วร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคในของเหลว และการจัดเรียงอนุภาคของของเหลว ซึ่งสรุปได้ว่าของเหลวมีรูปร่างไม่คงที่จะเปลี่ยนไปตามภาชนะที่บรรจุ เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของของเหลวน้อยกว่าของแข็ง และของเหลวสามารถแพร่ได้ ดังตัวอย่างการแพร่ของน้ำหมึกในน้ำ

3. ขั้นสำรวจและค้นหา

ครูนำรูปหยดน้ำที่กลิ้งบนใบบัวให้นักเรียนดู และให้นักเรียนศึกษาและร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับความหมายของแรงดึงผิว ความตึงผิวของของเหลว แรงเชื่อมแน่น แรงยึดติด ซึ่งเป็นสมบัติอีกประการหนึ่งของของเหลว

ให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับการระเหย แล้วร่วมอภิปราย โดยใช้ประเด็น ดังนี้

- เมื่อตั้งภาชนะที่บรรจุของเหลวไว้ระยะเวลาหนึ่ง ปริมาตรของของเหลวในภาชนะจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

Prince of Songkla University Pattani Campus

- ขณะที่เหงื่อระเหยออกจากร่างกาย เราจะรู้สึกเย็นและถ้าอยู่ในที่ที่มีอากาศถ่ายเทได้ดีจะรู้สึกเย็นมากขึ้น เพราะเหตุใด
- มีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการระเหยของของเหลว
- การระเหยของของเหลวในภาชนะเปิดกับภาชนะปิด สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ร่วมกันอภิปรายเปรียบเทียบการระเหยของของเหลว ในระบบเปิดและระบบปิดว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันอย่างไร แล้วร่วมอภิปรายความหมายของความดันไอของของเหลว

ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 5-6 คน แต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนเก่ง ปานกลาง อ่อน คละกัน และแบ่งสมาชิกในกลุ่มให้มีความแตกต่างด้านภาษาที่ใช้ในการสื่อสาร ให้นักเรียนทำกิจกรรมตามใบงานที่ 2 การเปรียบเทียบความดันไอของของเหลว และให้สมาชิกกำหนดหน้าที่กันเองในกลุ่ม

ขั้นที่ 1 อ่านขั้นตอนการทดลองและบอกวิธีการทดลองตามลำดับ
ขั้นที่ 2 รับอุปกรณ์ สารเคมี สำหรับการทดลอง
ขั้นที่ 3 จัดเตรียมอุปกรณ์ ดำเนินการทดลอง
ขั้นที่ 4 บันทึกข้อมูล ผลการทดลอง

4. ขั้นอธิบาย

ตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองของกลุ่มตนเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับกลุ่มอื่นๆ

ให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ อภิปรายผลการทดลองโดยใช้คำถาม

- ที่อุณหภูมิ 40°C ระดับของของเหลวแต่ละชนิดในหลอดนำแก๊สแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
- เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60 °C ระดับของของเหลวแต่ละชนิดในหลอดนำแก๊สเปลี่ยนแปลงอย่างไร
- ความดันไอของของเหลวทั้ง 2 ชนิด เท่ากันหรือไม่ อย่างไร

อภิปรายสรุปร่วมกันอีกครั้งหนึ่ง ดังนี้

- เอทานอลมีความดันไอสูงกว่าน้ำ แสดงว่าเอทานอลมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อยกว่าน้ำ
- ที่อุณหภูมิเดียวกันของเหลวต่างชนิดกันจะมีความดันไอไม่เท่ากัน ของเหลวที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคจะกลายเป็นไอได้ง่ายจึงมีความดันไอสูง
- เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความดันไอของของเหลวจะเพิ่มขึ้น การเพิ่มอุณหภูมิทำให้โมเลกุลที่มีพลังงานสูงมีจำนวนเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ของเหลวกลายเป็นไอได้มากขึ้น
- ให้นักเรียนพิจารณากราฟแล้วร่วมอภิปรายถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความดันไอ แล้วร่วมอภิปรายความหมายของจุดเดือด จุดเดือดปกติ และความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดกับความดันไอ

5. ขั้นขยายความคิด

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาเนื้อหา ทำแบบฝึกหัด และกำหนดหน้าที่กันเองในกลุ่ม

ขั้นที่ 1 อ่านคำถาม วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ถาม
ขั้นที่ 2 ดำเนินการอภิปรายระดมความคิด วิเคราะห์แนวทางคำถาม และอธิบายคำตอบตามโจทย์ต้องการ

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นที่ 3 เขียนคำตอบ

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบและความถูกต้อง

6. ขั้นประเมินผล

ตรวจสอบความถูกต้อง ตอบคำถามข้อสงสัยต่าง ๆ และให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มทำใบงาน โดยครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนในระหว่างการทำกิจกรรม ทั้งการตอบคำถาม การทำการทดลอง และรายงานผลการทดลอง

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้

ครูถามคำถามเพิ่มเติมเพื่อขยายความคิดรวบยอดของนักเรียน

- นักเรียนคิดว่ามีสารที่ช่วยลดแรงตึงผิวหรือไม่ ถ้ามี ให้นักเรียนยกตัวอย่างสารในชีวิตประจำวันที่ช่วยลดแรงตึงผิว

ครูให้นักเรียนอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ที่เกี่ยวข้องกับสารในสถานะของเหลว โดยให้สรุปเป็นแผนผังความคิด

สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

- หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมของสสวท.
- ใบความรู้ เรื่อง ของเหลว
- ใบงานที่ 2 การเปรียบเทียบความดันไอของของเหลว
- แบบฝึกหัด เรื่อง ของเหลว
- วัสดุอุปกรณ์ตามใบงาน
- ห้องสมุด อินเทอร์เน็ต

การวัดและประเมินผล

วิธีการวัดและประเมินผล

- สังเกตพฤติกรรม
- สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติการทดลอง
- ตรวจรายงานการทดลอง
- ตรวจแบบฝึกหัด

เครื่องมือวัดและประเมินผล

- แบบประเมินการปฏิบัติการทดลอง
- แบบประเมินรายงานการทดลอง
- แบบประเมินพฤติกรรม
- แบบฝึกหัด

เกณฑ์การวัดผลประเมินผล

- ประเมินการปฏิบัติการทดลอง ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
- ประเมินรายงานการทดลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
- ประเมินพฤติกรรม ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
- ตรวจแบบฝึกหัด ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

Prince of Songkla University Pattani Campus

บันทึกหลังการสอน

ผลการสอน

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไข

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาววิดาด หะยีตาเฮร์)

...../...../.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

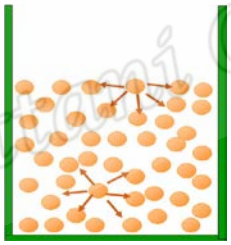
ใบความรู้
เรื่อง ของเหลว

แรงดึงดูดระหว่างอนุภาคของของเหลวมีค่ามากกว่าแก๊ส แต่น้อยกว่าของแข็ง ดังนั้น ของเหลวจึงประกอบด้วยอนุภาคที่มีการจัดเรียงตัวเป็นระเบียบน้อยกว่า และไม่อยู่ชิดกันแน่นเหมือนของแข็ง อนุภาคสามารถเคลื่อนที่ได้ และไม่อยู่ในตำแหน่งที่คงที่ ของเหลวจึงไหลได้ ด้วยเหตุนี้ ของเหลวจึงมีรูปร่างไม่แน่นอน และรูปร่างจะเปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุเสมอ

สมบัติของของเหลว

ความตึงผิว (surface tension)

ถึงแม้โมเลกุลของของเหลวสามารถเคลื่อนที่ได้ตลอดเวลา ไม่หยุดนิ่ง แต่การเคลื่อนที่ของแต่ละโมเลกุลก็จะขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดและอิทธิพลของโมเลกุลอื่นๆ ที่อยู่ข้างเคียงด้วยเช่นกัน เมื่อพิจารณาโมเลกุลเพียงหนึ่งโมเลกุลที่ถูกล้อมรอบด้วยโมเลกุลอื่นๆ พบว่า โมเลกุลที่อยู่ภายในของของเหลวจะได้รับแรงดึงดูดจากโมเลกุลอื่นๆ ที่อยู่ล้อมรอบเท่ากันทุกทิศทาง ในขณะที่โมเลกุลที่อยู่ที่บริเวณผิวหน้าของของเหลว จะได้รับแรงดึงดูดเฉพาะโมเลกุลที่อยู่ด้านข้างและด้านล่างเท่านั้น โมเลกุลที่อยู่บริเวณผิวหน้าจึงมีเสถียรภาพน้อยกว่าโมเลกุลที่อยู่ภายใน ดังนั้นการลดพื้นที่ผิวของของเหลวจึงเป็นการลดจำนวนโมเลกุลที่บริเวณผิว ซึ่งจะทำให้ของเหลวมีเสถียรภาพมากขึ้น โดยทั่วไปแล้ว พบว่าความตึงผิวของของเหลวจะแปรผันตรงกับแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของของเหลว ยิ่งแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมาก ความตึงผิวของของเหลวยิ่งมีค่าเพิ่มสูงขึ้น หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ยิ่งของเหลวมีความหนืดมาก ความตึงผิวก็ยิ่งมีค่าสูงมาก



รูปภาพ โมเลกุลใต้พื้นผิวของของเหลวมีแรงกระทำระหว่างกันในทุกทิศทาง ขณะที่โมเลกุลที่พื้นผิวมีแรงกระทำจากด้านล่างเท่านั้น ซึ่งจะทำให้มีแรงตึงผิวเข้าสู่ศูนย์กลาง

ชนิดของของเหลว	ความตึงผิว (N/m)
Benzene*	0.029
Blood (37°C)	0.058
Glycerin*	0.063
Mercury*	0.47
Water*	0.073
Water (100°C)	0.059

* ความตึงผิวของของเหลวที่อุณหภูมิ 20 °C

Prince of Songkla University Pattani Campus

การระเหย (Evaporation)

จากที่ได้ทราบมาแล้วว่า โมเลกุลของของเหลวไม่ได้อยู่นิ่งกับที่ แต่จะเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา แสดงว่าโมเลกุลของของเหลวแต่ละโมเลกุลจะต้องมีความเร็ว หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือ โมเลกุลของเหลวมีพลังงานจลน์ เมื่อโมเลกุลมีการเคลื่อนที่ ย่อมจะทำให้เกิดการชนกันของโมเลกุลที่อยู่ในของเหลว สิ่งที่เกิดขึ้นคือ ทำให้โมเลกุลของของเหลวมีการถ่ายโอนพลังงานซึ่งกันและกัน หลังจากที่เกิดการชนของโมเลกุล อาจจะทำให้โมเลกุลหนึ่งมีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น และอีกโมเลกุลหนึ่งอาจจะมีพลังงานจลน์ลดลง ซึ่งในที่สุด จะทำให้แต่ละโมเลกุลของของเหลวที่มีพลังงานจลน์สูง เอาชนะแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล และในที่สุดจะหลุดออกไปจากผิวหน้าของของเหลว และกลายเป็นแก๊ส เรียกกระบวนการการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นแก๊สว่า การ**ระเหย (evaporation)**

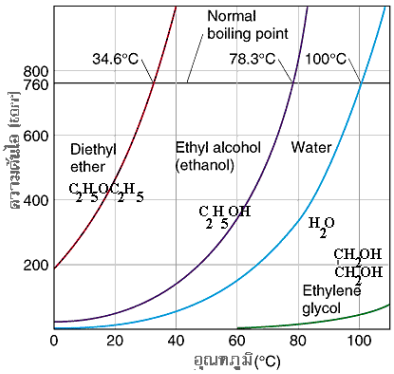
โดยทั่วไปในของเหลวชนิดเดียวกัน เมื่ออุณหภูมิของของเหลวสูงขึ้นจะทำให้อัตราการระเหยเร็วกว่าของเหลวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เมื่อโมเลกุลระเหยหลุดออกไป สิ่งที่เปลี่ยนแปลง คือ จะทำให้พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลที่เหลือมีค่าลดลง และทำให้อุณหภูมิของของเหลวลดลงตามไปด้วย เพราะพลังงานความร้อนส่วนหนึ่งถูกใช้กับการระเหย เหมือนปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นกับมนุษย์ เมื่อเรารู้สึกร้อน โดยธรรมชาติแล้วร่างกายคนเราจะขับเหงื่อออกมา องค์ประกอบหลักที่อยู่ในเหงื่อ จะประกอบไปด้วยโมเลกุลของน้ำและเกลือ เมื่อพิจารณาที่หยดเหงื่อ (บนหัวไหล่) จะเห็นว่าเมื่อหยดน้ำดูดพลังงานความร้อนจากร่างกาย จะทำให้โมเลกุลของน้ำที่บริเวณผิว มีพลังงานจลน์สูงขึ้น โมเลกุลเหล่านี้จะระเหย โดยเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นแก๊ส (ไอน้ำ) เนื่องจากความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ มีค่าเท่ากับ 40.79 kJ/mol พลังงานความร้อนที่ถูกโมเลกุลของน้ำในหยดเหงื่อใช้ไปในกระบวนการระเหย จึงถูกดึงออกไปพร้อมๆกับการระเหยของไอน้ำ สิ่งที่เกิดขึ้นก็คือ ทำให้อุณหภูมิของร่างกายลดลง รู้สึกเย็น และรู้สึกสดชื่น

ปัจจัยที่มีผลต่อการระเหย ได้แก่

1. อุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงของเหลวจะระเหยได้เร็ว แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำการระเหยจะช้า
2. พื้นที่ผิวของของเหลว เนื่องจากการระเหยเกิดเฉพาะผิวหน้าของของเหลว ดังนั้น ถ้าของเหลวมีพื้นที่ผิวมากจะระเหยเร็ว
3. ชนิดของของเหลว ของเหลวมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมาก จะระเหยได้ยากกว่าของเหลวที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อย
4. ความดันบรรยากาศ ถ้าความดันบรรยากาศต่ำ ของเหลวระเหยได้ดี

ความดันไอ

โดยทั่วไป เมื่อของเหลวหนึ่งๆ บรรจุอยู่ในภาชนะเปิด เมื่อทิ้งไว้ระยะหนึ่ง จะเห็นว่า ในที่สุดของเหลวนี้จะระเหยไปหมด ไม่มีของเหลวเหลืออยู่ แต่ถ้านำของเหลวไปบรรจุในภาชนะปิด โดยวางภาชนะนี้ไว้ในที่สภาวะเดียวกัน เมื่อทิ้งไว้ในระยะเวลาหนึ่งพบว่า มีไอซึ่งเกิดจากการระเหยปรากฏอยู่เหนือของเหลวนี้ ไอของโมเลกุลของเหลวที่อยู่เหนือของเหลวนี้จะวิ่งชนกับผนังของภาชนะ จึงทำให้เกิดความดัน ซึ่งเรียกว่า ความดันไอ (vapor pressure)



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความดันไอของของเหลวชนิดต่างๆ

ของเหลวแต่ละชนิดจะมีความดันไอไม่เท่ากัน โดยทั่วไป พบว่าถ้าแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลน้อย ความดันไอของของเหลวจะมีค่าสูง เพราะโมเลกุลของของเหลวสามารถระเหยได้ง่าย ในทางตรงกันข้าม ถ้าของเหลวมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมาก ความดันไอของของเหลวก็จะมีค่าน้อย

จากกราฟ ถ้าพิจารณาความสัมพันธ์ในแง่ของความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับความดันไอผลที่ได้ ก็จะมีแนวโน้มเหมือนกับแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล พบว่า ถ้าความหนืดของของเหลวมาก ความดันไอจะต่ำ และในทางกลับกัน ถ้าความหนืดของของเหลวน้อย ความดันไอก็จะสูงดังนั้น จากกราฟ เราสามารถเรียงความดันไอลำดับของสารต่างๆ ได้ดังนี้

diethyl ether > ethyl alcohol > water > ethylene glycol

ความดันไอ คือ ความดันของไอที่อยู่เหนือของเหลวจะเข้าสู่สภาวะสมดุลเมื่อ

1. ระบบปิด
2. อัตราการระเหยเท่ากับอัตราการควบแน่นเรียกว่า สมดุลไดนามิก
3. สมบัติของระบบคงที่

ความดันของไอของของเหลวขึ้นอยู่กับ

1. ชนิดของของเหลว ถ้าของเหลวมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลสูง (จุดเดือดจะสูง) จะกลายเป็นไอได้ยาก ความดันไอต่ำ ในทางกลับกันของเหลวที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลต่ำจะมีความดันไอสูง

2. อุณหภูมิ ความดันไอจะแปรผันตามอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงจำนวนโมเลกุลที่มีพลังงานสูงจะเพิ่มขึ้น ทำให้ของเหลวกลายเป็นไอได้ง่าย ความดันไอสูง

จุดเดือดของของเหลว คือ อุณหภูมิที่ความดันไอของของเหลวเท่ากับความดันบรรยากาศ (ความดันบรรยากาศ = 760 มิลลิเมตรของปรอทหรือ 1 บรรยากาศ) หรือเรียกว่าจุดเดือดปกติ

Prince of Songkla University Pattani Campus

ใบงานที่ 2
การเปรียบเทียบความดันไอของของเหลว

คำชี้แจง

ให้นักเรียนทำการทดลองตามวิธีการทดลองต่อไปนี้ พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง อภิปรายผล สรุปผลให้สมบูรณ์

ขั้นตอนการทดลอง

1. ใส่เอทานอล 3 cm^3 ลงในหลอดทดลองขนาดกลาง
2. ปิดหลอดทดลองด้วยจุกยางที่มีหลอดนำแก๊สเสียบอยู่ ให้ปลายหลอดนำแก๊สจุ่มอยู่ในของเหลว ปรับระดับของเหลวในหลอดนำแก๊สให้เท่ากับระดับของเหลวในหลอดทดลอง
3. นำหลอดทดลองจากข้อ 2 แช่ในบีกเกอร์น้ำร้อนที่มีอุณหภูมิประมาณ 40 °C สังเกตระดับของเหลวในหลอดนำแก๊สตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งของเหลวมีระดับคงที่ ปรับอุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์ในข้อ 3 ให้ได้ประมาณ 60 °C สังเกตระดับของเหลวในหลอดนำแก๊สอีกครั้ง
5. ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 - 4 แต่เปลี่ยนชนิดของเหลวจากเอทานอลเป็นน้ำ

คำถาม

1. ที่อุณหภูมิ 40 °C ระดับของของเหลวแต่ละชนิดในหลอดนำแก๊สแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
2. เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60 °C ระดับของของเหลวแต่ละชนิดในหลอดนำแก๊สเปลี่ยนแปลงอย่างไร
3. ความดันไอของของเหลวทั้ง 2 ชนิด เท่ากันหรือไม่ อย่างไร

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบฝึกหัด

1.

