Prince of Songkla University
Pattani Campus

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ภาคผนวก ง คุณภาพของแบบทดสอบและแบบวัด

ภาคผนวก จ ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับโมเดล T5 แบบกระดาษ ที่มีต่อความสำเร็จของชิ้นงาน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความรับผิดชอบต่อการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี

แผนการจัดการเรียนรู้

1.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาภรณ์ ดอกไม้ศรีจันทร์	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
2.	ดร.ภมรรัตน์ เกื้อเส้ง	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
3.	ดร.ไรนา ปันตะ	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
4.	อาจารย์ซารีม๊ะ ยามู	ครูชำนาญการ โรงเรียเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี

1.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาภรณ์ ดอกไม้ศรีจันทร์	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
2.	ดร.ภมรรัตน์ เกื้อเส้ง	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
3.	ดร.ไรนา ปันตะ	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
4.	อาจารย์ซารีม๊ะ ยามู	ครูชำนาญการ โรงเรียนบัญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี

Prince of Songkla University
Pattani Campus

แบบประเมินความสำเร็จของชิ้นงาน

1.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาภรณ์ ดอกไม้ศรีจันทร์	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
2.	ดร.ภมรรัตน์ เกื้อเส้ง	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
3.	ดร.ไรนา ปันตะ	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

Prince of Songkla University
Pattani Campus

แบบประเมินความรับผิดชอบ

1.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาภรณ์ ดอกไม้ศรีจันทร์	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
2.	ดร.ภมรรัตน์ เกื้อเส้ง	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
3.	ดร.ไรนา ปันตะ	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

Prince of Songkla University
Pattani Campus

แบบประเมินความพึงพอใจ

1.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาภรณ์ ดอกไม้ศรีจันทร์	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
2.	ดร.ภมรรัตน์ เกื้อเส้ง	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
3.	ดร.ไรนา ปันตะ	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

Prince of Songkla University
Pattani Campus

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับโมเดล T5 แบบกระดาษ

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับโมเดล T5 แบบกระดาษ

รายวิชาเคมีเพิ่มเติม	**รหัสวิชา ว31218**	**ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1	**เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์**	**ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559**
ผู้สอน นางสาวซัลซาบีลา สาและ		**จำนวน 18 คาบ**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

Prince of Songkla University Pattani Campus

2. สาระสำคัญ / ความคิดรวบยอด

สารต่าง ๆ ประกอบด้วยอะตอมหรือโมเลกุลที่มีสมบัติเฉพาะตัวและแตกต่างจากสารอื่น ๆ อะตอมหรือโมเลกุลของสารต่างชนิดกันจะมีมวลไม่เท่ากัน อะตอมมีขนาดเล็กมาก การหามวลอะตอมของธาตุจึงใช้วิธีการเปรียบเทียบมวลของธาตุ 1 อะตอมกับมวลของธาตุมาตรฐาน 1 อะตอม นั่นคือ เปรียบเทียบมวลของธาตุ 1 อะตอม กับ 1/12 มวลของ ^{12}C จำนวน 1 อะตอม โดยธาตุในธรรมชาติส่วนใหญ่มีหลายไอโซโทป มวลอะตอมของธาตุจึงเป็นค่าเฉลี่ยจากค่ามวลอะตอมและปริมาณของแต่ละไอโซโทปที่มีอยู่ในธรรมชาติ

โมเลกุลของสารเป็นอนุภาคขนาดเล็ก การหามวลโมเลกุลของสารจึงใช้วิธีการเปรียบเทียบมวลของสาร 1 โมเลกุลกับ 1/12 มวลของ ^{12}C จำนวน 1 อะตอม ในกรณีที่ทราบสูตรเคมีหรือจำนวนอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบใน 1 โมเลกุลของสาร และทราบมวลอะตอมของธาตุ จะสามารถคำนวณหามวลโมเลกุลของสารนั้นได้ โดยที่ปริมาณของสารสามารถบอกได้ในหน่วยต่าง ๆ กัน เช่น มวล ปริมาตร โมล และจำนวนอนุภาค เป็นต้น

สารใด ๆ จำนวน 1 โมล หมายถึง ปริมาณของสารที่มีจำนวนอนุภาคเท่ากับจำนวนอะตอมของ ^{12}C ที่มีมวล 12 กรัม โดยที่สาร 1 โมล มีจำนวนอนุภาคเท่ากับเลขอาโวกาโดร คือ 6.02×10^{23} อนุภาค และสารใด ๆ ปริมาณ 1 โมล มีมวลเป็นกรัมเท่ากับมวลอะตอมของธาตุหรือมวลโมเลกุลของสารนั้น ๆ

แก๊สใด ๆ 1 โมล มีปริมาตร 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตร (dm^3) หรือ 22.4 ลิตร (L) ที่สภาวะมาตรฐาน (STP) คือ ณ สภาวะที่อุณหภูมิ 0 °C และความดัน 1 บรรยากาศ (atm) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ปริมาตรต่อโมลของแก๊สใด ๆ มีค่าเท่ากับ 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตรต่อโมล หรือ 22.4 ลิตรต่อโมล ที่ STP

สารละลายเป็นสารเนื้อเดียว ประกอบด้วย ตัวทำละลายและตัวถูกละลาย โดยที่ปริมาณของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย แสดงได้ด้วยค่าความเข้มข้นของสารละลาย ซึ่งความเข้มข้นของสารละลายอาจบอกเป็นร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี หรือเศษส่วนโมล สำหรับการเตรียมสารละลายสามารถทำได้โดยการนำสารบริสุทธิ์มาละลายในตัวทำละลาย หรือนำสารละลายเข้มข้นมาทำให้เป็นสารละลายเจือจาง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

3.1 อธิบายความหมายของมวลอะตอมและมวลของธาตุ 1 อะตอมได้

3.2 คำนวณหามวลอะตอมของธาตุและมวลของธาตุ 1 อะตอมได้

3.3 คำนวณหามวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ เมื่อทราบมวลอะตอมและปริมาณของแต่ละไอโซโทปที่มีอยู่ในธรรมชาติได้

3.4 อธิบายความหมายของมวลโมเลกุลและมวลของสาร 1 โมเลกุลได้

3.5 คำนวณหามวลโมเลกุลของสารและมวลของสาร 1 โมเลกุลได้

3.6 บอกความหมายของปริมาณสาร 1 โมลและเลขอาโวกาโดรได้

3.7 บอกความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารต่อไปนี้ได้

3.7.1 โมลกับจำนวนอนุภาค

3.7.2 โมลกับมวล

3.8 บอกความสัมพันธ์ระหว่างโมลกับปริมาตรของแก๊สที่ STP ได้

3.9 คำนวณหาจำนวนอนุภาคของสาร มวล ปริมาตรของแก๊สที่ STP หรือจำนวนโมลได้ เมื่อทราบปริมาณใดปริมาณหนึ่ง

3.10 อธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล

Prince of Songkla University Pattani Campus

3.11 คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล

3.12 เตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรตามที่ต้องการได้

ด้านทักษะกระบวนการ (P)

3.13 ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป

3.14 ทักษะการสื่อความหมาย

3.15 ทักษะการเปรียบเทียบ

3.16 ทักษะการสืบค้นโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (A)

3.17 มีความสนใจใฝ่รู้หรืออยากรู้อยากเห็น

3.18 มีเหตุผล

3.19 การทำงานกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

4. ผลการเรียนรู้

4.1 คำนวณมวลอะตอมของธาตุ มวลของธาตุ 1 อะตอม และมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุได้

4.2 คำนวณมวลโมเลกุลของสารหรือมวลสูตร และมวลของสาร 1 โมเลกุลได้

4.3 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่าง ๆ ของสาร ซึ่งได้แก่ จำนวนโมล จำนวนอนุภาค มวลและปริมาตรของแก๊สที่ STP รวมทั้งใช้ความสัมพันธ์ดังกล่าวคำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งได้

4.4 อธิบายวิธีเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นหรือปริมาตรตามต้องการ และคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ ที่กำหนดให้ได้

5 สาระการเรียนรู้

ปริมาณสัมพันธ์

ปริมาณสัมพันธ์ (stoichiometry) มาจากภาษากรีก 2 คำ คือ stoicheion แปลว่าธาตุ และ metron แปลว่าการวัด ปริมาณสัมพันธ์ เป็นคำศัพท์ที่ใช้ระบุความสัมพันธ์เชิงปริมาณขององค์ประกอบของสารและปฏิกิริยา หรือสมการเคมีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งเพราะใช้คาดคะเนหรือคำนวณปริมาณของสารที่ต้องใช้เป็นสารตั้งต้น (reactant) เพื่อให้ได้ปริมาณสารผลิตภัณฑ์ (product) ตามต้องการ หรือใช้บอกว่าสารตั้งต้นจะทำปฏิกิริยาหมดหรือมีเหลือ และปฏิกิริยาจะได้ผลิตภัณฑ์อย่างมากที่สุดเท่าใด ดังนั้นปริมาณสัมพันธ์จึงหมายถึง การวัดปริมาณของสารต่าง ๆ โดยเฉพาะปริมาณของสารที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีทั้งของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ตลอดจนปริมาณของพลังงานของสารที่เปลี่ยนแปลงในปฏิกิริยาเคมี

Prince of Songkla University Pattani Campus

การคำนวณหามวลที่แท้จริงของธาตุ เริ่มจากที่เราทราบว่าอะตอมของธาตุประกอบด้วยอนุภาคมูลฐาน 3 ชนิด คือ โปรตรอน อิเล็กตรอน และนิวตรอน โดยอนุภาคทั้ง 3 ชนิด มีมวล ดังนี้

- โปรตรอน (p) 1 อนุภาค มีมวลประมาณ 1.6726×10^{-24} g
- นิวตรอน (n) 1 อนุภาค มีมวลประมาณ 1.6749×10^{-24} g
- อิเล็กตรอน (e) 1 อนุภาค มีมวลประมาณ 9.1096×10^{-28} g

เนื่องจากอิเล็กตรอนมีมวลน้อยที่สุด จึงไม่นำไปคิดมวลของธาตุ มวลของธาตุจึงคิดเพียงโปรตรอนและนิวตรอน ซึ่งอนุภาคทั้งสองอยู่ในนิวเคลียส