จากภาพข้างต้น ให้นักเรียนอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าว

.....

.....

.....

.....

2. จงอธิบายว่าความดันไอของของเหลวมีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลและอุณหภูมิอย่างไร

.....

.....

.....

.....

3. จงอธิบายว่าจุดเดือดของของเหลวมีความสัมพันธ์กับความดันบรรยากาศอย่างไร

.....

.....

4. ที่อุณหภูมิเดียวกัน ของเหลว ก ข ค ง และ จ มีความดันไอเป็น 0.11 0.03 0.014 0.07 และ 0.16 atm ตามลำดับ จงเรียงลำดับจุดเดือดของของเหลวเหล่านี้จากสูงไปต่ำ

.....

.....

.....

5. หลักการการระเหยของของเหลว ความดันไอของของเหลว นำไปใช้ประโยชน์ในชีวิต ประจำวันได้อย่างไรบ้าง จงยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายวิชา เคมีเพิ่มเติม ชั้นปีที่สอน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส จำนวน 3 คาบ

มาตรฐานการเรียนรู้

ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดช่วงชั้น

ว 3.1 ม.4-6/5 สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือด จุดหลอมเหลว และสถานะของสารกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร

ความเข้าใจที่คงทน

แก๊สมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยกว่าของเหลวและของแข็ง อนุภาคของแก๊สจึงอยู่ห่างกันมาก ทำให้ปริมาตรและรูปร่างไม่แน่นอนและเปลี่ยนไปตามภาชนะที่บรรจุ แก๊สมีสมบัติที่สำคัญคือ มีความดันและสามารถแพร่ได้ดี

เป้าหมายการเรียนรู้

1.1 ด้านความรู้ความคิด

- สามารถอธิบายสมบัติบางประการของแก๊สได้
- สามารถใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายสมบัติของแก๊สได้
- สามารถใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับความดันและปริมาตรกับอุณหภูมิของแก๊สได้
- สามารถอธิบายความสัมพันธ์และคำนวณหาปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมล หรือมวล โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล่านั้นตามกฎต่าง ๆ ของแก๊สได้

1.2 ด้านกระบวนการ

- ทักษะการเชื่อมโยงเนื้อหา
- ทักษะการตอบคำถาม
- ทักษะการใช้เครื่องมือการทดลอง

1.3 ด้านคุณลักษณะ

- การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล คิดวิเคราะห์ และสังเคราะห์

Prince of Songkla University Pattani Campus

สาระการเรียนรู้

สมบัติทั่วไปของแก๊ส

1. แก๊สมีรูปร่างและปริมาตรไม่แน่นอน เปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะที่บรรจุ เช่น ถ้าบรรจุในภาชนะทรงกลมมีขนาด 1 ลิตร เพราะแก๊สมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค (โมเลกุลหรืออะตอม) น้อยมาก จึงทำให้อนุภาคของแก๊สสามารถเคลื่อนที่หรือแพร่กระจายเต็มภาชนะที่บรรจุ

2. สารที่อยู่ในสถานะแก๊สมีความหนาแน่นน้อยกว่าเมื่ออยู่ในสถานะของเหลวและของแข็งมาก เช่น ไอน้ำ มีความหนาแน่น 0.0006 g/cm^3 แต่น้ำมีความหนาแน่นถึง 0.9584 g/cm^3 ที่ 100°C

3. แก๊สสามารถแพร่ได้ และแพร่ได้เร็ว เพราะแก๊สมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค (โมเลกุล) น้อยกว่าของเหลว และของแข็ง

4. แก๊สต่างๆ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เมื่อนำมาใส่ภาชนะเดียวกัน แก๊สแต่ละชนิดก็จะฟุ้งกระจายผสมกันอย่างสมบูรณ์ทุกส่วน นั่นคือส่วนผสมของแก๊สเป็นสารเนื้อเดียวและเป็นสารละลาย

5. แก๊สส่วนใหญ่ไม่มีสีและโปร่งใส เช่น แก๊สออกซิเจน (O_2) แก๊สไฮโดรเจน (H_2) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) แต่แก๊สบางชนิดมีสี เช่น แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) มีสีน้ำตาลแดง แก๊สคลอรีน (Cl_2) มีสีเขียวแกมเหลือง แก๊สโอโซน (O_3) ที่บริสุทธิ์มีสีน้ำเงินแก่ เป็นต้น

6. ปริมาตรของแก๊สขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความดัน และจำนวนโมล ดังนั้น เมื่อบอกปริมาตรของแก๊สจะต้องบอกอุณหภูมิ ความดัน และจำนวนโมลด้วย เช่น แก๊สออกซิเจน 1 โมล มีปริมาตร 22.4 dm^3 ที่อุณหภูมิ 0°C ความดัน 1 บรรยากาศ (STP)

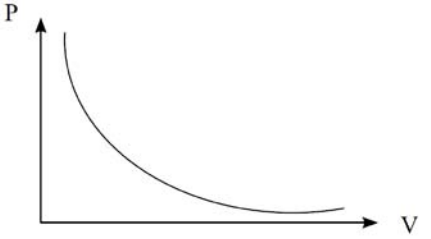
<u>กฎของแก๊ส</u>

เนื่องจากแก๊สมีสมบัติเปลี่ยนไปได้อย่างง่ายเมื่ออุณหภูมิ ปริมาตร หรือความดันของแก๊สเปลี่ยนไป ดังนั้น การศึกษาสมบัติของแก๊สจึงศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊สเป็นส่วนใหญ่ ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ย่อมเป็นไปตามกฎของแก๊สต่างๆ เช่น กฎของบอยล์ กฎของชาร์ลส์ กฎรวมแก๊ส ซึ่งเราจะได้ศึกษากันในระดับนี้ นอกจากนี้ยังมีกฎที่เกี่ยวข้องอีกคือ กฎของเกย์ลุสแซค, สมการสถานะ, กฎของความดันย่อยของดาลตัน เป็นต้น

กฎของบอยล์ (BOYLE'S LAW)

<u>นิยามกฎของบอยล์</u>

กฎของบอยล์ เป็นกฎที่ใช้อธิบายสมบัติของแก๊ส ที่เกี่ยวข้องกับปริมาตร (V) และความดัน (P) โดยโรเบิรต์ บอยล์ นักเคมีชาวอังกฤษ สรุปใจความได้ว่า "เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน"



นั่นคือ $V \propto \frac{1}{P}$ [T, n คงที่]

$PV = k$ [k = ค่าคงที่]

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาความดันหรือปริมาตร เมื่อภาวะใดภาวะหนึ่งเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิคงที่ และมวลของแก๊สจำนวนเดิม

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = k \longrightarrow \text{T, n คงที่}$$

เมื่อ P_1, P_2 เป็นความดันของแก๊ส (หน่วยต้องเหมือนกัน)

V_1, V_2 เป็นปริมาตรของแก๊ส (หน่วยต้องเหมือนกัน)

กฎของชาร์ลส์ (CHARL'S LAW)

<u>นิยามตามกฎของชาร์ลส์</u>

กฎของชาร์ลส์เป็นการอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊ส เมื่อความดันและมวลคงที่สรุปได้ว่า...

"เมื่อความดันและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน"

นั่นคือ $V \quad \alpha \quad T \quad$ [P, n คงที่]

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

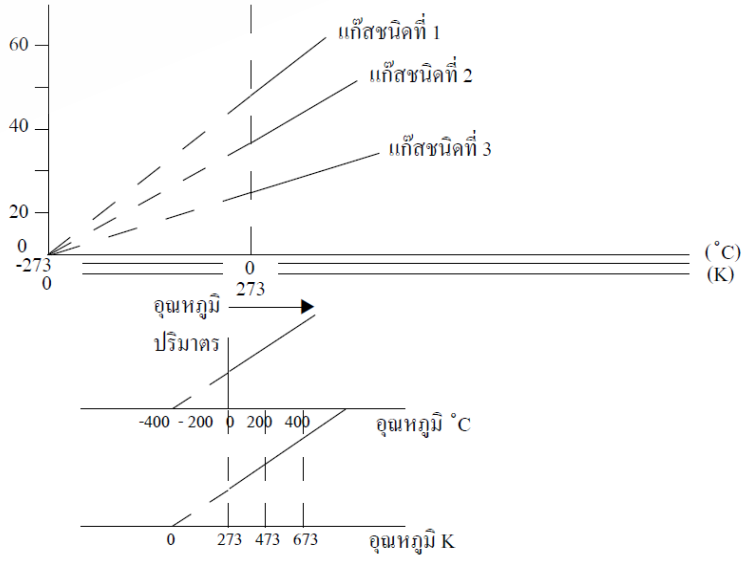
สูตรที่ใช้คำนวณเมื่อภาวะเปลี่ยนไปที่ความดันคงที่ ดังนี้

สูตร $$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \longrightarrow \text{P, n คงที่}$$

นอกจากนี้ยังพบว่า...

"เมื่ออุณหภูมิเพิ่มหรือลด 1°C ปริมาตรของแก๊สจะเปลี่ยนไป มีค่า $\frac{1}{273.25}$ เท่าของปริมาตรของแก๊สที่ 0°C"

ผลการทดลองของชาร์ลส์เขียนกราฟได้ดังนี้



ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊ส

Prince of Songkla University Pattani Campus

กฎของเกย์ลุสแซค (GAY-LUSSAC'S LAW)

กฎนี้เป็นไปในทำนองเดียวกับกฎของชาร์ลส์ และยังพบความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิของแก๊ส เมื่อให้ปริมาตรคงที่ บางทีเรียกกฎของเกย์ลุสแซคว่า กฎอามันตัน (Amonton's Law) กฎนี้สรุปได้ว่า...

"ความดันของแก๊สจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิเคลวินของแก๊ส เมื่อให้มวลและปริมาตรของแก๊สคงที่"

นั่นคือ $P \quad \alpha \quad T \quad$ [V, n คงที่]

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

ในทำนองเดียวกันก็สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้

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

เป็นสูตรที่ใช้คำนวณ เมื่อ มวลและ ปริมาตรแก๊สคงที่

กฎรวมของแก๊ส (COMBINE GAS LAW)

กฎรวมของแก๊สเป็นการนำเอากฎของบอยล์ และกฎของชาร์ลส์มารวมกัน ดังนี้

กฎของบอยล์ $V \quad \alpha \quad \frac{1}{P}$ [T, n คงที่]

กฎของชาร์ลส์ $V \quad \alpha \quad T$ [P, n คงที่]

เมื่อรวมกฎทั้งสองจะได้

$V \quad \alpha \quad \frac{1}{P}$ [n ค่าคงที่]

$\therefore \quad PV = kT$

$\frac{PV}{T} =$ ค่าคงที่

สมการนี้ใช้เมื่อภาวะต่างๆ เปลี่ยนแปลงไปทั้งหมด สูตรที่ใช้คำนวณ เมื่อภาวะเปลี่ยนไป ดังนี้

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

P_1, P_2 เป็นความดัน หน่วยใดก็ได้แต่ต้องเป็นหน่วยเดียวกัน

V_1, V_2 เป็นปริมาตร หน่วยใดก็ได้แต่ต้องเป็นหน่วยเดียวกัน

สมการสถานะของแก๊ส (EQUATION OF STATE)

จากกฎของอาโวกาโดรกล่าวว่า "ที่อุณหภูมิและความดันคงที่ปริมาตรของแก๊สใดๆ จะแปรผันตรงกับจำนวนโมเลกุลของแก๊สนั้นๆ" นั่นคือ $V \alpha n$

จากกฎรวมของแก๊ส ; $PV = kT$ [n คงที่]

Prince of Songkla University Pattani Campus

แต่ถ้า n เปลี่ยนแปลง ซึ่ง n จะแปรผันตรงกับปริมาตร ดังนั้น PV = nkT เมื่อ k เป็นค่าคงที่และค่าคงที่ของแก๊สให้ใช้ R แทน

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

PV = nRT → ใช้ในกรณีที่มวลของสารเปลี่ยนไป

ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ปริมาตร อุณหภูมิ มวล มวลโมเลกุล และความแน่นของแก๊ส

จากสมการสถานะ PV = nRT สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง P, V, T, g ของแก๊สได้

จำนวนโมล (n) = $\frac{g}{M}$ = มวล / มวลโมเลกุล

PV = $\frac{g}{M}$. RT

P = $\frac{g}{V} \cdot \frac{RT}{M}$

ความหนาแน่น (d) = $\frac{g}{V}$ = มวล / ปริมาตร

$\therefore$ P = d . $\frac{RT}{M}$

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

สูตร

1	PV	=	$\frac{g}{M}$. RT
2	P	=	d . $\frac{RT}{M}$

g = มวลของแก๊สเป็นกรัม
M = มวลโมเลกุลของแก๊ส
d = ความหนาแน่นของแก๊ส กรัม/ปริมาตร (V)

สูตรนี้สามารถใช้คำนวณความดัน, ปริมาตร, อุณหภูมิ, มวลโมเลกุลหรือความหนาแน่นของแก๊สได้ที่ภาวะหนึ่งๆ

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม

ครูซักถามเกี่ยวกับสมบัติของของแข็งและของเหลวเกี่ยวกับรูปร่าง ปริมาตร จุดเดือดและจุดหลอมเหลว

2. ขั้นกิจกรรมเร้าความสนใจ

ครูถามคำถามนักเรียนว่า ในอากาศประกอบด้วยแก๊สอะไรบ้าง มันมีประโยชน์ และโทษอย่างไร และถ้าโลกเราไม่มีแก๊สจะเกิดอะไรขึ้น ครูเล่าข่าวเกี่ยวกับการระเบิดของถังแก๊ส และให้นักเรียนอภิปรายถึงสาเหตุที่ทำให้ถังแก๊สระเบิด

Prince of Songkla University Pattani Campus

3. ขั้นสำรวจและค้นหา

ให้นักเรียนร่วมกันอธิบายสมบัติของแก๊สเกี่ยวกับรูปร่างและปริมาตรของแก๊ส ต่อจากนั้นร่วมกันอภิปรายถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊ส

ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 5-6 คน แต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนเก่ง ปานกลาง อ่อน คละกัน และแบ่งสมาชิกในกลุ่มให้มีความแตกต่างด้านภาษาที่ใช้ในการสื่อสาร ให้นักเรียนทำกิจกรรมตาม ใบงานที่ 3 ผลของความดันหรืออุณหภูมิต่อปริมาตรของแก๊ส และให้สมาชิกกำหนดหน้าที่กันเองในกลุ่ม

ขั้นที่ 1 อ่านขั้นตอนการทดลองและบอกวิธีการทดลองตามลำดับ

ขั้นที่ 2 รับอุปกรณ์ สารเคมี สำหรับการทดลอง

ขั้นที่ 3 จัดเตรียมอุปกรณ์ ดำเนินการทดลอง

ขั้นที่ 4 บันทึกข้อมูล ผลการทดลอง

หลังจากทดลองให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์ลุสแซค กฎรวมของแก๊สสมการสถานะของแก๊ส ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ปริมาตร อุณหภูมิ มวล มวลโมเลกุล และความแน่นของแก๊ส

4. ขั้นอธิบาย

ตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองของกลุ่มตนเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับกลุ่มอื่นๆ

ให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ อภิปรายผลการทดลองโดยใช้แนวคำถามดังนี้

- เพราะเหตุใด ก่อนอ่านปริมาตรของแก๊สจึงต้องปรับระดับน้ำภายในกระบอกฉีดยาให้เท่ากับระดับน้ำภายนอก
- เมื่อปริมาตรของแก๊สที่อยู่ในกระบอกฉีดยาคงที่ ปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊สมีความสัมพันธ์กันอย่างไร
- จากการทดลองนี้ มีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊ส

ให้นักเรียนอภิปรายสรุปร่วมกันอีกครั้งหนึ่งว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาตรของอากาศจะเพิ่มขึ้น และเมื่ออุณหภูมิต่ำลง ปริมาตรของอากาศจะลดลง ซึ่งสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงระดับของน้ำในกระบอกฉีดยา แสดงว่าอุณหภูมิมีผลต่อปริมาตรของแก๊สเมื่อความดันคงที่

ตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนคิดว่า ถ้าเปลี่ยนความดันเป็นหลายๆค่า ปริมาตรของแก๊สจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร และความดันกับปริมาตรมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

ให้นักเรียนศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรของแก๊สเมื่ออุณหภูมิคงที่แล้วร่วมกันอภิปรายกฎของบอยล์ ครูอธิบายและยกตัวอย่างการคำนวณโดยใช้กฎของบอยล์

ให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาตรของแก๊สเมื่อมวลและความดันของแก๊สคงที่ กฎของชาร์ล และคำนวณโดยใช้กฎของชาร์ล

ให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิของแก๊ส เมื่อให้ปริมาตรคงที่ กฎของเกย์ลุสแซค และคำนวณโดยใช้กฎของเกย์ลุสแซค

ให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิของแก๊สเมื่อมวลของแก๊สคงที่ กฎการรวมแก๊ส แล้วอธิบายตัวอย่างการคำนวณโดยใช้กฎรวมแก๊ส

Prince of Songkla University Pattani Campus

ให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสมบัติของแก๊สจะมีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง 4 ตัวแปร ได้แก่ ความดัน ปริมาตร อุณหภูมิ จำนวนโมลหรือมวลของแก๊ส ตัวแปรเหล่านี้มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งจะเป็นไปตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของอาโวกาโดร แต่เมื่อนำกฎทั้งหมดมาพิจารณารวมกันจะได้ความสัมพันธ์ใหม่ซึ่งเป็นไปตามกฎแก๊สสมบูรณ์หรือสมการสถานะสำหรับแก๊ส และฝึกคำนวณโดยใช้กฎแก๊สสมบูรณ์

5. ขั้นขยายความคิด

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาเนื้อหา ทำแบบฝึกหัด และกำหนดหน้าที่กันเองในกลุ่ม

ขั้นที่ 1 อ่านคำถาม วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ถาม

ขั้นที่ 2 ดำเนินการอภิปรายระดมความคิด วิเคราะห์แนวทางคำถาม และอธิบายคำตอบตามโจทย์ต้องการ

ขั้นที่ 3 เขียนคำตอบ

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบและความถูกต้อง

6. ขั้นประเมินผล

ตรวจสอบความถูกต้อง ตอบคำถามข้อสงสัยต่าง ๆ และให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มทำใบงาน โดยครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนในระหว่างการทำกิจกรรม ทั้งการตอบคำถาม การทำการทดลอง และรายงานผลการทดลอง

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้

ครูถามคำถามเพิ่มเติมเพื่อขยายความคิดรวบยอดของนักเรียน คือ เราเรียนรู้เรื่องกฎของแก๊สเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง อธิบายโดยสรุปเป็นแผนผังความคิด

สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

- หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมของสสวท.
- ใบความรู้ เรื่อง สมบัติของแก๊ส
- ใบงานที่ 3 ผลของความดันหรืออุณหภูมิต่อปริมาตรของแก๊ส
- แบบฝึกหัด เรื่อง แก๊ส
- วัสดุอุปกรณ์ตามใบงาน
- ห้องสมุด อินเทอร์เน็ต

การวัดและประเมินผล

วิธีการวัดและประเมินผล

- สังเกตพฤติกรรม
- สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติการทดลอง
- ตรวจรายงานการทดลอง
- ตรวจแบบฝึกหัด

เครื่องมือวัดและประเมินผล

- แบบประเมินการปฏิบัติการทดลอง

Prince of Songkla University Pattani Campus

- แบบประเมินรายงานการทดลอง
- แบบประเมินพฤติกรรม
- แบบฝึกหัด

เกณฑ์การวัดผลประเมินผล

- ประเมินการปฏิบัติการทดลอง ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
- ประเมินรายงานการทดลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
- ประเมินพฤติกรรม ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
- ตรวจแบบฝึกหัด ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

บันทึกหลังการสอน

ผลการสอน

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไข

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาววิดาด หะยีตาเฮร์)

...../...../.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

ใบความรู้
เรื่อง สมบัติของแก๊ส

สมบัติทั่วไปของแก๊ส

1. แก๊สมีรูปร่างและปริมาตรไม่แน่นอน เปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะที่บรรจุ เช่น ถ้าบรรจุในภาชนะทรงกลมมีขนาด 1 ลิตร เนื่องจากแก๊สมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค (โมเลกุลหรืออะตอม) น้อยมาก จึงทำให้อนุภาคของแก๊สสามารถเคลื่อนที่หรือแพร่กระจายเต็มภาชนะที่บรรจุ

2. สารที่อยู่ในสถานะแก๊สมีความหนาแน่นน้อยกว่าเมื่ออยู่ในสถานะของเหลวและของแข็งมาก เช่น ไอน้ำ มีความหนาแน่น 0.0006 g/cm^3 แต่น้ำมีความหนาแน่นถึง 0.9584 g/cm^3 ที่ 100°C

3. แก๊สสามารถแพร่ได้ และแพร่ได้เร็ว เพราะแก๊สมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค (โมเลกุล) น้อยกว่าของเหลว และของแข็ง

4. แก๊สต่างๆ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เมื่อนำมาใส่ภาชนะเดียวกัน แก๊สแต่ละชนิดก็จะฟุ้งกระจายผสมกันอย่างสมบูรณ์ทุกส่วน นั่นคือส่วนผสมของแก๊สเป็นสารเนื้อเดียวและเป็นสารละลาย

5. แก๊สส่วนใหญ่ไม่มีสีและโปร่งใส เช่น แก๊สออกซิเจน (O_2) แก๊สไฮโดรเจน (H_2) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) แต่แก๊สบางชนิดมีสี เช่น แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) มีสีน้ำตาลแดง แก๊สคลอรีน (Cl_2) มีสีเขียวแกมเหลือง แก๊สโอโซน (O_3) ที่บริสุทธิ์มีสีน้ำเงินแก่ เป็นต้น

6. ปริมาตรของแก๊สขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความดัน และจำนวนโมล ดังนั้น เมื่อบอกปริมาตรของแก๊สจะต้องบอกอุณหภูมิ ความดัน และจำนวนโมลด้วย เช่น แก๊สออกซิเจน 1 โมล มีปริมาตร 22.4 dm^3 ที่อุณหภูมิ 0°C ความดัน 1 บรรยากาศ (STP)

<u>กฎของแก๊ส</u>

เนื่องจากแก๊สจะมีสมบัติเปลี่ยนไปได้อย่างง่ายเมื่ออุณหภูมิ ปริมาตร หรือความดันของแก๊สเปลี่ยนไป ดังนั้น การศึกษาสมบัติของแก๊สจึงศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊สเป็นส่วนใหญ่ ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ย่อมเป็นไปตามกฎของแก๊สต่างๆ เช่น กฎของบอยล์ กฎของชาร์ลส์ กฎรวมแก๊ส ซึ่งเราจะได้ศึกษากันในระดับนี้ นอกจากนี้ยังมีกฎที่เกี่ยวข้องอีกคือ กฎของเกย์ลุสแซค, สมการสถานะ, กฎของความดันย่อยของดาลตัน เป็นต้น

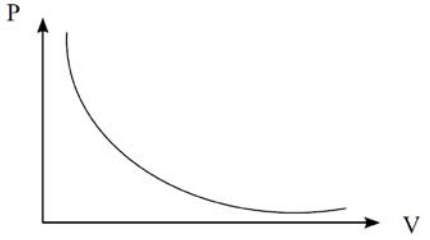
กฎของบอยล์ (BOYLE'S LAW)

<u>นิยามกฎของบอยล์</u>

กฎของบอยล์ เป็นกฎที่ใช้อธิบายสมบัติของแก๊ส ที่เกี่ยวข้องกับปริมาตร (V) และความดัน (P) โดยโรเบิรต์ บอยล์ นักเคมีชาวอังกฤษ สรุปใจความได้ว่า "เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน"

นั่นคือ $V \propto \frac{1}{P}$ [T, m, n คงที่]

$PV = k$ [k = ค่าคงที่]



สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาความดันหรือปริมาตร เมื่อภาวะใดภาวะหนึ่งเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิคงที่ และมวลของแก๊สจำนวนเดิม

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = k \longrightarrow \text{T, n คงที่}$$

เมื่อ P_1, P_2 เป็นความดันของแก๊ส (หน่วยต้องเหมือนกัน)

V_1, V_2 เป็นปริมาตรของแก๊ส (หน่วยต้องเหมือนกัน)

ตัวอย่างโจทย์ แก๊สจำนวน 15 g มีปริมาตร 10 ลิตร ที่ความดัน 150 mmHg เมื่ออุณหภูมิคงที่ ถ้าเปลี่ยนความดันเป็น 50 mmHg แก๊สจะมีปริมาตรเท่าใด

<u>วิธีทำ</u> $P_1 = 150$ mmHg $P_2 = 50$ mmHg

$V_1 = 10$ ลิตร $V_2 = ?$

จากสูตร $P_1V_1 = P_2V_2$

$150 \times 10 = 50 \times V_2$

$V_2 = 30$ ลิตร

ดังนั้น แก๊สนี้จะมีปริมาตร 30 ลิตร เมื่อเปลี่ยนเป็นความดัน 50 mmHg

กฎของชาร์ลส์ (CHARL'S LAW)

<u>นิยามตามกฎของชาร์ลส์</u>

กฎของชาร์ลส์เป็นการอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊ส เมื่อความดันและมวลคงที่สรุปได้ว่า...

"เมื่อความดันและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน"

นั่นคือ $V \quad \alpha \quad T$ [P, n คงที่]

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

สูตรที่ใช้คำนวณเมื่อภาวะเปลี่ยนไปที่ความดันคงที่ ดังนี้

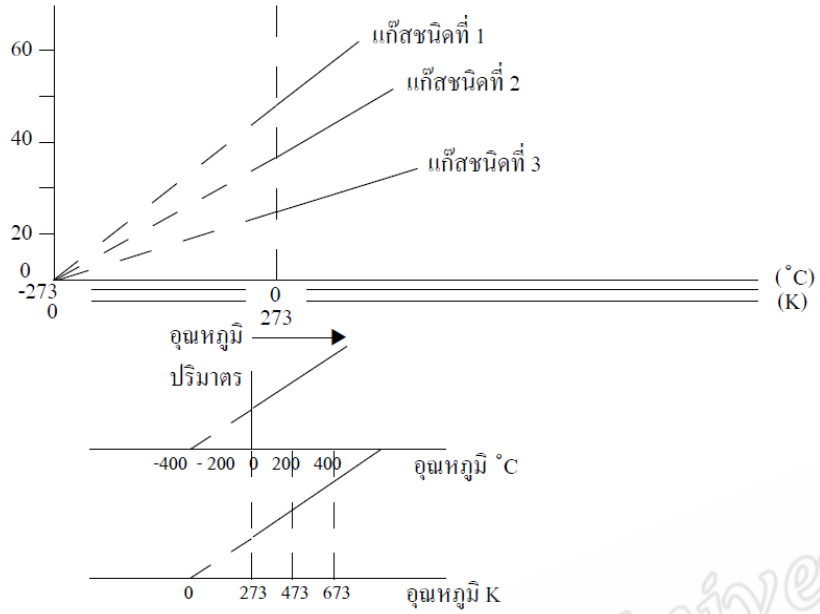
สูตร $\dfrac{V_1}{T_1} = \dfrac{V_2}{T_2} \longrightarrow$ P, n คงที่

นอกจากนี้ยังพบว่า...

"เมื่ออุณหภูมิเพิ่มหรือลด 1°C ปริมาตรของแก๊สจะเปลี่ยนไป มีค่า $\frac{1}{273.25}$ เท่าของปริมาตรของแก๊สที่ 0°C"

ผลการทดลองของชาร์ลส์เขียนกราฟได้ดังนี้

Prince of Songkla University Pattani Campus



ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊ส

ตัวอย่างโจทย์ แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 80 cm^3 ที่อุณหภูมิ 45^{O}C แก๊สนี้จะมีปริมาตรเท่าใดที่อุณหภูมิ 0 ^{O}C ถ้าความดันคงที่

<u>วิธีทำ</u>

$V_1 = 80\ cm^3$ $V_2 = ?$

$T_1 = 273 + 45 = 318\ K$

$T_2 = 273 + 0 = 273\ K$

$V_1/T_1 = V_2/T_2$

$80/318 = V_2 / 273$

$V_2 = 68.68\ cm^3$

ดังนั้น แก๊สนี้มีปริมาตร 68.68 cm^3

กฎของเกย์ลุสแซค (GAY-LUSSAC'S LAW)

กฎนี้เป็นไปในทำนองเดียวกับกฎของชาร์ลส์ และยังพบความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิของแก๊ส เมื่อให้ปริมาตรคงที่ บางทีเรียกกฎของเกย์ลุสแซคว่า กฎอามันตัน (Amonton's Law) กฎนี้สรุปได้ว่า...

"ความดันของแก๊สจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิเคลวินของแก๊ส เมื่อให้มวลและปริมาตรของแก๊สคงที่"

นั่นคือ $P \propto T$ [V, n คงที่]

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

ในทำนองเดียวกันก็สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้

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

Prince of Songkla University Pattani Campus

เป็นสูตรที่ใช้คำนวณ เมื่อ มวลและ ปริมาตรแก๊สคงที่

ตัวอย่างโจทย์ แก๊สชนิดหนึ่งมีความดัน 790 mmHg ที่อุณหภูมิ 50^{O}C แก๊สนี้จะมีอุณหภูมิเท่าใด ที่ความดัน 880 mmHg ถ้าปริมาตรของแก๊สคงที่

<u>วิธีทำ</u> P_1 = 790 mmHg P_2 = 880 mmHg

T_1 = 273 + 50 = 323 K

T_2 = ?

P_1/T_1 = P_2/T_2

790/323 = 880/ T_2

T_2 = 359.8 K

ดังนั้น แก๊สนี้จะมีอุณหภูมิเท่ากับ 359.8 K

กฎรวมของแก๊ส (COMBINE GAS LAW)

กฎรวมของแก๊สเป็นการนำเอากฎของบอยล์ และกฎของชาร์ลส์มารวมกัน ดังนี้

กฎของบอยล์ $V \quad \alpha \quad \frac{1}{P}$ [T, n คงที่]

กฎของชาร์ลส์ $V \quad \alpha \quad T$ [P, n คงที่]

เมื่อรวมกฎทั้งสองจะได้

$V \quad \alpha \quad \frac{1}{P}$ [n ค่าคงที่]

$\therefore \quad PV = kT$

$\frac{PV}{T}$ = ค่าคงที่

สมการนี้ใช้เมื่อภาวะต่างๆ เปลี่ยนแปลงไปทั้งหมด สูตรที่ใช้คำนวณ เมื่อภาวะเปลี่ยนไป ดังนี้

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

P_1, P_2 เป็นความดัน หน่วยใดก็ได้แต่ต้องเป็นหน่วยเดียวกัน
V_1, V_2 เป็นปริมาตร หน่วยใดก็ได้แต่ต้องเป็นหน่วยเดียวกัน
T_1, T_2 เป็นอุณหภูมิ มีหน่วยเป็นเคลวิน (K)เท่านั้น

ตัวอย่างโจทย์ แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 10 ลิตร ที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ถ้าแก๊สชนิดนี้มีปริมาตรและความดันเปลี่ยนเป็น 11.5 ลิตร และ 900 มิลลิเมตรปรอท ตามลำดับ จงหาอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปในหน่วยองศาเซลเซียส

<u>วิธีทำ</u> P_1 = 1 atm [760 mmHg] P_2 = 900 mmHg

V_1 = 10 L V_2 = 11.5 L

T_1 = 273 K T_2 = ? K

แทนค่าในสูตร $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

$$T_2 = \frac{900 \times 11.5 \times 273}{760 \times 10}$$

T_2 = 372 K

Prince of Songkla University Pattani Campus

อุณหภูมิของแก๊สที่เปลี่ยนแปลง = 372 – 273

= 99°C

ดังนั้น อุณหภูมิของแก๊สที่เปลี่ยนแปลงเท่ากับ 99°C

สมการสถานะของแก๊ส (EQUATION OF STATE)

จากกฎของอาโวกาโดรกล่าวว่า “ที่อุณหภูมิและความดันคงที่ปริมาตรของแก๊สใดๆ จะแปรผันตรงกับจำนวนโมเลกุลของแก๊สนั้นๆ” นั่นคือ V α n

จากกฎรวมของแก๊ส ; PV = kT [n คงที่]

แต่ถ้า n เปลี่ยนแปลง ซึ่ง n จะแปรผันตรงกับปริมาตร ดังนั้น PV = nkT เมื่อ k เป็นค่าคงที่และค่าคงที่ของแก๊สให้ใช้ R แทน

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

PV = nRT → ใช้ในกรณีที่มวลของสารเปลี่ยนไป

ตัวอย่างโจทย์ จงหาจำนวนโมลของแก๊สซึ่งบรรจุในภาชนะ 3.0 dm^3 ความดัน 1 atm อุณหภูมิ 27 °C

<u>วิธีทำ</u> จากสูตร PV = nRT

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$= \frac{1 \times 3}{0.082 \times 300}$$

$$= 0.12 \text{ mol}$$

ดังนั้น จำนวนโมลของแก๊สนี้เท่ากับ 0.12 โมล

ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ปริมาตร อุณหภูมิ มวล มวลโมเลกุล และความแน่นของแก๊ส

จากสมการสถานะ PV = nRT สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง P, V, T, g ของแก๊สได้

จำนวนโมล (n) = $\frac{g}{M}$ = มวล / มวลโมเลกุล

PV = $\frac{g}{M}$. RT

P = $\frac{g}{V} \cdot \frac{RT}{M}$

ความหนาแน่น (d) = $\frac{g}{V}$ = มวล / ปริมาตร

$\therefore$ P = d . $\frac{RT}{M}$

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

g = มวลของแก๊สเป็นกรัม
M = มวลโมเลกุลของแก๊ส
d = ความหนาแน่นของแก๊ส กรัม/ปริมาตร (V)

Prince of Songkla University Pattani Campus

สูตร

1.	PV	=	$\frac{g}{M}$. RT
2.	P	=	d . $\frac{RT}{M}$

สูตรนี้สามารถใช้คำนวณความดัน, ปริมาตร, อุณหภูมิ, มวลโมเลกุลหรือความหนาแน่นของแก๊สได้ที่ภาวะหนึ่งๆ

ตัวอย่างโจทย์ แก๊ส A 1 โมล หนัก 46 กรัม ที่ STP ถ้าแก๊ส A มีปริมาตร 200 cm^3 ที่อุณหภูมิ 27 ^oC และมีความดัน 3 บรรยากาศ จะหนักเท่าไร

วิธีทำ แก๊ส A 1 โมล หนัก 46 กรัม แสดงว่า แก๊ส A มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 46

จากสูตร PV = nRT

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

g = $\frac{PVM}{RT}$

= $\frac{3 \times 0.2 \times 46}{0.082 \times 300}$

g = 1.12 กรัม

ดังนั้น แก๊ส A 200 cm^3 ที่ 27 ^oC ความดัน 2 atm จะหนัก 1.12 กรัม

ตัวอย่างโจทย์ ถ้าความหนาแน่นของแก๊สชนิดหนึ่งเป็น 1.28 กรัม/ลิตร ที่ 25 ^oC ความดัน 560 mmHg จงหามวลโมเลกุลของแก๊สนี้

วิธีทำ จากสูตร P = $\frac{dRT}{M}$

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

= $\frac{1.28\ g\ \cancel{L^{-1}} \times 62.4\ \cancel{L\ mmHg}\ mol^{-1}\cancel{K^{-1}} \times 298\ \cancel{K}}{560\ \cancel{mmHg}}$

M = 42.5 $gmol^{-1}$

ดังนั้น มวลโมเลกุลของแก๊สนี้เท่ากับ 42.5

Prince of Songkla University Pattani Campus

ใบงานที่ 3
ผลของความดันหรืออุณหภูมิต่อปริมาตรของแก๊ส

คำชี้แจง

ให้นักเรียนทำการทดลองตามวิธีการทดลองต่อไปนี้ พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง อภิปรายผล สรุปผลให้สมบูรณ์

ตอนที่ 1 ผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส

ขั้นตอนการทดลอง

1. ดึงก้านหลอดฉีดยาขึ้นมาอยู่ประมาณกึ่งกลางของกระบอกฉีดยา ใช้ปลายนิ้วอุดปลายกระบอกฉีดยาไว้ กดก้านหลอดฉีดยาช้าๆ จนกระทั่งกดไม่ลง ปล่อยมือที่กดและสังเกตการเปลี่ยนแปลง
2. ดึงก้านหลอดฉีดยาขึ้นมาอยู่ประมาณกึ่งกลางของกระบอกฉีดยา ใช้ปลายนิ้วอุดปลายกระบอกฉีดยา แล้วดึงก้านหลอดฉีดยาขึ้นมาอย่างช้าๆ จนเกือบสุด ปล่อยมือและสังเกตการเปลี่ยนแปลง

ตอนที่ 2 ผลของอุณหภูมิต่อปริมาตรของแก๊ส

ขั้นตอนการทดลอง

1. ดึงก้านหลอดฉีดยาให้มีอากาศอยู่ภายในประมาณครึ่งกระบอกฉีดยา แล้วนำไปดูดน้ำให้มีปริมาตร 2 cm^3
2. จุ่มกระบอกฉีดยาจากข้อ 1 ลงในน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิประมาณ 60 -70^{o}C
3. สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลง เมื่อการเปลี่ยนแปลงสิ้นสุดแล้ว ตั้งกระบอกฉีดยาให้ตรงและเลื่อนกระบอกฉีดยาขึ้นหรือลงจนระดับน้ำภายในกระบอกฉีดยาเท่ากับระดับน้ำภายนอก
4. อ่านปริมาตรของอากาศในกระบอกฉีดยาทันที
5. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เปลี่ยนเป็นจุ่มกระบอกฉีดยาในน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 10 - 20^{o}C

คำถาม

- เพราะเหตุใด ก่อนอ่านปริมาตรของแก๊สจึงต้องปรับระดับน้ำภายในกระบอกฉีดยาให้เท่ากับระดับน้ำภายนอก
- เมื่อปริมาตรของแก๊สที่อยู่ในกระบอกฉีดยาคงที่ ปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊สมีความสัมพันธ์กันอย่างไร
- จากการทดลองนี้ มีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊ส

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบฝึกหัด

1. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 350 cm^3 ภายใต้ความดัน 0.92 atm และอุณหภูมิ 21 °C จงหาปริมาตรของแก๊สนี้ที่ความดัน 1.4 atm และอุณหภูมิ 21 °C (230 cm^3)
2. ลูกโป่งใบหนึ่งมีปริมาตรเท่ากับ 0.55 l ที่ระดับน้ำทะเล เมื่อถูกปล่อยให้สูงขึ้น 6.5 km ซึ่งบริเวณนี้มีความดันเท่ากับ 0.40 atm และอุณหภูมิเท่ากับที่ระดับน้ำทะเล จงหาปริมาตรของลูกโปงที่ความสูงนี้ (1.4 l)
3. แก๊สคลอรีนในภาชนะที่มีปริมาตร 946 ml มีความดันเท่ากับ 726 mmHg จงหาความดันของแก๊สเมื่อลดปริมาตรลง 792 ml ให้อุณหภูมิคงที่ (4.46 x 10^3 mmHg)
4. แก๊ส CO ที่ 125 °C มีปริมาตรเท่ากับ 3.20 l จงหาว่าจะต้องลดอุณหภูมิไปอีกกี่องศาเพื่อให้แก๊สมีปริมาตร เป็น 1.54 l โดยที่ความดันเท่าเดิม (206 °C)
5. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 79.5 cm^3 ที่ 45 °C แก๊สนี้จะมีปริมาตรเท่าใดที่ 0 °C ถ้าความดันของแก๊สคงที่ (68.3 cm^3)
6. เมื่อบรรจุแก๊สชนิดหนึ่งลงในภาชนะขนาด 10.0 l พบว่ามีความดัน 2.00 atm ที่ 0 °C ที่อุณหภูมิเท่าใดความดันจึงจะเป็น 2.50 atm (68 °C)
7. ถังออกซิเจนถังหนึ่งมีขนาด 10 l สามารถทนความดันได้ 70 atm ถ้าบรรจุแก๊สออกซิเจนลงไปจำนวนหนึ่งที่ทำให้เกิดความดัน 50 atm ที่ อุณหภูมิ 25 °C ถามว่าถังจะระเบิดหรือไม่เมื่อเราทิ้งถังนี้ไว้ในโกดังที่มีอุณหภูมิสูงถึง 38 °C และเราสามารถเก็บถังนี้ไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดเท่าใด ถังจึงจะไม่ระเบิด (52 atm,ถังไม่ระเบิด, ไม่เกิน 144.2 °C)
8. จงหาปริมาตรของแก๊สชนิดหนึ่งที่สภาวะมาตรฐาน ถ้าแก๊สนี้มีปริมาตร 6.35 cm^3 ที่ 0.950 atm และ 27 °C (5.49 cm^3)
9. จงหาจำนวนโมลของ แก๊สสมบรูณ์ ซึ่งมีปริมาตรเท่ากับ 0.452 l ที่ 87 °C และ 0.620 atm (9.49 x 10^{-3})
10. แก๊ส 500 cm^3 หนัก 0.326 g ที่ 100 °C และ 380 torr มีน้ำหนักโมเลกุลเป็นเท่าใด (39.9)
11. จงหาปริมาตรของแก๊ส CO_2 ที่มีน้ำหนัก 7.40g ที่ STP (3.77 l)
12. จงหาความหนาแน่นของ NH_3 ในหน่วย g/l ที่ 752 mmHg และ 55 °C (0.626 g/l)
13. จงหาน้ำหนักโมเลกุลของแก๊สที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 7.71 g/l ที่ 36 °C และ 2.88 atm (67.9 g/mol)
14. แก๊สผสมหนึ่งประกอบไปด้วย Ne 4.46 โมล, Ar 0.74 โมล, Xe 2.15 โมล จงหาความดันย่อยของแก๊สแต่ละตัวเมื่อความดันรวมเท่ากับ 2.00 atm (Ne = 1.21, Ar = 0.20, Xe = 0.586 atm)
15. แก๊สออกซิเจนถูกเก็บโดยการแทนที่น้ำ ที่ 24 °C, ความดัน 762 mmHg ได้ปริมาตรเท่ากับ 128 ml จงหามวลของออกซิเจนที่เก็บได้ ให้ความดันไอของน้ำที่ 24 °C เท่ากับ 22.4 mmHg (0.164 g)

Prince of Songkla University Pattani Campus

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

รายวิชา เคมีเพิ่มเติม ชั้นปีที่สอน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส จำนวน 3 คาบ

มาตรฐานการเรียนรู้

ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดช่วงชั้น

ว 3.1 ม.4-6/5 สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือด จุดหลอมเหลว และสถานะของสารกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร

ความเข้าใจที่คงทน

การแพร่ของแก๊สเกิดจากโมเลกุลของแก๊สเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ การแพร่ของแก๊สจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับมวลโมเลกุลของแก๊ส การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแก๊สอีกรูปแบบหนึ่งคือ การแพร่ผ่าน ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแก๊สจากภาชนะหนึ่งผ่านรูเล็กมากๆไปยังอีกภาชนะหนึ่ง

สมบัติของของแข็ง ของเหลว และแก๊สสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น การทำน้ำแข็งแห้ง การทำไนโตรเจนเหลว และการสกัดสารโดยใช้ CO ซึ่งอยู่ในรูปของของไหล

เป้าหมายการเรียนรู้

1.1 ด้านความรู้ความคิด

- สามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแพร่ของแก๊สกับมวลโมเลกุลของแก๊สได้
- สามารถอธิบายวิธีการทำน้ำแข็งแห้ง การทำไนโตรเจนเหลว และการสกัดสารโดยใช้ CO_2 ซึ่งอยู่ในรูปของของไหลได้
- สามารถบอกประโยชน์ของน้ำแข็งแห้ง ไนโตรเจนเหลว และการสกัดสารโดยใช้ CO_2 ซึ่งอยู่ในรูปของของไหลได้

1.2 ด้านกระบวนการ

- ทักษะการเชื่อมโยงเนื้อหา
- ทักษะการตอบคำถาม
- ทักษะการใช้เครื่องมือการทดลอง
- ด้านคุณลักษณะ
- การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล คิดวิเคราะห์ และสังเคราะห์

Prince of Songkla University Pattani Campus

สาระการเรียนรู้

การแพร่ (diffusion) ของสารต่างๆ หมายถึง อนุภาคของสารนั้นเคลื่อนที่ไปจากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณความเข้มข้นต่ำกว่า ในกรณีของแก๊ส ก็หมายถึง การที่โมเลกุลของแก๊สชนิดหนึ่งเคลื่อนที่กระจายออกไปจากบริเวณที่มีความหนาแน่นมากไปหาบริเวณที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า และหลังจากนั้นแก๊สก็จะกระจายตัวให้มีความเข้มข้นโดยเฉลี่ยทุกบริเวณเท่าๆกัน การแพร่ก็จะสามารถเกิดขึ้นได้ต่อเนื่องจนระดับความเข้มข้นของแก๊สทุกบริเวณที่แก๊สไหลไปได้นั้นมีค่าเท่ากัน แก๊สจึงจะหยุดแพร่ แต่แก๊สก็มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา โดยแก๊สที่ผสมกันต้องไม่เกิดปฏิกิริยาเคมีกัน ดังนั้น การแพร่ของแก๊สนี้จึงเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพอย่างเดียว ไม่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น

ถึงแม้ว่าโมเลกุลของแก๊สจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมาก แต่ก็เป็นการเคลื่อนที่แบบสุ่ม ถ้าดูแต่ละอะตอม หรือโมเลกุลของแก๊ส จะพบว่าระหว่างทางต้องเจออุปสรรคมากมายจากการชนกับโมเลกุลแก๊สชนิดเดียวกันหรือแก๊สชนิดอื่น รวมทั้งเกิดการชนผนังภาชนะอีกด้วย ทำให้กว่าจะไปถึงที่หมายต้องเสียเวลาไปชนตัวนั้น เฉียดตัวนี้เสมอๆ

เมื่อปี ค.ศ. 1832 นักเคมีชาวสก๊อต ชื่อว่า ทอมัส แกรห์ม ได้ทำการศึกษาแก๊ส และพบว่าภายใต้สภาวะอุณหภูมิและความดันเดียวกัน อัตราการแพร่ของแก๊สจะเป็นสัดส่วนผกผันกับรากที่สองของมวลแก๊สนั้นต่อโมล นั่นหมายความว่า แก๊สที่มีน้ำหนักมากกว่าจะเคลื่อนไหวได้ช้ากว่าแก๊สที่เบากว่า

เนื่องจากมวลมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นโดยตรง ถ้ากำหนดให้แก๊สสองชนิดมีปริมาตรเท่ากัน จะพบว่าแก๊สที่มีมวลมากกว่าจะมีความหนาแน่นมากกว่าแก๊สที่มีมวลน้อย ดังนั้นเราจึงแสดงได้ในเทอมของความหนาแน่นได้ อัตราการแพร่ของแก๊สเป็นสัดส่วนผกผันกับรากที่สองของความหนาแน่นของแก๊สนั้นเช่นเดียวกับมวลหรือมวลโมเลกุล

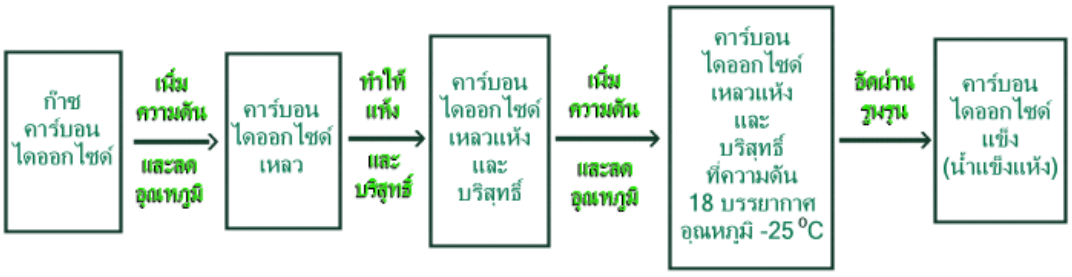
การแพร่ผ่าน (effusion) คือปรากฏการณ์ที่แก๊สเคลื่อนที่จากบริเวณหนึ่งที่มีความเข้มข้นของแก๊สสูงกว่า ผ่านรูเล็กๆ ไปยังบริเวณแก๊สที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า หรือไม่มีแก๊สชนิดนั้นอยู่ การแพร่ในลักษณะนี้จึงเรียกว่าการแพร่ผ่าน ในขณะที่แก๊สแพร่ผ่านไป จะเกิดการชนกันระหว่างโมเลกุลหรือชนผนังภาชนะไปด้วย

เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

การทำน้ำแข็งแห้ง

หลักการทำ คือ เพิ่มความดัน และลดอุณหภูมิ วัตถุดิบที่ใช้คือ ก๊าซ CO_2

<u>แผนผังการทำน้ำแข็งแห้ง</u>



น้ำแข็งแห้งถูกนำมาใช้ประโยชน์หลายๆด้าน เช่น ในอุตสาหกรรมอาหารประเภทไอศกรีม นม เบเกอรี่ ไส้กรอก และเนื้อสัตว์ เพื่อถนอมอาหารในขั้นตอนการผลิตหรือในการขนส่งหรือเก็บอาหารสำหรับเสิร์ฟบนเครื่องบิน ใช้ในการขนส่งเวชภัณฑ์ ใช้ในการทำความสะอาดเครื่องจักร แบบหล่อหรือแม่พิมพ์ หรือใช้ในการบดเย็นวัสดุสังเคราะห์ที่แตกยาก นอกจากนี้ยังใช้ในการทำหมอก ควันในการแสดงต่างๆ และอาจใช้ผสมในเครื่องดื่มเพื่อให้เกิดฟองปุด และให้เกิดความเย็น เป็นต้น