ดังนั้น มวลของธาตุ 1 อะตอม = มวลของโปรตอนรวมกับมวลของนิวตรอน

= เลขมวล $\times 1.66 \times 10^{-24}$ g

เช่น มวล $^{12}_{6}C$ 1 อะตอม = $12 \times 1.66 \times 10^{-24}$ g

มวลอะตอม

มวลอะตอม (atomic mass) คือ มวลของอะตอมหรือไอโซโทปอย่างหนึ่งของธาตุใด ๆ มีหน่วยเป็นหน่วยมวลอะตอมหรือเอเอ็มยู (atomic mass unit - amu) โดย 1 amu มีค่า 1.66×10^{-24} กรัม โดยน้ำหนักนี้เทียบมาจาก อะตอมไฮโดรเจน 1 อะตอม หรือ 1/16 ของอะตอมออกซิเจน 1 อะตอม หรือ 1/12 ของอะตอมคาร์บอน-12 1 อะตอม

นักวิทยาศาสตร์หลายท่าน เช่น ดอลตัน เก-ลูซัก ลาวัวซิเอ และอาโวกาโดร ให้ความสนใจศึกษามวลอะตอมของธาตุ โดยสังเกตการรวมตัวของธาตุเมื่อเกิดเป็นสารประกอบ พบว่าธาตุเหล่านั้นจะรวมตัวด้วยอัตราส่วนจำนวนอะตอม หรืออัตราส่วนโดยมวลคงที่ สำหรับดอลตันนั้นเชื่อว่าอะตอมของธาตุต่างชนิดกันมีมวลไม่เท่ากัน จึงได้พยายามหามวลอะตอมของแต่ละธาตุ แต่เนื่องจากอะตอมมีขนาดเล็กมาก (ปัจจุบันพบว่ามีรัศมีอะตอมยาวประมาณ 10^{-10} เมตรเท่านั้น) อะตอมที่เบาที่สุด คืออะตอมของไฮโดรเจนซึ่งมีมวลประมาณ 1.66×10^{-24} กรัม และอะตอมที่หนักที่สุดมีมวลประมาณ 250 เท่าของมวลนี้ ทำให้ไม่สามารถชั่งมวลของอะตอมโดยตรงได้ ดอลตันจะหามวลอะตอมของธาตุโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบว่า อะตอมของธาตุที่ต้องการศึกษามีมวลเป็นกี่เท่าของอะตอมของธาตุที่กำหนดให้เป็นมาตรฐาน

ดอลตันเสนอให้ใช้ธาตุไฮโดรเจนซึ่งมีมวลน้อยที่สุดเป็นธาตุมาตรฐานในการเปรียบเทียบหามวลอะตอมของธาตุ โดยกำหนดให้ธาตุไฮโดรเจน 1 อะตอมมีมวล 1 หน่วย **ตัวเลขที่ได้จากการเปรียบเทียบมวลของธาตุ 1 อะตอม กับมวลของธาตุมาตรฐาน 1 อะตอม** เรียกว่า **มวลอะตอมของธาตุ** ซึ่งเขียนได้โดยความสัมพันธ์ดังนี้

Prince of Songkla University Pattani Campus

$$\text{มวลอะตอมของธาตุ} = \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม (g)}}{\text{มวลของไฮโดรเจน 1 อะตอม (g)}} = \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม (g)}}{1.66 \times 10^{-24}\ \text{g}}$$

ต่อมามีผู้เสนอให้ใช้ธาตุออกซิเจนเป็นธาตุมาตรฐานแทนธาตุไฮโดรเจน เพราะว่าธาตุออกซิเจนอยู่อย่างอิสระในบรรยากาศและทำปฏิกิริยากับธาตุอื่น ๆ ได้ง่าย แต่ธาตุออกซิเจน 1 อะตอม มีมวลเป็น 16 เท่าของไฮโดรเจน 1 อะตอมจึงเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{มวลอะตอมของธาตุ} = \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม}}{\text{1/16 มวลของออกซิเจน 1 อะตอม}} = \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม (g)}}{1/16 \times 16 \times 1.66 \times 10^{-24}\ \text{g}}$$

เนื่องจากธาตุออกซิเจนมีหลายไอโซโทป คือ ^{16}O ^{17}O และ ^{18}O และนักเคมีกับนักฟิสิกส์กำหนดมวลอะตอมของออกซิเจนไม่เหมือนกัน โดยนักเคมีใช้มวลอะตอมเฉลี่ยของออกซิเจนทั้ง 3 ไอโซโทป แต่นักฟิสิกส์ใช้มวลอะตอมของ ^{16}O เท่านั้น ตั้งแต่ พ.ศ. 2504 เป็นต้นมา นักวิทยาศาสตร์จึงตกลงใช้สูตร ^{12}C ซึ่งเป็นไอโซโทปหนึ่งของคาร์บอนเป็นธาตุมาตรฐานในการเปรียบเทียบมวล โดยกำหนดให้ ^{12}C จำนวน 1 อะตอม มีมวล 12 หน่วยมวลอะตอม ดังนั้น 1 หน่วยมวลอะตอมจึงมีค่าเท่ากับ 1/12 มวลของ ^{12}C จำนวน 1 อะตอม หรือเท่ากับ 1.66×10^{-24} กรัม มวลอะตอมของธาตุเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