การสกัดสารโดยใช้ CO_2 ในรูปของของไหล

การสกัดสารโดยใช้ CO_2 ที่อยู่ในรูปของของไหล (CO_2-Fluid) เป็นเทคโนโลยีชั้นสูง เทคนิคการสกัดแบบนี้จะใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของของไหลแทนตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ เช่น แอซีโตน เฮกเซน หรือเมทิลีนคลอไรด์

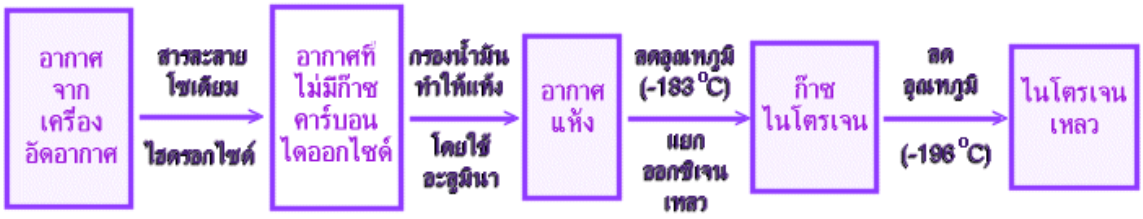
CO_2 เมื่ออยู่ภายใต้ภาวะวิกฤติยิ่งยวด (supercritical state) คือที่อุณหภูมิ 31°C และความดัน 73 บรรยากาศ จะมีสภาพเป็นของไหล และมีสมบัติหลายประการที่เหมือนทั้งแก๊สและของเหลว สมบัติที่เหมือนแก๊สคือ ขยายตัวได้ง่ายจนเต็มภาชนะที่บรรจุ มีลักษณะไหลได้ ส่วนสมบัติที่เหมือนของเหลวคือมีความสามารถในการละลายของแข็งหรือของเหลวได้ดี ดังนั้นจึงสามารถใช้ในการสกัดสารประกอบที่ต้องการแยกออกจากของผสม โดยการควบคุมอุณหภูมิและความดันให้เหมาะสม หรืออาจใช้เทคนิคนี้ในการทำสารให้บริสุทธิ์ เทคนิคนี้สามารถใช้สกัดสารได้หลายชนิด เนื่องจากเราสามารถทำให้ CO_2 ในรูปของของไหลมีความหนาแน่นสูงหรือต่ำได้ตามต้องการ เป็นผลให้สามารถใช้ของไหลนี้เลือกละลายสารหรือองค์ประกอบที่ต้องการสกัดได้ตามสภาวะที่เหมาะสม ปัจจุบันนี้นิยมใช้ CO_2 ในรูปของของไหลสกัดคาเฟอีนออกจากเมล็ดกาแฟดิบแทนตัวทำละลายที่ใช้อยู่คือ เมทิลีนคลอไรด์ โดยไม่ทำให้รสหรือกลิ่นของกาแฟเปลี่ยนไป เพราะว่า CO_2 ที่ปะปนอยู่จะอยู่ในรูปแก๊ส สามารถแพร่ออกจากเมล็ดกาแฟได้

นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้เทคนิคนี้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ อีก เช่น การสกัดน้ำมัน เรซิน และสารจากสมุนไพร เครื่องเทศ หรือพืช

การทำไนโตรเจนเหลว

หลักการทำ คือ ลดอุณหภูมิ วัตถุดิบที่ใช้คือ อากาศ นอกจากนี้ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) สำหรับดูดก๊าซ CO_2 และอะลูมินา (Al_2O_3) สำหรับดูดความชื้น ทำให้อากาศแห้ง

<u>แผนผังการทำไนโตรเจนเหลว</u>



ประโยชน์ของไนโตรเจนเหลว

เนื่องจากไนโตรเจนเหลวมีอุณหภูมิต่ำมาก (-196 องศาเซลเซียส) จึงได้นำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ที่ต้องการความเย็นมาก เช่น แช่แข็งอาหารประเภทต่างๆในโรงงานอุตสาหกรรมและในการขนส่ง แช่แข็งเลือด แช่แข็งเซลล์ไขกระดูก แช่แข็งเอ็มบริโอ แช่เข็งน้ำเชื้ออสุจิ และแช่แข็งส่วนต่างๆของร่างกาย เป็นต้น

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม

ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

2. ขั้นกิจกรรมเร้าความสนใจ

ครูให้นักเรียนดมกลิ่นน้ำหอมกลิ่นต่างๆที่ครูเตรียมมาให้ พร้อมทั้งสนทนากับนักเรียน ถึงการได้กลิ่นต่าง ๆ เช่น กลิ่นของน้ำหอม หรือดอกไม้ ว่าเราได้กลิ่นของสิ่งเหล่านี้ได้อย่างไร

3. ขั้นสำรวจและค้นหา

ครูให้นักเรียนทำการทดลองการแพร่ของแก๊สแอมโมเนียและแก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์ โดยครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 5-6 คน แต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนเก่ง ปานกลาง อ่อน คละกัน และแบ่งสมาชิกในกลุ่มให้มีความแตกต่างด้านภาษาที่ใช้ในการสื่อสาร ให้นักเรียนทำกิจกรรมตามใบงานที่ 4 การแพร่ของแก๊สแอมโมเนียและแก๊สไฮโดเจนคลอไรด์ และให้สมาชิกกำหนดหน้าที่กันเองในกลุ่ม

ขั้นที่ 1 อ่านขั้นตอนการทดลองและบอกวิธีการทดลองตามลำดับ

ขั้นที่ 2 ดำเนินการทดลอง จัดเตรียมอุปกรณ์

ขั้นที่ 3 รับอุปกรณ์ สารเคมี สำหรับการทดลอง

ขั้นที่ 4 บันทึกข้อมูล ผลการทดลอง

4. ขั้นอธิบาย

ตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองของกลุ่มตนเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับกลุ่มอื่นๆ

ให้นักเรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์ อภิปรายผลการทดลองโดยใช้แนวคำถามดังนี้

- สารทั้งสองในการทดลองนี้ทำปฏิกิริยากันหรือไม่ ทราบได้อย่างไร
- ระยะทางจากปลายหลอดทั้งสองจนถึงตำแหน่งที่สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลง แตกต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด
- สารใดแพร่ได้เร็วกว่ากัน ทราบได้อย่างไร ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับปฏิกิริยาระหว่างแก๊สแอมโมเนียกับแก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์ว่า สารสีขาวที่เกิดขึ้นคือแอมโมเนียมคลอไรด์ แล้วนำอภิปรายต่อถึงความสัมพันธ์ระหว่างการแพร่ของแก๊ส กับมวลโมเลกุล ซึ่งสรุปได้ว่า แก๊สที่มีมวลโมเลกุลมากจะแพร่ได้ช้ากว่าแก๊สที่มีมวลโมเลกุลน้อย

ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส แล้วนำเสนอผลการสืบค้น

Prince of Songkla University Pattani Campus

นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส มาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ได้แก่การทำน้ำแข็งแห้ง การสกัดสารโดยใช้ CO_2 ในรูปของของไหล การทำไนโตรเจนเหลว

5. ขั้นขยายความคิด

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาเนื้อหา ทำแบบฝึกหัด และกำหนดหน้าที่กันเองในกลุ่ม

ขั้นที่ 1 อ่านคำถาม วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ถาม

ขั้นที่ 2 ดำเนินการอภิปรายระดมความคิด วิเคราะห์แนวทางคำถาม และอธิบายคำตอบตามโจทย์ต้องการ

ขั้นที่ 3 เขียนคำตอบ

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบและความถูกต้อง

6. ขั้นประเมินผล

ตรวจสอบความถูกต้อง ตอบคำถามข้อสงสัยต่าง ๆ และให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มทำใบงาน โดยครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนในระหว่างการทำกิจกรรม ทั้งการตอบคำถาม การทำการทดลอง และรายงานผลการทดลอง

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้

ครูถามคำถามเพิ่มเติมเพื่อขยายความคิดรวบยอดของนักเรียน คือ สมบัติของของแข็ง ของเหลว และแก๊สสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมประเภทใด อธิบายโดยใช้แผนผังความคิด

สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

- หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมของสสวท.
- ใบความรู้ เรื่อง การแพร่ของแก๊สและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับของแข็ง ของเหลว และแก๊ส
- ใบงานที่ 4 การทดลองการแพร่ของแก๊สแอมโมเนียและแก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์
- แบบฝึกหัด เรื่อง การแพร่ของแก๊สและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับของแข็ง ของเหลว และแก๊ส
- วัสดุอุปกรณ์ตามใบงาน
- ห้องสมุด อินเทอร์เน็ต

การวัดและประเมินผล

วิธีการวัดและประเมินผล

- สังเกตพฤติกรรม
- สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติการทดลอง
- ตรวจรายงานการทดลอง
- ตรวจแบบฝึกหัด

Prince of Songkla University Pattani Campus

เครื่องมือวัดและประเมินผล

- แบบประเมินการปฏิบัติการทดลอง
- แบบประเมินรายงานการทดลอง
- แบบประเมินพฤติกรรม
- แบบฝึกหัด

เกณฑ์การวัดผลประเมินผล

- ประเมินการปฏิบัติการทดลอง ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
- ประเมินรายงานการทดลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
- ประเมินพฤติกรรม ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
- ตรวจแบบฝึกหัด ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

บันทึกหลังการสอน

ผลการสอน

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไข

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาววิดาด หะยีตาเฮร์)

...../...../.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

ใบความรู้
เรื่อง การแพร่ของแก๊ส
และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

การแพร่ (diffusion) ของสารต่างๆ หมายถึง อนุภาคของสารนั้นเคลื่อนที่ไปจากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณความเข้มข้นต่ำกว่า ในกรณีของแก๊ส ก็หมายถึง การที่โมเลกุลของแก๊สชนิดหนึ่งเคลื่อนที่กระจายออกไปจากบริเวณที่มีความหนาแน่นมากไปหาบริเวณที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า และหลังจากนั้นแก๊สก็จะกระจายตัวให้มีความเข้มข้นโดยเฉลี่ยทุกบริเวณเท่าๆกัน การแพร่ก็จะสามารถเกิดขึ้นได้ต่อเนื่องจนระดับความเข้มข้นของแก๊สทุกบริเวณที่แก๊สไหลไปได้นั้นมีค่าเท่ากัน แก๊สจึงจะหยุดแพร่ แต่แก๊สก็มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา โดยแก๊สที่ผสมกันต้องไม่เกิดปฏิกิริยาเคมีกัน ดังนั้น การแพร่ของแก๊สนี้จึงเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพอย่างเดียว ไม่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น

ถึงแม้ว่าโมเลกุลของแก๊สจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมาก แต่ก็เป็นการเคลื่อนที่แบบสุ่ม ถ้าดูแต่ละอะตอม หรือโมเลกุลของแก๊ส จะพบว่าระหว่างทางต้องเจออุปสรรคมากมายจากการชนกับโมเลกุลแก๊สชนิดเดียวกันหรือแก๊สชนิดอื่น รวมทั้งเกิดการชนผนังภาชนะอีกด้วย ทำให้กว่าจะไปถึงที่หมายต้องเสียเวลาไปชนตัวนั้น เฉียดตัวนี้เสมอๆ

เมื่อปี ค.ศ. 1832 นักเคมีชาวสก๊อต ชื่อว่า ทอมัส แกรห์ม ได้ทำการศึกษาแก๊ส และพบว่าภายใต้สภาวะอุณหภูมิและความดันเดียวกัน อัตราการแพร่ของแก๊สจะเป็นสัดส่วนผกผันกับรากที่สองของมวลแก๊สนั้นต่อโมล นั่นหมายความว่า แก๊สที่มีน้ำหนักมากกว่าจะเคลื่อนไหวได้ช้ากว่าแก๊สที่เบากว่า

เนื่องจากมวลมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นโดยตรง ถ้ากำหนดให้แก๊สสองชนิดมีปริมาตรเท่ากัน จะพบว่าแก๊สที่มีมวลมากกว่าจะมีความหนาแน่นมากกว่าแก๊สที่มีมวลน้อย ดังนั้นเราจึงแสดงได้ในเทอมของความหนาแน่นได้ อัตราการแพร่ของแก๊สเป็นสัดส่วนผกผันกับรากที่สองของความหนาแน่นของแก๊สนั้นเช่นเดียวกับมวลหรือมวลโมเลกุล

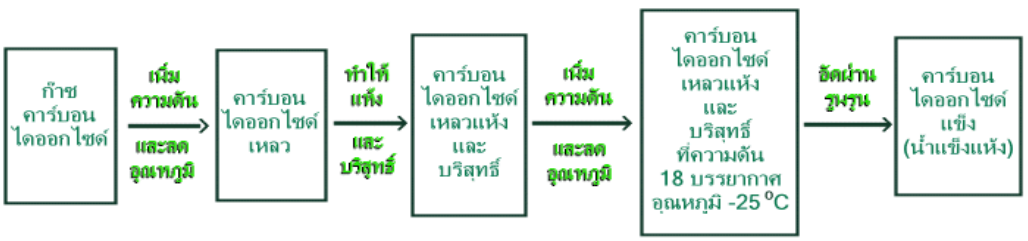
การแพร่ผ่าน (effusion) คือปรากฏการณ์ที่แก๊สเคลื่อนที่จากบริเวณหนึ่งที่มีความเข้มข้นของแก๊สสูงกว่า ผ่านรูเล็กๆ ไปยังบริเวณแก๊สที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า หรือไม่มีแก๊สชนิดนั้นอยู่ การแพร่ในลักษณะนี้จึงเรียกว่าการแพร่ผ่าน ในขณะที่แก๊สแพร่ผ่านไป จะเกิดการชนกันระหว่างโมเลกุลหรือชนผนังภาชนะไปด้วย

เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

การทำน้ำแข็งแห้ง

หลักการทำ คือ เพิ่มความดัน และลดอุณหภูมิ วัตถุดิบที่ใช้คือ ก๊าซ CO_2

<u>แผนผังการทำน้ำแข็งแห้ง</u>



น้ำแข็งแห้งถูกนำมาใช้ประโยชน์หลายๆด้าน เช่น ในอุตสาหกรรมอาหารประเภทไอศกรีม นม เบเกอรี่ ไส้กรอก และเนื้อสัตว์ เพื่อถนอมอาหารในขั้นตอนการผลิตหรือในการขนส่งหรือเก็บอาหารสำหรับเสิร์ฟบนเครื่องบิน ใช้ในการขนส่งเวชภัณฑ์ ใช้ในการทำความสะอาดเครื่องจักร แบบหล่อหรือแม่พิมพ์ หรือใช้ในการบดเย็นวัสดุสังเคราะห์ที่แตกยาก นอกจากนี้ยังใช้ในการทำหมอก ควันในการแสดงต่างๆ และอาจใช้ผสมในเครื่องดื่มเพื่อให้เกิดฟองปุด และให้เกิดความเย็น เป็นต้น

การสกัดสารโดยใช้ CO_2 ในรูปของของไหล

การสกัดสารโดยใช้ CO_2 ที่อยู่ในรูปของของไหล (CO_2-Fluid) เป็นเทคโนโลยีชั้นสูง เทคนิคการสกัดแบบนี้จะใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของของไหลแทนตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ เช่น แอซีโตน เฮกเซน หรือเมทิลีนคลอไรด์

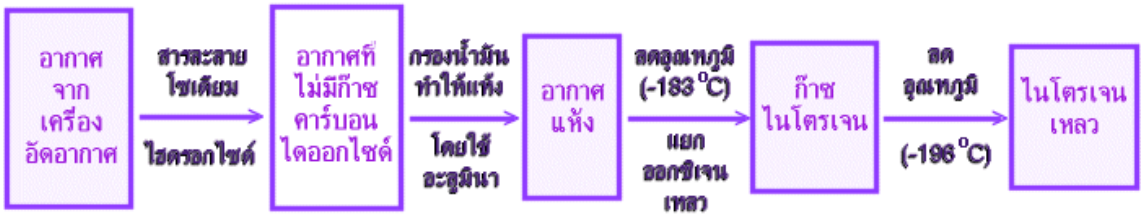
CO_2 เมื่ออยู่ภายใต้ภาวะวิกฤติยิ่งยวด (supercritical state) คือที่อุณหภูมิ 31°C และความดัน 73 บรรยากาศ จะมีสภาพเป็นของไหล และมีสมบัติหลายประการที่เหมือนทั้งแก๊สและของเหลว สมบัติที่เหมือนแก๊สคือ ขยายตัวได้ง่ายจนเต็มภาชนะที่บรรจุ มีลักษณะไหลได้ ส่วนสมบัติที่เหมือนของเหลวคือมีความสามารถในการละลายของแข็งหรือของเหลวได้ดี ดังนั้นจึงสามารถใช้ในการสกัดสารประกอบที่ต้องการแยกออกจากของผสม โดยการควบคุมอุณหภูมิและความดันให้เหมาะสม หรืออาจใช้เทคนิคนี้ในการทำสารให้บริสุทธิ์ เทคนิคนี้สามารถใช้สกัดสารได้หลายชนิด เนื่องจากเราสามารถทำให้ CO_2 ในรูปของของไหลมีความหนาแน่นสูงหรือต่ำได้ตามต้องการ เป็นผลให้สามารถใช้ของไหลนี้เลือกละลายสารหรือองค์ประกอบที่ต้องการสกัดได้ตามสภาวะที่เหมาะสม ปัจจุบันนี้นิยมใช้ CO_2 ในรูปของของไหลสกัดคาเฟอีนออกจากเมล็ดกาแฟดิบแทนตัวทำละลายที่ใช้อยู่คือ เมทิลีนคลอไรด์ โดยไม่ทำให้รสหรือกลิ่นของกาแฟเปลี่ยนไป เพราะว่า CO_2 ที่ปะปนอยู่จะอยู่ในรูปแก๊ส สามารถแพร่ออกจากเมล็ดกาแฟได้

นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้เทคนิคนี้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ อีก เช่น การสกัดน้ำมัน เรซิน และสารจากสมุนไพร เครื่องเทศ หรือพืช

การทำไนโตรเจนเหลว

หลักการทำ คือ ลดอุณหภูมิ วัตถุดิบที่ใช้คือ อากาศ นอกจากนี้ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) สำหรับดูดก๊าซ CO_2 และอะลูมินา (Al_2O_3) สำหรับดูดความชื้น ทำให้อากาศแห้ง

<u>แผนผังการทำไนโตรเจนเหลว</u>



ประโยชน์ของไนโตรเจนเหลว

เนื่องจากไนโตรเจนเหลวมีอุณหภูมิต่ำมาก (-196 องศาเซลเซียส) จึงได้นำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ที่ต้องการความเย็นมาก เช่น แช่แข็งอาหารประเภทต่างๆในโรงงานอุตสาหกรรมและในการขนส่ง แช่แข็งเลือด แช่แข็งเซลล์ไขกระดูก แช่แข็งเอ็มบริโอ แช่เข็งน้ำเชื้ออสุจิ และแช่แข็งส่วนต่างๆของร่างกาย เป็นต้น

การทดลอง
การแพร่ของแก๊สแอมโมเนียและแก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำหลอดแก้วที่แห้งและสะอาด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 เซนติเมตรและยาวประมาณ 30 เซนติเมตร ติดกับขาตั้งให้อยู่ในแนวระดับ
2. ใช้สำลีพันปลายไม้ 2 อัน อันหนึ่งชุบสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น และอีกอันหนึ่งชุบสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น นำไม้พันสำลีที่ชุบสารละลายทั้งสองอันมาใกล้กัน สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลง
3. นำไม้พันสำลีจากข้อ 2 สอดเข้าไปในปลายหลอดแก้วพร้อมๆ กันทั้งสองด้าน ด้านละอัน บันทึกเวลาเริ่มต้น
4. สังเกตและทำเครื่องหมายตรงตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น
5. วัดระยะทางจากปลายหลอดทั้งสองถึงตำแหน่งที่สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลง

คำถาม

- สารทั้งสองในการทดลองนี้ทำปฏิกิริยากันหรือไม่ ทราบได้อย่างไร
- ระยะทางจากปลายหลอดทั้งสองจนถึงตำแหน่งที่สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลง แตกต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด
- สารใดแพร่ได้เร็วกว่ากัน ทราบได้อย่างไร

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายงานผลการทดลอง

ชื่อเรื่อง.....

จุดประสงค์ .....

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

อภิปรายผล

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

ตอบคำถามท้ายการทดลอง

.....

.....

.....

.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบฝึกหัด

1. คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แพร่ได้เร็วกว่าแก๊สชนิดหนึ่ง 2.13 เท่า แก๊สชนิดนี้มีมวลโมเลกุลเท่าใด

.....

.....

2. จงเปรียบเทียบอัตราเร็วของแก๊สฮีเลียมและออกซิเจน ที่ความดันและอุณหภูมิเดียวกัน (He เคลื่อนที่เร็วกว่า 2.827 เท่า)

.....

.....

3. จงพิจารณาว่าแก๊สชนิดใดแพร่ได้เร็วที่สุด พร้อมทั้งให้เหตุผล

ก. ออกซิเจน ข. ไนโตรเจน ค. นีออน ง. อาร์กอน

.....

.....

.....

4. ให้ยกตัวอย่างเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของของแข็ง ของเหลว และแก๊สมา 1 ตัวอย่าง พร้อมทั้งบอกประโยชน์ในการนำไปใช้

.....

.....

.....

.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบประเมินการปฏิบัติการทดลอง

กลุ่มที่..... สมาชิก .....

รายการที่ประเมิน	**คะแนนที่ได้**				**หมายเหตุ**
	4	3	2	1	
การวางแผนการทดลอง วิธีดำเนินการทดลอง/การปฏิบัติการทดลอง การแก้ปัญหา/การมีไหวพริบในขณะปฏิบัติการ การบันทึกผลการทดลอง และสรุปผล					
รวม					
ระดับคะแนนที่ได้					

ลงชื่อ (.....)

ผู้ประเมิน

Prince of Songkla University Pattani Campus

เกณฑ์การประเมินการปฏิบัติการทดลอง

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
การวางแผนการทดลอง	
ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการวางแผนการทดลอง	1
ต้องให้ความช่วยเหลือ และข้อเสนอแนะในการวางแผนการทดลอง	2
กำหนดขั้นตอนการวางแผนการทดลองได้ถูกต้อง แต่ยังไม่เหมาะสม	3
กำหนดขั้นตอนการวางแผนการทดลองได้ถูกต้อง และเหมาะสม	4
วิธีดำเนินการทดลอง/ปฏิบัติการทดลอง	
ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการกำหนดวิธีการ ขั้นตอน และการใช้เครื่องมือ	1
กำหนดวิธีการ และขั้นตอนไม่ถูกต้อง ต้องให้ความช่วยเหลือ	2
กำหนดวิธีการขั้นตอนถูกต้อง การใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ยังไม่เหมาะสม	3
กำหนดวิธีการขั้นตอนถูกต้อง เลือกใช้เครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ในการทดลองเหมาะสม	4
การแก้ปัญหา/การมีไหวพริบในขณะปฏิบัติการ	
ไม่สามารถแก้ปัญหา ซึ่งต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมาก และไม่มีไหวพริบในขณะปฏิบัติการ	1
ไม่สามารถแก้ปัญหา ต้องให้ความช่วยเหลือ มีไหวพริบในขณะปฏิบัติการ	2
สามารถแก้ปัญหาได้เล็กน้อย และมีไหวพริบในขณะปฏิบัติการ	3
สามารถแก้ปัญหา และมีไหวพริบในขณะปฏิบัติการ	4
การบันทึกผลการทดลอง และสรุปผล	
ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการบันทึกผลการทดลอง การสรุปผล และการนำเสนอ	1
ต้องให้คำชี้แนะในการบันทึกผลการทดลอง การสรุปผลการทดลองและการนำเสนอ	2
บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองถูกต้องแต่การนำเสนอยังไม่เป็นขั้นตอน	3
บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองถูกต้อง รัดกุม บันทึกการนำเสนอเป็นขั้นตอน	4

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบประเมินรายงานการทดลอง

กลุ่มที่	รายการประเมิน			รวม (10)
	การตั้งจุดประสงค์ (2)	การบันทึกข้อมูลผลการทดลอง (5)	การสรุป / อภิปรายผลการทดลอง (3)	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

ลงชื่อ (.....)

ผู้ประเมิน

เกณฑ์การประเมิน

รายงานผลการทดลอง

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
การตั้งจุดประสงค์	
จุดประสงค์ไม่สอดคล้องกับเนื้อหาที่ศึกษา	1
จุดประสงค์สอดคล้องกับเนื้อหาบางส่วน	2
จุดประสงค์สอดคล้องกับเนื้อหาถูกต้องสมบูรณ์	3
การบันทึกข้อมูลผลการทดลอง	
บันทึกข้อมูลไม่ถูกต้องตามจุดประสงค์	1
บันทึกข้อมูลถูกต้องตามจุดประสงค์บางส่วน	2
บันทึกข้อมูลถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ตามจุดประสงค์	3
การสรุป / อภิปรายผลการทดลอง	
สรุปและอภิปรายผลการทดลองไม่ถูกต้อง	1
สรุปและอภิปรายผลการทดลองถูกต้องตามจุดประสงค์บางส่วน	2
สรุปผลและอภิปรายผลการทดลองถูกต้องและสมบูรณ์ตามจุดประสงค์	3

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบประเมินพฤติกรรม

กลุ่มที่	พฤติกรรมที่สังเกต					
	การมีส่วนร่วม (10)	รับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย (10)	ยอมรับความคิดเห็นผู้อื่น (10)	เจตคติที่ดี (10)	รวม	เทียบส่วน (10)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

Prince of Songkla University
Pattani Campus

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมีเพิ่มเติม
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

<u>คำสั่ง</u> เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงในกระดาษคำตอบ ข้อสอบจำนวน 30 ข้อ

1. สารที่มีอนุภาคเรียงชิดกัน มีรูปร่างที่แน่นอน ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะที่บรรจุ คือสมบัติของสารในสถานะใด
   ก. ของแข็ง ข. ของเหลว
   ค. แก๊ส ง. สารละลาย
2. ข้อใดคือข้อแตกต่างของสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส
   ก. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค ข. ขนาดของอนุภาค
   ค. ชนิดของอนุภาค ง. จำนวนของอนุภาค
3. ฟอสฟอรัสในรูปใดนำไฟฟ้าได้
   ก. ฟอสฟอรัสดำ ข. ฟอสฟอรัสแดง
   ค. ฟอสฟอรัสขาว ง. ฟอสฟอรัสเหลือง
4. กำมะถันรอมบิกและมอนอคลินิกต่างก็มีสูตรโมเลกุล S_8 เพราะเหตุใดจึงมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน
   ก. รูปผลึกต่างกัน ข. จุดหลอมเหลวต่างกัน
   ค. ความหนาแน่นต่างกัน ง. การจัดเรียงโมเลกุลต่างกัน
5. กระบวนการใดที่ให้พลังงานกับสิ่งแวดล้อม
   ก. การระเหิด ข. การหลอมเหลว
   ค. การควบแน่น ง. การกลายเป็นไอ
6. ข้อใด**ไม่ถูกต้อง**เกี่ยวกับการระเหิด
   ก. สารที่มีสถานะเป็นของแข็งเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ
   ข. การระเหิดเกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวหน้าของสารเท่านั้น
   ค. สารที่มีพลังงานจลน์สูงเท่านั้นจึงจะระเหิดได้ดี
   ง. อนุภาคที่ระเหิดได้มีพลังงานจลน์สูงกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเสมอ
7. สารใดต่อไปนี้สามารถระเหิดได้ทุกชนิด
   ก. ลูกเหม็น , การบูร , น้ำแข็งแห้ง ข. น้ำตาล , การบูร , น้ำแข็งแห้ง
   ค. เกลือ , น้ำตาล , น้ำแข็งแห้ง ง. เกลือ , ลูกเหม็น , การบูร
8. เพราะเหตุใดเมื่อมีลมพัดผ่านเราจึงรู้สึกเย็น ทั้งๆที่อุณหภูมิบริเวณนั้นไม่ได้ลดลง
   ก. ลมนำความเย็นเข้ามาทำให้ร่างกายได้รับความเย็น
   ข. ลมทำให้อุณหภูมิบริเวณนั้นลดลงในภายหลัง
   ค. ลมทำให้เหงื่อในตัวระเหยได้ดีขึ้น ร่างกายจึงเสียพลังงานให้เหงื่อกลายเป็นไอ
   ง. ลมทำให้ร่างกายได้รับพลังงานเพิ่มขึ้นอุณหภูมิในร่างกายจึงลดลง

Prince of Songkla University Pattani Campus

9. ถ้ารินเอทานอลลงบนฝ่ามือจะรู้สึกเย็นเนื่องจากการระเหยของเอทานอล ขณะที่ของเหลวระเหยนั้น พลังงานจลน์เฉลี่ยของของเหลวที่เหลือเป็นไปตามข้อใด

ก. ลดลง เพราะของเหลวให้พลังงานแก่สิ่งแวดล้อม

ข. เพิ่มขึ้น เพราะของเหลวดูดพลังงานจากสิ่งแวดล้อม

ค. เพิ่มขึ้น เพราะของเหลวให้พลังงานแก่สิ่งแวดล้อม

ง. ลดลง เพราะของเหลวดูดพลังงานจากสิ่งแวดล้อม

จงใช้ข้อมูลจากตารางตอบคำถามข้อ 10-11 ที่ความดัน 1 บรรยากาศ ของเหลวต่างๆ มีจุดเดือดดังนี้

ของเหลว	**มวลโมเลกุล**	**จุดเดือด (°C)**
เมทานอล	32	64.96
เอทานอล	46	78.50
เบนซีน	78	80.10
น้ำ	18	100.00

10. ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ของเหลวชนิดใดระเหยได้ดีที่สุด

ก. เมทานอล ข. เอทานอล

ค. เบนซีน ง. น้ำ

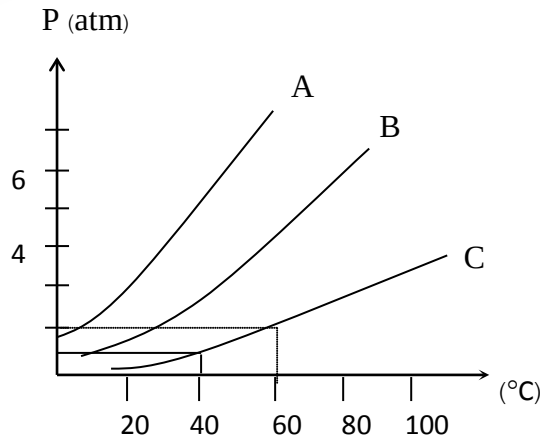
11. ของเหลวใดมีค่าความร้อนแฝงของการเกิดไอสูงที่สุด

ก. เมทานอล ข. เอทานอล

ค. เบนซีน ง. น้ำ

คำชี้แจง จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 12

กราฟความดันไอที่อุณหภูมิต่างๆของของเหลว A, B และ C



Prince of Songkla University Pattani Campus

12. ข้อใดเรียงลำดับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารได้ถูกต้อง

ก. A > B > C ข. C > B > A

ค. A > C > B ง. A = B = C

13. อุณหภูมิขณะที่ของเหลวมีความดันไอ เท่ากับความดันบรรยากาศเรียกว่า

ก. จุดเปลี่ยนสถานะ ข. จุดหลอมเหลว

ค. จุดเหยือกแข็ง ง. จุดเดือด

14. ที่อุณหภูมิเดียวกัน ของเหลว ก ข ค ง และ จ มีความดันไอเป็น 0.11 0.03 0.014 0.07 และ 0.16 atm ตามลำดับ ข้อใดเรียงลำดับจุดเดือดของของเหลวเหล่านี้จากสูงไปต่ำได้ถูกต้อง

ก. ก ข ค ง จ ข. ค ก ง ข จ

ค. ค ข ง ก จ ง. ข จ ค ก ง

15. ข้อใด**ไม่ใช่**ปรากฏการณ์ที่เป็นผลของแรงตึงผิวของของเหลว

ก. แมลงเดินบนผิวน้ำได้ ข. โฟมลอยอยู่บนผิวน้ำ

ค. น้ำกลิ้งเป็นเม็ดกลมๆ บนใบบัว ง. หยดน้ำบนผิวของแอปเปิล

16. กำหนดความตึงผิวของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ ดังตาราง

อุณหภูมิ (^{o}C)	0	25	50	75
ความตึงผิว (N/m)	0.088	0.072	0.067	0.063

ข้อใดถูกต้อง

ก. ความตึงผิวของสารเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ

ข. น้ำที่อุณหภูมิต่ำมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อย

ค. อุณหภูมิไม่มีผลต่อแรงตึงผิวของน้ำ

ง. ความตึงผิวของน้ำที่อุณหภูมิ 100 ^{o}C มีค่าน้อยกว่า 0.063

17. สารที่มีรูปร่างไม่แน่นอน ฟุ้งกระจาย อนุภาคไม่เรียงชิดกัน เป็นสมบัติของสารในสถานะใด

ก. ของแข็ง ข. ของเหลว

ค. แก๊ส ง. สารละลาย

18. เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน เป็นไปตามกฎของใคร

ก. ชาร์ลส์ ข. บอยล์

ค. เกย์ ลูสแซก ง. กฎอาโวกาโดร

Prince of Songkla University Pattani Campus

19. บรรจุแก๊สชนิดหนึ่งในบอลลูน แล้วปล่อยขึ้นสูงในอากาศ ขนาดของบอลลูนจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อเทียบกับตอนที่อยู่บนพื้นดิน