Prince of Songkla University Pattani Campus

$$\text{มวลอะตอมของธาตุ} = \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม (g)}}{\text{1/12 มวลของ}^{12}\text{C 1 อะตอม (g)}}$$

$$\text{มวลอะตอมของธาตุ} = \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม (กรัม)}}{1/12 \times 12 \times 1.66 \times 10^{-24}\ \text{g}}$$

$$\text{มวลอะตอมของธาตุ} = \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม (g)}}{1.66 \times 10^{-24}\ \text{g}}$$

จากตัวอย่างทั้งสองจะเห็นได้ว่ามวลอะตอมของธาตุจะไม่มีหน่วยกำกับ เพราะเป็นค่าเปรียบเทียบระหว่างมวล 1 อะตอมของธาตุนั้น กับ 1/12 เท่าของมวล ^{12}C จำนวน 1 อะตอม แต่การหามวลที่แท้จริงของธาตุ 1 อะตอมนั้น เป็นมวลจริงของธาตุ 1 อะตอม จึงมีหน่วยกำกับ นั่นคือ หน่วยกรัม

มวลอะตอมเฉลี่ย

ธาตุในธรรมชาติส่วนใหญ่มีหลายไอโซโทป เช่น คาร์บอนมี 3 ไอโซโทป คือ ^{12}C, ^{13}C และ ^{14}C แต่ละไอโซโทปมีมวลอะตอมและปริมาณที่พบในธรรมชาติแตกต่างกัน คือ ^{12}C มีมวลอะตอม 12.0000 มีปริมาณ ร้อยละ 98.892 ^{13}C มีมวลอะตอม 13.00335 มีปริมาณร้อยละ 1.108 และ ^{14}C เป็นไอโซโทปกัมมันตรังสีมีปริมาณน้อยมาก การคำนวณมวลอะตอมของคาร์บอนจึงคิดจากมวลอะตอมและปริมาณร้อยละของไอโซโทปเฉพาะที่พบอยู่ในธรรมชาติ ดังนี้

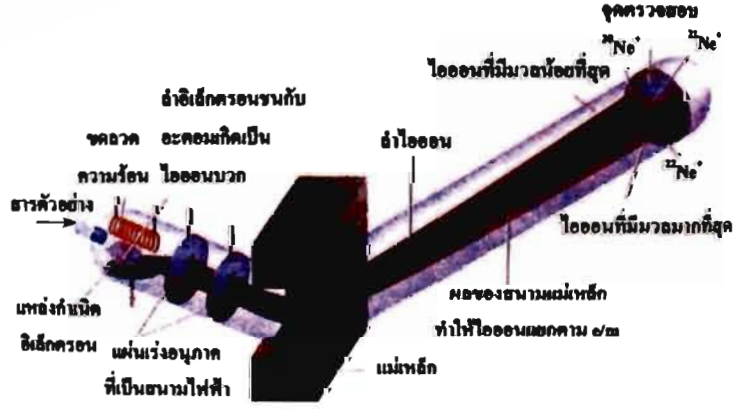
$$\text{มวลอะตอมของคาร์บอน} = \frac{98.892 \times 12.0000}{100} + \frac{1.108 \times 13.00335}{100}$$

$$= 11.867 + 0.1441$$

$$= 12.0111$$

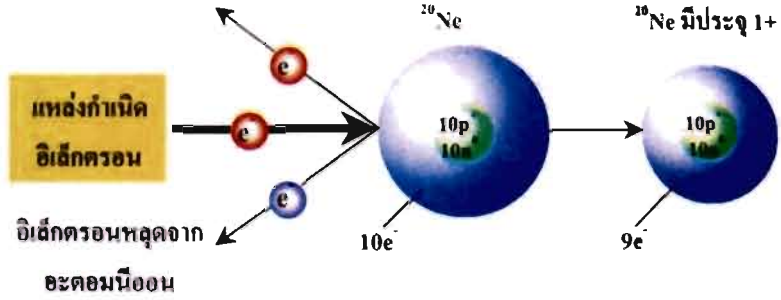
มวลอะตอมของคาร์บอนที่คำนวณได้นี้เป็นค่ามวลอะตอมเฉลี่ยของคาร์บอน จึงจะสอดคล้องกับค่ามวลอะตอมของธาตุที่ปรากฏในตารางธาตุ ดังนั้นค่ามวลอะตอมของธาตุใด ๆ ในตารางธาตุจึงเป็นค่ามวลอะตอมเฉลี่ย ซึ่งขึ้นอยู่กับค่ามวลอะตอมและปริมาณของไอโซโทปที่พบอยู่ในธรรมชาติ ปัจจุบันนี้การหามวลอะตอมและปริมาณของแต่ละไอโซโทปของธาตุจะใช้**เครื่องแมสสเปกโทรมิเตอร์** ส่วนประกอบหลักของอุปกรณ์และการทำงานในเครื่องแมสสเปกโทรมิเตอร์รูปแบบหนึ่งแสดงดังภาพประกอบ 4