ก. ขนาดเท่าเดิม

ข. ขนาดเล็กลง เพราะอุณหภูมิลดลง

ค. ขนาดเล็กลง เพราะความดันของอากาศเพิ่มขึ้น

ง. ขนาดใหญ่ขึ้น เพราะความดันของอากาศที่กระทำต่อบอลลูนน้อยลง

20. แก๊ส O_2 จำนวนหนึ่ง วัดปริมาตรได้ 200 mL ที่อุณหภูมิ 27°C ความดัน 760 mmHg ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้เป็น 40°C โดยที่ความดันเท่าเดิม แก๊สนี้จะมีปริมาตรกี่มิลลิลิตร

ก. 201 ข. 204

ค. 208 ง. 210

21. แก๊ส He จำนวนหนึ่งบรรจุอยู่ในลูกโป่ง วัดปริมาตรได้ 700 mL ที่อุณหภูมิ 30°C ความดัน 760 mmHg ถ้านำลูกโป่งใบนี้ใส่ในห้องซึ่งมีอุณหภูมิ 40°C ปริมาตรของลูกโป่งจะใหญ่ขึ้นหรือเล็กลงกี่มิลลิลิตร ที่ความดันห้อง 760 mmHg

ก. เพิ่มขึ้น 22 mL ข. เพิ่มขึ้น 23 mL

ค. ลดลง 22 mL ง. ลดลง 23 mL

22. แก๊สเฉื่อยจำนวนหนึ่ง บรรจุอยู่ในภาชนะขนาด 20.0 L ที่อุณหภูมิ 37°C วัดความดันได้ 5.0 atm ถ้าความดันลดลง 2.0 atm ที่อุณหภูมิ 27°C จะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นหรือลดลงกี่ลิตร

ก. เพิ่มขึ้น 12.3 ข. ลดลง 12.3

ค. เพิ่มขึ้น 15.2 ง. ลดลง 15.2

23. แก๊สคลอรีนในภาชนะที่มีปริมาตร 946 ml มีความดันเท่ากับ 726 mmHg ความดันของแก๊สเท่ากับกี่ mmHg เมื่อลดปริมาตรลง 792 ml โดยให้อุณหภูมิคงที่

ก. 2.46×10^3 ข. 4.46×10^3

ค. 6.46×10^3 ง. 8.46×10^3

24. แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จำนวนหนึ่งที่อุณหภูมิ 273 เคลวิน ความดัน 0.5 บรรยากาศ ควบคุมอุณหภูมิคงที่ และเพิ่มความดันเป็น 0.9 บรรยากาศ ปริมาตรจะเป็นกี่เท่าของปริมาตรเดิม

ก. 0.45 ข. 0.56

ค. 0.64 ง. 0.88

25. แก๊สชนิดหนึ่งที่ 25 องศาเซลเซียส ความดัน 640 มิลลิเมตรปรอท มีความหนาแน่น 1.12 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แก๊สชนิดนี้มีมวลโมเลกุลตรงกับข้อใด

ก. 32 ข. 46

ค. 65 ง. 92

Prince of Songkla University Pattani Campus

26. ข้อใดคือการแพร่ของแก๊ส

ก. กระบวนการที่แก๊สเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยมีการชนกันระหว่างโปรตอนตลอดเวลา

ข. กระบวนการที่แก๊สเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยมีการชนกันระหว่างมวลตลอดเวลา

ค. กระบวนการที่แก๊สเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยมีการชนกันระหว่างอะตอมตลอดเวลา

ง. กระบวนการที่แก๊สเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยมีการชนกันระหว่างโมเลกุลตลอดเวลา

27. แก๊สชนิดใดต่อไปนี้แพร่ได้เร็วเท่ากัน (H = 1, C = 12, N = 14, O = 16, S = 32, As = 74.92)

ก. NO และ CO

ข. CO_2, NO_2 และ SO_2

ค. NH_3, PH_3 และ AsH_3

ง. N_2 และ CO

28. แก๊สใดมีอัตราการแพร่เป็น 2 เท่าของ SO_2 ที่สภาวะเดียวกัน (H = 1, C = 12, N = 14, O = 16)

ก. O_2

ข. CH_4

ค. CO_2

ง. NO_2

29. ขั้นตอนในการทำน้ำแข็งแห้งจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ประกอบด้วย

a. ทำให้แห้งและบริสุทธิ์

b. อัดผ่านรูพรุน

c. เพิ่มความดันและลดอุณหภูมิ

การเรียงลำดับขั้นตอนตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงขั้นสุดท้าย ข้อใดถูก

ก. c b และ a

ข. b a และ c

ค. a c b และ c

ง. c a c และ b

30. จงพิจารณาว่าข้อความใดถูกต้อง

a. ทางการเกษตรใช้น้ำแข็งแห้งเก็บน้ำเชื้อที่ใช้ในการผสมเทียม

b. ในอุตสาหกรรมห้องเย็นใช้ไนโตรเจนเหลวในการเก็บรักษาคุณภาพ และยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร

c. การเก็บเนื้อเยื่อต่างๆทางการแพทย์ เช่น เซลล์กระดูก การแช่แข็งเลือดใช้ไนโตรเจนเหลว

d. ปัจจุบันใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของไหลสกัดสารคาเฟอีนจากเมล็ดกาแฟดิบ

ก. a และ b

ข. a และ d

ค. b และ c

ง. c และ d

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

จงอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถาม

สถานการณ์ที่ 1

อัญชลีจำเป็นต้องจัดงานเทศกาลในโรงยิมแห่งหนึ่ง ซึ่งต้องใช้ลูกโป่งจำนวนมาก และลูกโป่งนั้นจะต้องมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของขนาดที่ช้าที่สุด โดยที่บ้านอัญชลีมีถังแก๊สอยู่ 4 ถัง คือถังแก๊สฮีเลียม (He) ถังแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) ถังแก๊สออกซิเจน(O_2) และถังแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อัญชลีลองบรรจุแก๊สในลูกโป่งอย่างละใบ แล้วปล่อยลูกโป่งทั้ง 4 ใบ ไว้ค้างคืนในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิและความดันคงที่ วันรุ่งขึ้นพบว่าลูกโป่งทุกใบมีขนาดเล็กลง และลูกโป่งแต่ละใบมีขนาดเล็กลงที่แตกต่างกัน นักเรียนคิดว่าลูกโป่งใบที่บรรจุแก๊สชนิดใดมีการเปลี่ยนแปลงช้าสุด ให้นักเรียนอธิบายโดยใช้ทฤษฎีการแพร่ของแก๊ส

1. ปัญหาของอัญชลีในการบรรจุแก๊สในลูกโป่งคืออะไร

.....

.....

.....

2. สาเหตุของปัญหาเกิดจากอะไรบ้าง

.....

.....

.....

3. นักเรียนจะแก้ปัญหานี้ได้อย่างไร (ตอบเป็นขั้นตอน)

.....

.....

.....

.....

.....

4. เมื่อนักเรียนได้ทำตามตามขั้นตอนดังกล่าว ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

สถานการณ์ที่ 2

เอมมิกาได้อ่านข่าวในหนังสือพิมพ์ฉบับหนึ่งความว่า รมช.สาธารณสุข กล่าวว่า ขณะนี้หลายพื้นที่ประสบอุทกภัย และมีน้ำท่วมขัง ปัญหาหนึ่งที่สามารถเกิดขึ้นได้โดยมีผลโดยตรงต่อสุขภาพประชาชน คือ ปัญหาด้านแมลงและสัตว์มีพิษชนิดต่างๆที่มากับน้ำท่วม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ยุงลายพาหะนำโรคไข้เลือดออก ซึ่งการระบาดของโรคมีแนวโน้มรุนแรงเพิ่มขึ้นทุกปี และพบว่ายุงลายมีแนวโน้มดื้อต่อสารกำจัดแมลงเพิ่มขึ้นในหลายพื้นที่ ซึ่งเป็นที่วิตกกังวลว่า การควบคุมยุงลาย โดยเจ้าหน้าที่เพียงลำพัง อาจไม่ทันการ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ได้คิดวิธีการกำจัดลูกน้ำยุงลายแบบง่ายๆ โดยลดแรงตึงผิวของน้ำตรงบริเวณที่มีน้ำขัง จานรองกระถางต้นไม้ ที่รองขาตู้กับข้าวโดยใช้สารลดแรงตึงผิวที่มีอยู่ในบ้าน หากนักเรียนเป็นเอมมิกานักเรียนจะใช้สารลดแรงตึงผิวอะไรในการกำจัดยุงลาย และเพราะเหตุใดการใช้สารลดแรงตึงผิวจึงช่วยกำจัดยุงลายได้ อธิบายโดยใช้ทฤษฎีแรงดึงผิวและความตึงผิว

1. ปัญหาที่เกิดขึ้นคืออะไร

.....

.....

.....

2. สาเหตุของปัญหาเกิดจากอะไรบ้าง

.....

.....

.....

3. นักเรียนจะแก้ปัญหานี้ได้อย่างไร (ตอบเป็นขั้นตอน)

.....

.....

.....

.....

4. เมื่อนักเรียนได้ทำตามตามขั้นตอนดังกล่าว ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบวัดเจตคติ

แบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E)

คำชี้แจง

1. แบบวัดเจตคติฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อถามความรู้สึกของนักเรียนเกี่ยวกับเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบวัดเจตคติฉบับนี้มีทั้งหมด 20 ข้อ ในแต่ละข้อจะมีช่องว่างให้เลือกตอบ 5 ช่อง

2. ให้นักเรียนอ่านข้อความในแต่ละข้อให้ละเอียด แล้วพิจารณาว่าตรงกับความรู้สึกหรือความคิดเห็นของนักเรียนในความคิดเห็นใด แล้วกาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความรู้สึกหรือความคิดเห็น

3. การตอบนั้นไม่มีคำตอบที่ถูกหรือผิด เพราะแต่ละคนย่อมมีความรู้สึกหรือความคิดเห็นที่แตกต่างกัน ขอให้นักเรียนตอบตามความรู้สึกหรือความคิดเห็นที่แท้จริง

ตัวอย่าง

ข้อความ	ความคิดเห็น				
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
0. การเรียนวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนเป็นคนช่างสังเกต	✓				
00. ข้าพเจ้ารู้สึกหนักใจเมื่อต้องทำกิจกรรมวิทยาศาสตร์				✓	

Prince of Songkla University Pattani Campus

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
บทบาทผู้สอน					
1. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้แก่นักเรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้ทราบแนวทางในการเรียนรู้					
2. ครูสำรวจความรู้เดิมของนักเรียนก่อนเข้าสู่บทเรียนทำให้เสียเวลาในการเรียน					
3. ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนคิดค้นคว้า และแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง					
4. ครูกระตุ้นให้นักเรียนคิด และนำความรู้มาแก้ปัญหา ทำให้การเรียนรู้เป็นเรื่องที่สนุกมากขึ้น					
บทบาทสมาชิกในกลุ่ม					
5. ได้เรียนรู้โดยการปฏิบัติกิจกรรมตามความชอบและความสนใจของตนเอง					
6. เป็นการเรียนรู้ที่มีอิสระในการแสดงความคิดเห็น					
7. การให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่มช่วยให้งานมีประสิทธิภาพมากขึ้น					
8. การได้มีโอกาสอภิปรายและแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็นกับผู้อื่น ทำให้ข้าพเจ้าเข้าใจเนื้อหาในบทเรียนเพิ่มมากขึ้น					
วิธีการจัดการเรียนรู้					
9. การเรียนวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนได้ใฝ่รู้แสวงหาความรู้และสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง					
10. การเรียนวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ และแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับการดำรงชีวิต					
11. การได้ทำการทดลองด้วยตนเองจะช่วยให้มีความชำนาญและเข้าใจเนื้อหามากขึ้น					
12. การเรียนวิทยาศาสตร์ได้ฝึกทักษะทางสังคมได้ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างเพื่อน และครู					
การวัดและประเมินผล					
13. ครูใช้เครื่องมือในการวัดได้เหมาะสมกับการเรียนรู้					

Prince of Songkla University Pattani Campus

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
14. ข้าพเจ้าเห็นด้วยกับการใช้ผลงานกลุ่มเป็นส่วนหนึ่งของผลการเรียน					
15. การวัดและประเมินผลเป็นสิ่งที่ไม่จำเป็น					
16. การประเมินผลช่วยให้เราทราบศักยภาพและพัฒนาการเรียนรู้					
ประโยชน์ที่ได้รับ					
17. วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่มีคุณค่าในการดำรงชีวิต					
18. วิทยาศาสตร์มีเนื้อหาใหม่ๆ ที่ซ่อนเร้นอยู่ ทำให้น่าเรียนและทำความเข้าใจ					
19. วิทยาศาสตร์ไม่ได้ช่วยให้คนเราคิดและทำงานอย่างเป็นระบบ					
20. คนที่ได้รับการฝึกทักษะทางวิทยาศาสตร์จะทำให้มีความคล่องแคล่วในการทำงาน					

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบบันทึกภาคสนาม
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
โรงเรียนศาสนูปถัมภ์ จังหวัดปัตตานี

คำชี้แจง แบบบันทึกภาคสนามนี้ ผู้วิจัยใช้สำหรับบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นขณะจัดการเรียนรู้ ปัญหา/ ข้อบกพร่องของการจัดการเรียนรู้

วัน/เดือน/ปี	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้และสิ่งที่เอื้อต่อการเรียนรู้	ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะอื่น ๆ
	ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase)			

Prince of Songkla University Pattani Campus

วัน/เดือน/ปี	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้และสิ่งที่เอื้อต่อการเรียนรู้	ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะอื่น ๆ
	ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)			

Prince of Songkla University
Pattani Campus

วัน/เดือน/ปี	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้และสิ่งที่เอื้อต่อการเรียนรู้	ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะอื่น ๆ
	ขั้นขยายความคิด (Expansion Phase / Elaboration Phase) ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)			

Prince of Songkla University Pattani Campus

วัน/เดือน/ปี	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้และสิ่งที่เอื้อต่อการเรียนรู้	ปัญหา/ข้อบกพร่อง	ข้อเสนอแนะอื่น ๆ
	ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase)			

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ภาคผนวก ง
ผลการสัมภาษณ์นักเรียน

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ผู้วิจัย : นักเรียนรู้สึกอย่างไรต่อวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น
นักเรียนคนที่ 1 (A1) : ตอนแรกๆหนูก็รู้สึกแปลกๆเพราะยังไม่เคยเรียน แต่พอได้เรียนและได้รู้จักเกี่ยวกับการเรียนการสอนแบบนี้ก็รู้สึกสนุกและได้รู้จักการเรียนรู้หลายด้านด้วยค่ะ
นักเรียนคนที่ 2 (A2) : เป็นการเรียนที่ฝึกทักษะต่างๆมากมาย ทำให้ดิฉันมีความรู้ความเข้าใจมากยิ่งขึ้นค่ะ
นักเรียนคนที่ 3 (A3) : มีความรู้สึกว่า เป็นการเรียนรู้ด้วยตนเอง ที่ต้องสืบหาคำตอบให้ได้ ทำให้ต้องใช้ความคิดอย่างมาก แต่รู้สึกสนุกพอได้คำตอบออกมาแล้วเป็นคำตอบที่ถูกต้อง
นักเรียนคนที่ 4 (A4) : เป็นการเรียนที่ดีกว่าการเรียนที่ผ่านมา เพราะพื้นฐานของนักเรียนแต่ละคนไม่เหมือนกัน ทำให้ได้ช่วยเหลือกันในกลุ่ม
นักเรียนคนที่ 5 (A5) : รู้สึกประทับต่อการเรียนแบบนี้ เพราะในการเรียนรู้ต้องมีความกระตือรือร้นตลอดเวลา ทำให้ได้ความรู้เพิ่มขึ้น
นักเรียนคนที่ 6 (A6) : รู้สึกว่า มีความสนุกจากการเรียนแบบ 7E เพราะมันเข้าใจง่ายกว่าการเรียนแบบปกติทั่วไปค่ะ

ผู้วิจัย : นักเรียนประทับใจกิจกรรมในขั้นตอนใดในการจัดเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เพราะเหตุใด
นักเรียนคนที่ 1 (A1) : หนูชอบตอนสำรวจและค้นหา เพราะได้ทำการทดลอง ได้ทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อนๆ มีการแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนๆ และได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมต่างๆ
นักเรียนคนที่ 2 (A2) : ขั้นสำรวจและค้นหา เพราะขั้นตอนนี้สร้างความสนใจให้กับดิฉันและเพื่อนได้เป็นอย่างดี ได้ทำการทดลอง ได้ทำกิจกรรมภาคสนามมากยิ่งขึ้น
นักเรียนคนที่ 3 (A3) : ชอบตอนสำรวจและค้นหา เพราะช่วยให้สามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปเชื่อมโยงกับกิจกรรมที่ต้องทำ และเป็นสิ่งสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยค่ะ
นักเรียนคนที่ 4 (A4) : ขั้นนำความรู้ไปใช้ เพราะเราสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ ทำให้เรารู้ถึงประสิทธิภาพของตัวเอง และจะทำให้ความรู้ที่มีอยู่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
นักเรียนคนที่ 5 (A5) : ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม เพราะช่วยให้นักเรียนได้กระตุ้นความคิด ความรู้ที่เรียนมาแล้ว มาทบทวนใหม่ เพื่อให้เรามีความเข้าใจในบทเรียนมากขึ้น
นักเรียนคนที่ 6 (A6) : ชอบขั้นตอนการตรวจสอบความรู้เดิมค่ะ เพราะครูจะถามความรู้เดิม และนักเรียนก็จะตอบคำถามจากความรู้เดิมที่นักเรียนได้รับมา ทำให้ครูจัดการเรียนการสอนตามความรู้ที่นักเรียนมีอยู่

Prince of Songkla University Pattani Campus

ผู้วิจัย : การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งนี้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในขั้นตอนใด เพื่อนๆ ยอมรับความคิดเห็นของนักเรียน และสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนได้หรือไม่ อย่างไร
นักเรียนคนที่ 1 (A1) : หนูได้มีส่วนร่วมในทุกกิจกรรมในการเรียน โดยเฉพาะกิจกรรมการทดลอง การอภิปรายผลการทดลอง เพราะหนูและเพื่อนๆต่างก็แสดงความคิดเห็นและยอมรับความคิดเห็นของกันและกัน และแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนคนอื่นๆทุกคนได้
นักเรียนคนที่ 2 (A2) : การทดลอง ทุกคนในกลุ่มก็ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นของกันและกัน
นักเรียนคนที่ 3 (A3) : ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการทดลองร่วมกันในกลุ่ม สามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนได้
นักเรียนคนที่ 4 (A4) : ขั้นอธิบาย เพราะเมื่อเพื่อนๆมีข้อสงสัยก็มักจะถามหนู แต่ถ้าหนูไม่สามารถอธิบายได้ ก็จะถามคุณครูเพื่อให้ข้อสงสัยนั้นกระจ่าง
นักเรียนคนที่ 5 (A5) : ขั้นขยายความคิด เพราะสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนได้ โดยการนำความรู้ที่สร้างขึ้นในการทำกิจกรรมไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือความคิดที่ได้ค้นคว้ามาอธิบายภายในกลุ่มและทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น
นักเรียนคนที่ 6 (A6) : การทดลอง เพราะหลังจากการทดลอง ได้มีการแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนและสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้

ผู้วิจัย : เวลาที่ครูใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร
นักเรียนคนที่ 1 (A1) : หนูคิดว่าทุกๆกิจกรรมอาจารย์ได้แบ่งเวลาได้อย่างเหมาะสมแล้ว อาจารย์ได้ใช้เวลาที่มีอยู่จำกัด โดยสามารถสอนเนื้อหาได้ครบ
นักเรียนคนที่ 2 (A2) : เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมมีความเหมาะสม เนื่องจากเวลาที่กระชั้นชิด ซึ่งครูผู้สอนสามารถบริหารเวลาได้ดี มีทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ทำให้มีความเข้าใจและชอบวิชาเคมีมากขึ้น
นักเรียนคนที่ 3 (A3) : คิดว่า มีความเหมาะสมแล้ว แต่หากมีเวลามากกว่านี้ก็จะดีกว่านี้ค่ะ จะได้มีเวลาค้นคว้าเพิ่มเติมมากขึ้น
นักเรียนคนที่ 4 (A4) : เหมาะสม เพราะครูสามารถใช้เวลาที่มีอยู่จำกัด ให้สามารถทำกิจกรรมให้เสร็จลุล่วงได้
นักเรียนคนที่ 5 (A5) : เวลาที่ใช้ในการทดลอง อภิปรายผล สรุปผลการทดลองมีความเหมาะสม แต่เวลาที่ใช้ในการสรุปเนื้อหาค่อนข้างน้อย หากมีเวลามากกว่านี้ก็จะดีมากค่ะ
นักเรียนคนที่ 6 (A6) : เหมาะสมค่ะ เพราะเวลาที่จัดการเรียนการสอนครบตามเนื้อที่สอน

Prince of Songkla University Pattani Campus

ผู้วิจัย : นักเรียนพบเจอปัญหาอะไรบ้างในการทำกิจกรรม มีข้อเสนอแนะ หรืออยากให้ครูเพิ่มเติมเนื้อหา/กิจกรรมอะไรอีกบ้าง เพื่อทำให้การจัดการเรียนรู้ของครูเป็นที่พอใจของนักเรียน

นักเรียนคนที่ 1 (A1) : ปัญหาที่พบในการทำกิจกรรม คือ ไม่ค่อยได้ทำการทดลอง ทำให้มีความตื่นเต้น และไม่ระมัดระวังเท่าที่ควร จึงทำอุปกรณ์เครื่องแก้วแตก ส่วนการเรียนการสอนค่อนข้างสนุกและเข้าใจในบทเรียนที่อาจารย์สอนได้อย่างดี แต่อยากให้เพิ่มเวลาการจัดการเรียนรู้มากกว่านี้

นักเรียนคนที่ 2 (A2) : เวลาน้อยเกินไป ทำให้เวลาในการทำกิจกรรมน้อยลงด้วย

นักเรียนคนที่ 3 (A3) : เพราะไม่ค่อยได้จับอุปกรณ์เครื่องแก้ว ไม่ค่อยได้ทำการทดลอง ทำให้เวลาจับอุปกรณ์เครื่องแก้ว เกิดความไม่ระมัดระวังจนทำให้เครื่องแก้วแตก ถ้าหากได้ทำการทดลองบ่อยๆ เหมือนที่ครูสอนก็จะช่วยในเรื่องการใช้ทักษะการทำการทดลองได้ด้วย

นักเรียนคนที่ 4 (A4) : อยากให้เวลาเรียนมากกว่านี้ เพราะเรียนแล้วสนุก

นักเรียนคนที่ 5 (A5) : มีปัญหาเรื่องการลงมือทำกิจกรรมและข้อสงสัยปัญหาภายในกลุ่ม อยากให้ครูมาอธิบายในกลุ่มอีกครั้งเพื่อให้เข้าใจในการทำกิจกรรมมากขึ้น เพราะไม่ถนัดกับการทำการทดลอง เวลามีปัญหาจึงไม่สามารถแก้ปัญหาได้

นักเรียนคนที่ 6 (A6) : เสนอแนะเรื่องเวลาค่ะ อยากให้ครูช่วยยืดเวลาให้มากกว่านี้ เพราะเรียนแล้วสนุก

Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาคผนวก จ
คุณภาพของเครื่องมือการวิจัย

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี

ข้อสอบข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ข้อสอบข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5	
1	1	1	1	1	1	1	21	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	22	1	1	1	1	1	1
3	1	-1	1	1	1	0.6	23	0	1	1	1	1	0.8
4	0	1	1	1	1	0.8	24	1	0	1	0	1	0.6
5	1	1	1	1	1	1	25	1	1	1	1	1	1
6	1	-1	-1	1	1	0.2	26	1	1	1	1	1	1
7	1	-1	-1	1	1	0.2	27	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	0	1	0.8	28	0	1	1	1	0	0.6
9	1	0	-1	1	1	0.4	29	1	1	1	1	1	1
10	1	1	-1	1	1	0.6	30	1	1	1	1	1	1
11	1	1	-1	1	1	0.6	31	1	1	1	1	1	1
12	1	-1	-1	1	1	0.2	32	1	1	1	1	1	1
13	1	0	1	0	1	0.6	33	1	1	1	1	1	1
14	1	0	1	1	1	0.8	34	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	35	1	1	1	1	1	1
16	0	-1	1	1	0	0.2	36	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1	37	0	1	1	1	1	0.8
18	1	0	1	0	1	0.6	38	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	39	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	40	1	1	1	1	1	1

Prince of Songkla University Pattani Campus

ข้อสอบข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ข้อสอบข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5	
41	1	1	1	1	1	1	46	1	1	1	1	1	1
42	1	1	1	1	1	1	47	1	1	1	1	1	1
43	1	1	1	1	1	1	48	1	1	1	1	1	1
44	1	1	1	1	1	1	49	1	1	1	1	1	1
45	1	1	1	1	1	1	50	1	1	1	1	1	1

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ความสอดคล้องระหว่างข้อความกับขอบข่ายที่ต้องการวัดของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ตาราง ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ข้อสอบข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5	
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1

Prince of Songkla University Pattani Campus

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) ระหว่างข้อความกับเจตคติที่มีผลต่อรูปแบบการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E)

ตาราง ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E)

ข้อสอบข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					IC	ข้อสอบข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					IC
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5	
1	1	1	1	1	1	1	21	1	1	0	1	1	0.8
2	1	1	1	1	1	1	22	1	1	0	1	1	0.8
3	1	1	-1	1	1	0.6	23	1	1	0	1	1	0.8
4	1	1	1	1	1	1	24	1	1	0	1	1	0.8
5	1	1	1	1	1	1	25	1	1	1	0	1	0.8
6	1	1	1	1	1	1	26	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	27	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	0	1	0.8	28	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	29	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	30	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	31	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	32	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	33	1	1	1	1	1	1
14	1	1	0	1	1	0.8	34	1	1	1	1	1	1
15	1	1	-1	1	1	0.6	35	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	36	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1	37	1	1	1	1	1	1
18	1	1	0	1	1	0.8	38	1	1	1	1	1	1
19	1	1	0	1	1	0.8	39	1	1	1	1	1	1
20	1	1	0	1	1	0.8	40	1	1	1	1	1	1

Prince of Songkla University Pattani Campus

ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี

ข้อที่	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ข้อที่	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก
1	0.53	0.5	16	0.60	0.27
2	0.60	0.45	17	0.63	0.32
3	0.58	0.41	18	0.53	0.23
4	0.58	0.77	19	0.53	0.23
5	0.63	0.23	20	0.58	0.32
6	0.51	0.27	21	0.49	0.23
7	0.65	0.36	22	0.65	0.36
8	0.58	0.32	23	0.49	0.23
9	0.63	0.23	24	0.58	0.23
10	0.60	0.27	25	0.63	0.32
11	0.51	0.27	26	0.53	0.23
12	0.67	0.23	27	0.53	0.23
13	0.63	0.23	28	0.65	0.36
14	0.53	0.23	29	0.63	0.23
15	0.56	0.27	30	0.49	0.23

Prince of Songkla University Pattani Campus

ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ตาราง ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ข้อที่	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก
1	0.52	0.53
2	0.49	0.51

Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาคผนวก ฉ

คะแนนการทดสอบของนักเรียนจากการจัดการเรียนรู้

- ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี

- ทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

- วัดเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตาราง คะแนนจากการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้รูปแบบการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E)

นักเรียนคนที่	คะแนน	นักเรียนคนที่	คะแนน
1	16	23	22
2	20	24	20
3	19	25	23
4	24	26	22
5	21	27	26
6	25	28	23
7	25	29	25
8	22	30	25
9	23	31	18
10	21	32	18
11	20	33	21
12	23	34	25
13	23	35	22
14	23	36	19
15	24	37	20
16	21	38	25
17	24	39	18
18	22	40	25
19	26	41	27
20	22	42	24
21	28	43	19
22	22		

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตาราง คะแนนจากการทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้รูปแบบการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E)

นักเรียนคนที่	คะแนน	นักเรียนคนที่	คะแนน
1	7	23	12
2	7	24	11
3	11	25	11
4	6	26	11
5	8	27	13
6	10	28	12
7	10	29	13
8	12	30	13
9	12	31	13
10	12	32	12
11	11	33	12
12	14	34	13
13	11	35	14
14	10	36	10
15	10	37	15
16	10	38	13
17	13	39	12
18	12	40	14
19	11	41	12
20	10	42	13
21	12	43	13
22	11		

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตาราง คะแนนจากการวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

นักเรียนคนที่	คะแนนเจตคติ		นักเรียนคนที่	คะแนนเจตคติ	
	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้		ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
1	2.95	4.35	23	2.75	4.25
2	3.05	4.50	24	2.85	4.15
3	3.05	4.30	25	3.15	4.10
4	3.05	4.40	26	3.40	4.45
5	3.50	4.65	27	3.25	4.15
6	3.35	4.25	28	3.10	4.40
7	3.00	4.35	29	3.00	4.30
8	2.70	4.10	30	3.20	4.70
9	3.20	4.20	31	3.00	4.30
10	3.40	4.40	32	3.05	4.25
11	2.95	4.30	33	2.90	4.40
12	3.05	4.30	34	2.80	4.35
13	3.25	4.25	35	2.95	4.50
14	3.25	4.40	36	2.90	4.40
15	2.85	4.15	37	2.75	4.20
16	2.80	4.35	38	2.45	4.35
17	3.10	4.60	39	2.65	4.50
18	3.05	4.20	40	2.50	4.30
19	2.50	4.35	41	2.60	4.20
20	2.65	4.15	42	2.55	4.40
21	2.70	4.20	43	2.60	4.60
22	2.95	4.20			

Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาคผนวก ช
ภาพแสดงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

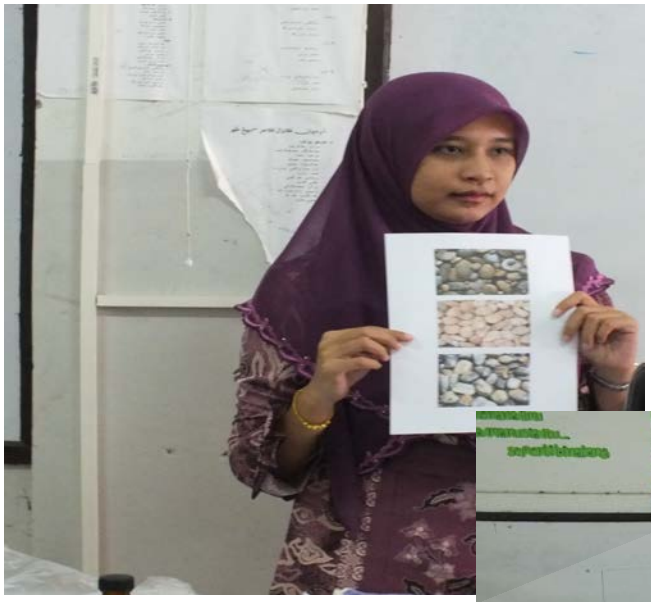
Prince of Songkla University
Pattani Campus

ผู้วิจัยอธิบาย บทบาทหน้าที่ของผู้เรียนและบทบาทของผู้วิจัย เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจ และเตรียมความพร้อมของตนเองก่อนการวิจัย

ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นเร้าความสนใจ



Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นสำรวจและค้นหา
การศึกษารูปผลึกกำมะถัน

Prince of Songkla University Pattani Campus

การเปรียบเทียบความดันไอของของเหลว

Prince of Songkla University Pattani Campus

ผลของความดันหรืออุณหภูมิต่อปริมาตรของแก๊ส

Prince of Songkla University Pattani Campus

การแพร่ของแก๊สแอมโมเนียและแก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์

Prince of Songkla University Pattani Campus

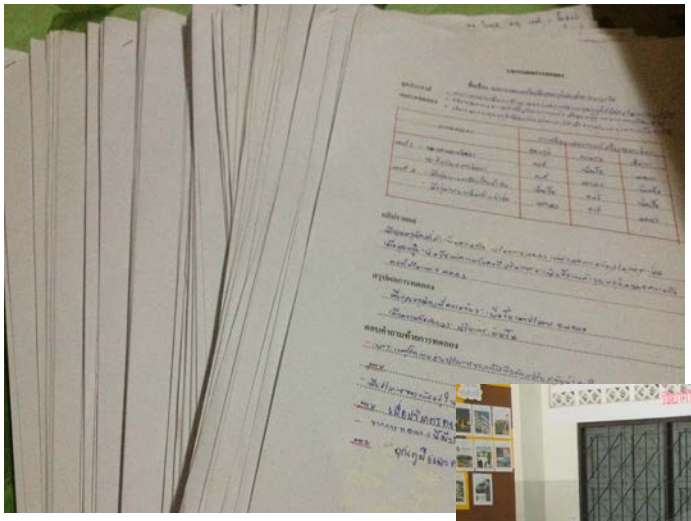
ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นขยายความคิด

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นตอนการประเมินผล

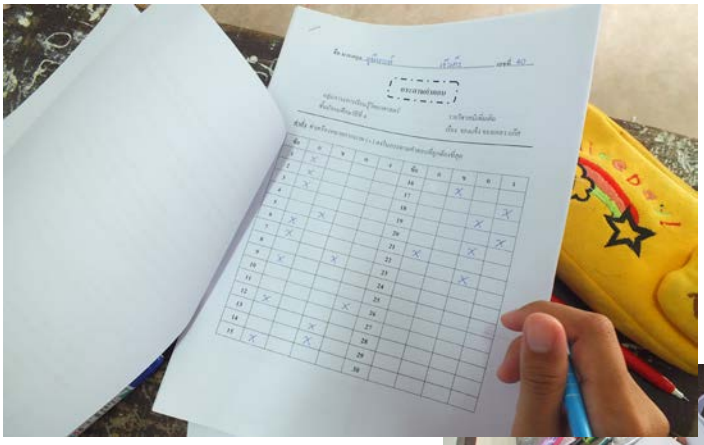


Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นนำความรู้ไปใช้

Prince of Songkla University Pattani Campus

สอบวัดผลสัมฤทธิ์ และวัดความสามารถในการแก้ปัญหา



Prince of Songkla University Pattani Campus