ภาพประกอบ 4 อุปกรณ์และการทำงานในเครื่องแมสสเปกโทรมิเตอร์



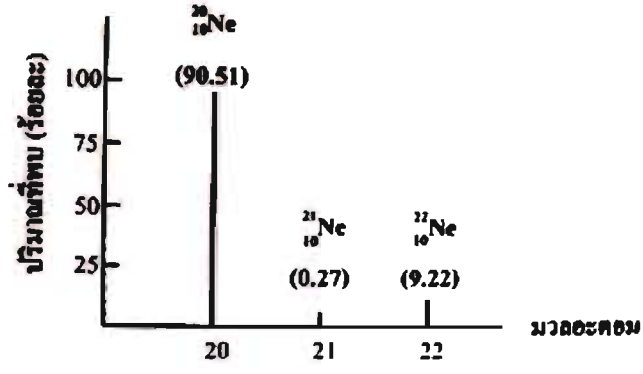
โดยวิธีการทำงานของเครื่องเป็นดังนี้ คือ ทำให้อะตอมของสารตัวอย่างในสถานะแก๊สแตกตัวเป็นไอออนบวก โดยใช้ลำอิเล็กตรอนพลังงานสูงยิงไปที่สารตัวอย่าง ทำให้อิเล็กตรอนในสารตัวอย่างหลุดออกกลายเป็นไอออนบวก แสดงดังภาพประกอบ 5

ภาพประกอบ 5 การเกิดไอออนบวกของนีออน



จากภาพประกอบ 5 ไอออนบวกที่แตกตัวออกมานี้มีทั้งประจุ (e) และมวล (m) เมื่อผ่านแผ่นเร่งอนุภาคที่เป็นสนามไฟฟ้า จะทำให้มีความเร็วเพิ่มขึ้นและผ่านเข้าไปในสนามแม่เหล็ก ไอออนบวกจะเบนจากแนวเส้นตรงเป็นเส้นโค้ง รัศมีของเส้นโค้งขึ้นอยู่กับค่า m/e ของไอออน โดยไอออนที่มีค่า m/e สูงจะโค้งเป็นวงกว้างกว่าไอออนที่มี m/e ต่ำ สำหรับไอออนที่มีประจุเท่ากันแต่มีมวลแตกต่างกัน วิธีการนี้ก็สามารถแยกได้ โดยไอออนหนักจะโค้งเป็นวงกว้างกว่าไอออนเบา เมื่อไอออนทั้งหมดมาตกกระทบกับอุปกรณ์ตรวจสอบ ซึ่งอาจใช้แผ่นฟิล์มหรือเครื่องบันทึกอิเล็กทรอนิกส์จะบันทึกเป็นความเข้มหรือกระแส ปริมาณความเข้มหรือกระแสจะขึ้นอยู่กับจำนวนไอออนที่ตกกระทบกับอุปกรณ์ตรวจสอบ โดยถ้ามีปริมาณความเข้มหรือกระแสมาก จำนวนไอออนที่ตกกระทบก็จะมาก วิธีการเช่นนี้จึงสามารถบอกปริมาณไอโซโทปที่มีอยู่ในธาตุที่นำมาทดสอบได้ ตัวอย่าง แมสสเปกตรัมของธาตุนีออนซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการวัดโดยเครื่องแมสสแปกโทรมิเตอร์แสดงดังภาพประกอบ 6

ภาพประกอบ 6 แมสสเปกตรัมของนีออน (Ne)



ค. แมสสเปกตรัมของนีออน (Ne)

ตัวอย่างค่ามวลอะตอม ปริมาณร้อยละของแต่ละไอโซโทปที่มีอยู่ในธรรมชาติและค่ามวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุบางธาตุแสดงดังตาราง 9 ดังนี้

ตาราง 9 มวลอะตอม ปริมาณร้อยละของไอโซโทป และมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุบางธาตุ

ไอโซโทป	มวลอะตอมของไอโซโทป	ปริมาณร้อยละที่พบในธรรมชาติ	มวลอะตอมเฉลี่ย
^{14}N	14.0031	99.636	14.007
^{15}N	15.0001	0.364	
^{16}O	15.9949	99.757	15.999
^{17}O	16.9991	0.038	
^{18}O	17.9992	0.205	
^{20}Ne	19.9924	90.480	20.180
^{21}Ne	20.9938	0.270	
^{22}Ne	21.9914	9.250	
^{35}Cl	34.9689	75.770	35.453
^{37}Cl	36.9659	24.230	

ลักษณะสำคัญของมวลอะตอม มีดังนี้

1. มวลอะตอมของธาตุไม่มีหน่วย
2. มวลอะตอมเป็นค่าเปรียบเทียบ ส่วนมวลของธาตุ 1 อะตอมเป็นมวลที่แท้จริง มีหน่วยเป็นกรัม
3. มวลของธาตุมาตรฐาน 1 อะตอม ที่ใช้เป็นตัวถูกเปรียบเทียบของมวลอะตอมมีค่าเท่ากันหมดในทุก ๆ ธาตุ ซึ่งปัจจุบันใช้ 1/12 เท่าของมวล ^{12}C จำนวน 1 อะตอม มีค่าเท่ากับ 1.66×10^{-24} g
4. มวลอะตอมของธาตุสามารถคำนวณได้จากสูตรเมื่อทราบมวลของธาตุนั้น 1 อะตอม

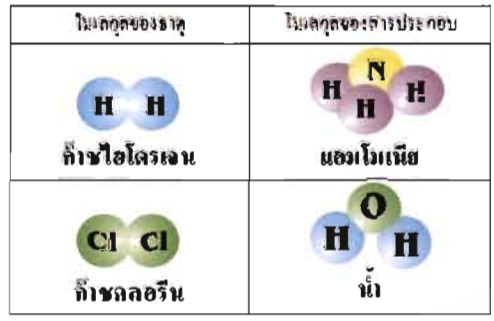
การคำนวณมวลอะตอมเฉลี่ย สามารถหาได้จากสูตร มวลอะตอมเฉลี่ย เท่ากับ $\sum(M \times \%)/100$

Prince of Songkla University Pattani Campus

มวลโมเลกุล

โมเลกุล หมายถึง อนุภาคเล็กที่สุดของสาร ซึ่งสามารถอยู่เป็นอิสระและแสดงสมบัติเฉพาะตัวของสารนั้น ๆ ได้ อาจเป็นได้ทั้งโมเลกุลของธาตุหรือสารประกอบก็ได้ แสดงดังภาพประกอบ 7

ภาพประกอบ 7 โมเลกุลของธาตุและโมเลกุลของสารประกอบ



จากภาพประกอบ 7 พบว่าโมเลกุลของธาตุเกิดจากอะตอมชนิดเดียวกันมาอยู่รวมกัน เช่น แก๊สไฮโดรเจน1 โมเลกุลประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน 2 อะตอม ส่วนแก๊สคลอรีน 1 โมเลกุลประกอบด้วยธาตุคลอรีน2 อะตอม ส่วนโมเลกุลของสารประกอบเกิดจากอะตอมต่างชนิดกันมารวมกัน เช่น แอมโมเนีย 1 โมเลกุลประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน 1 อะตอม และธาตุไฮโดรเจน 3 อะตอม ส่วนน้ำ 1 โมเลกุลประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน 2 อะตอม และธาตุออกซิเจน 1 อะตอม

เนื่องจากโมเลกุลมีขนาดเล็กมาก การชั่งเพื่อหามวลจึงทำได้ยาก ดังนั้นการหามวลโมเลกุลจึงใช้วิธีการเปรียบเทียบกับธาตุมาตรฐานเช่นเดียวกับมวลอะตอม

มวลโมเลกุล คือ **มวลเปรียบเทียบว่าสารนั้น 1 โมเลกุล มีมวลเป็นกี่เท่าของ 1/12 มวลของคาร์บอน–12 1 อะตอม** เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{มวลโมเลกุลของสาร A} = \frac{\text{มวลของสาร A 1 โมเลกุล (กรัม)}}{\text{1/12 มวลของ } {}^{12}\text{C จำนวน 1 อะตอม (กรัม)}}$$

$$= \frac{\text{มวลของสาร A 1 โมเลกุล (กรัม)}}{1.66 \times 10^{-24} \text{ กรัม}}$$

มวลโมเลกุล หมายถึง **“ตัวเลขที่แสดงให้ทราบว่าสารนั้น 1 โมเลกุล มีมวลเป็นกี่เท่าของ 1/12 เท่ามวลของคาร์บอน–12 จำนวน 1 อะตอม”**

มวลของสาร 1 โมเลกุล = มวลโมเลกุลของสาร $\times 1.66 \times 10^{-24}$ กรัม

Prince of Songkla University Pattani Campus

การคำนวณหามวลโมเลกุล สามารถคำนวณได้ 2 วิธี

1) การคำนวณโดยการเปรียบเทียบกับมวลมาตรฐาน

ตัวอย่าง 1 สารประกอบ Q 5 โมเลกุล มีมวล 3.50×10^{-22} กรัม สารประกอบ Q มีมวลโมเลกุลเท่าใด

มวลของสาร Q 1 โมเลกุล $= \frac{3.50 \times 10^{-22} \text{ g}}{5}$

$= 7.00 \times 10^{-23}$ g

มวลโมเลกุลของสาร Q $= \frac{\text{มวลของสาร Q 1 โมเลกุล (g)}}{1.66 \times 10^{-24} \text{ g}}$

$= \frac{7.00 \times 10^{-23} \text{ g}}{1.66 \times 10^{-24} \text{ g}}$

$= 42.2$

ดังนั้น สารประกอบ Q มีมวลโมเลกุล 42.2

2) การคำนวณหามวลโมเลกุลจากสูตร

$Mw = \sum(M \times n)$ เมื่อ Mw = Molecular weight หรือ มวลโมเลกุล

M = มวลอะตอมของธาตุ

n = จำนวนอะตอมของธาตุ

ตัวอย่าง 2 น้ำตาลทรายมีสูตรโมเลกุล $C_{12}H_{22}O_{11}$ จะมีมวลโมเลกุลเท่าใด

มวลโมเลกุลของ $C_{12}H_{22}O_{11}$ $= \sum(M \times n)$

= (มวลอะตอมของ C x 12) + (มวลอะตอมของ H x 22) + (มวลอะตอมของ O x 11)

= (12.0108 x 12) + (1.0079 x 22) + (15.9994 x 11)

= 342.2968

มวลโมเลกุลใช้ได้กับสารประกอบโคเวเลนต์ แต่สำหรับสารประกอบไอออนิก ซึ่งมีโครงสร้างเป็นผลึก จะใช้การหามวลสูตร (formula mass, FW) แทน นั่นคือ มวลของสูตรเอมพิริคัล หรือ สูตรอย่างง่าย ซึ่งมวลสูตรมีวิธีคำนวณเหมือนกับการมวลโมเลกุล โดยใช้สูตร

มวลสูตร $= \sum(M \times n)$

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตัวอย่าง 1 จงหามวลสูตรของ NaCl

มวลสูตร = $\sum(M \times n)$

= (มวลอะตอมของ Na x 1) + (มวลอะตอมของ Cl x 1)

= (23 x 1) + (35.5 x 1)

= 58.5

ตัวอย่าง 2 จงหามวลสูตรของ $CaSO_4 \cdot 2H_2O$

มวลสูตรของ $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ = $\sum(M \times n)$

= (มวลอะตอมของ Ca x 1) + (มวลอะตอมของ S x 1) + (มวลอะตอมของ O x 4) + {2 x [(มวลอะตอมของ H x 2) + (มวลอะตอมของ O x 1)]}

= (40.0784 x 1) + (32.0655 x 1) + (15.9994 x 4) + {2 x [(1.0079 x 2) + (15.9994 x 1)]}

= 172.1719

ลักษณะสำคัญของมวลโมเลกุล

1. มวลโมเลกุลไม่มีหน่วย เพราะเป็นค่าเปรียบเทียบกับมวลของธาตุมาตรฐาน
2. มวลของสาร 1 โมเลกุล คือมวลที่แท้จริงของโมเลกุลนั้น ๆ 1 โมเลกุล หน่วยเป็นกรัม
3. มวลโมเลกุลคำนวณได้จากมวลอะตอมรวมกัน ผลรวมของมวลอะตอม (มวลอะตอม x จำนวนอะตอม) หรือได้จากการเปรียบเทียบมวลของสาร 1 โมเลกุล กับมวลของธาตุมาตรฐาน
4. มวลมาตรฐานที่ถูกเปรียบเทียบต้องมีค่าเท่ากันหมดในทุก ๆ โมเลกุล ซึ่งปัจจุบันใช้ 1/12 เท่ามวล ^{12}C จำนวน1 อะตอม เท่ากับ 1.66×10^{-24} g

โมล

การบอกปริมาณของสิ่งของในชีวิตประจำวัน อาจบอกเป็นหน่วยน้ำหนัก เช่น กรัม กิโลกรัม หรือหน่วยปริมาตร เช่น ลูกบาศก์เซนติเมตร ลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ถ้าสิ่งของมีจำนวนมากอาจบอกเป็นหน่วยโหล (1 โหล = 12 ชิ้น) หรือกุรุส (1 กุรุส = 12 โหล = 144 ชิ้น)

การบอกปริมาณสารเคมีก็เช่นเดียวกัน อาจบอกเป็นหน่วยมวล หน่วยปริมาตร หรือหน่วยแสดงจำนวนอนุภาคของสาร แต่เนื่องจากสารแต่ละชนิดประกอบด้วยอนุภาคที่มีขนาดเล็กและมีจำนวนมาก เช่น น้ำตาลทราย 1 เกล็ด (ประมาณ 0.0001 กรัม) มีจำนวนอนุภาคน้ำตาลอยู่

Prince of Songkla University Pattani Campus

1.0×10^{17} อนุภาค น้ำ 1 กรัม มี 3.3×10^{22} อนุภาค การบอกปริมาณสารในหน่วยโหลหรือกุรุส จึงไม่สะดวก เพราะต้องใช้เลขหลายหลัก นักเคมีจึงกำหนดหน่วยแสดงจำนวนอนุภาคของสารเป็นหน่วยใหญ่ และใช้แทนอนุภาคจำนวนมาก โดยให้ชื่อว่า **โมล** ซึ่งหมายถึง **ปริมาณสารที่มีจำนวนอนุภาคเท่ากับจำนวนอะตอมของคาร์บอน-12 ที่มีมวล 12 กรัม**

เราทราบแล้วว่าคาร์บอน-12 จำนวน 1 อะตอมมีมวล $12 \times 1.66 \times 10^{-24}$ กรัม ความสัมพันธ์นี้เมื่อเขียนในรูปอัตราส่วนจะได้ดังนี้

$$\frac{^{12}C \text{ จำนวน } 1 \text{ อะตอม}}{^{12}C \text{ หนัก } 12 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ กรัม}}$$

อัตราส่วนนี้สามารถนำไปใช้คำนวณหาจำนวนอะตอมของคาร์บอน-12 ที่มีมวล 12 กรัมได้ โดยสมมติให้คาร์บอน-12 มวล 12 กรัม มีจำนวนอนุภาคเท่ากับ a อะตอม เมื่อเขียนเป็นอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วนแรกจะเป็นดังนี้

$$\frac{^{12}C \text{ จำนวน } 1 \text{ อะตอม}}{^{12}C \text{ หนัก } 12 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ กรัม}} = \frac{^{12}C \text{ จำนวน } a \text{ อะตอม}}{^{12}C \text{ หนัก } 12 \text{ กรัม}}$$

$$^{12}C \text{ จำนวน } a \text{ อะตอม} = \frac{^{12}C \text{ จำนวน } 1 \text{ อะตอม} \times {}^{12}C \text{ หนัก } 12 \text{ กรัม}}{^{12}C \text{ หนัก } 12 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ กรัม}}$$

$$= 6.02 \times 10^{23} \text{ อะตอม}$$

แสดงว่าคาร์บอน-12 ที่มีมวล 12 กรัม ประกอบด้วยอะตอมคาร์บอนจำนวน 6.02×10^{23} อะตอม ดังนั้น สาร 1 โมล จึงเป็นปริมาณสารที่มีจำนวนอนุภาคเท่ากับ 6.02×10^{23} อนุภาค และเรียกจำนวน 6.02×10^{23} นี้ว่า **เลขอาโวกาโดร** จึงกล่าวได้ว่า สาร 1 โมล มีจำนวนอนุภาคเท่ากับเลขอาโวกาโดร

โมลกับจำนวนอนุภาค

ภาพประกอบ 8 สารตัวอย่าง 1 โมล ซึ่งมี 6.02×10^{23} อนุภาค

Prince of Songkla University Pattani Campus

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมลกับจำนวนอนุภาคของสารเขียนในรูปอัตราส่วนได้ดังนี้

$$\frac{\text{สาร 1 โมล}}{\text{สาร } 6.02 \times 10^{23} \text{ อนุภาค}} \quad \text{หรือ} \quad \frac{\text{สาร } 6.02 \times 10^{23} \text{ อนุภาค}}{\text{สาร 1 โมล}}$$

ดังนั้น สาร 1 โมล มี 6.02×10^{23} อนุภาค

สาร 2 โมล มี $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ อนุภาค

สาร 0.5 โมล มี $0.5 \times 6.02 \times 10^{23}$ อนุภาค

ซึ่งอนุภาคของสารอาจเป็นอะตอม โมเลกุล หรือไอออนก็ได้ โดยขึ้นอยู่กับประเภทของสาร ดังตัวอย่างในตาราง 10

ตาราง 10 แสดงจำนวนและชนิดของอนุภาคของสารบางชนิด

สาร	จำนวนโมล	จำนวนและชนิดของอนุภาค
Cu	1	6.02×10^{23} อะตอม
Kr	1	6.02×10^{23} อะตอม
H_2	1	6.02×10^{23} โมเลกุล
H_2O	2	$2 \times 6.02 \times 10^{23}$ โมเลกุล
CO_2	0.5	$0.5 \times 6.02 \times 10^{23}$ โมเลกุล
NaCl	1	Na^+ 6.02×10^{23} ไอออน และ Cl^- 6.02×10^{23} ไอออน
K_2SO_4	1	K^+ $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ ไอออน และ SO_4^{2-} 6.02×10^{23} โมเลกุล

จากข้อมูลในตาราง 10 พบว่าในกรณีของธาตุที่เป็นโลหะหรือแก๊สเฉื่อย อนุภาคของสาร หมายถึง อะตอม ส่วนสารประกอบโคเวเลนต์จะมีชนิดอนุภาคของสารเป็นโมเลกุล สำหรับสารประกอบไอออนิกซึ่งประกอบด้วยไอออนบวกกับไอออนลบรวมกันเป็นโครงผลึก ชนิดของอนุภาคของสาร หมายถึง ไอออน

Prince of Songkla University Pattani Campus

จำนวนโมลกับมวลของสาร

สารปริมาณ 1 โมล มีจำนวนอนุภาคเท่ากับเลขอาโวกาโดรคือ 6.02×10^{23} และตัวเลขนี้จะเท่ากับจำนวนอะตอมของคาร์บอน-12 ที่มีมวล 12 กรัม แสดงว่า **คาร์บอน-12 ปริมาณ 1 โมล มีมวลเท่ากับ 12 กรัม** และเรียกค่ามวลนี้ว่า **มวลต่อโมล** ของคาร์บอน

ตาราง 11 แสดงจำนวนอะตอมและมวลของธาตุบางชนิดปริมาณ 1 โมล

ธาตุ	มวลอะตอม	มวลต่อโมล	มวล (g)
ลิเทียม (Li)	6.9412	$6.9412 \times 1.66 \times 10^{-24} \times 6.02 \times 10^{23}$	6.9412
เหล็ก (Fe)	55.8452	$55.8452 \times 1.66 \times 10^{-24} \times 6.02 \times 10^{23}$	55.8452
ทองคำ (Au)	196.9666	$196.9666 \times 1.66 \times 10^{-24} \times 6.02 \times 10^{23}$	196.9666
โพแทสเซียม (K)	39.0983	$39.0983 \times 1.66 \times 10^{-24} \times 6.02 \times 10^{23}$	39.0983

จากข้อมูลในตาราง 11 พบว่าธาตุที่มีจำนวนอะตอม 6.02×10^{23} อะตอม จะมีตัวเลขแสดงค่ามวลเป็นกรัมเท่ากับมวลอะตอมของธาตุนั้น ทำให้ได้ข้อสรุปว่า **ธาตุใด ๆ ที่มีปริมาณ 6.02×10^{23} อะตอม หรือ 1 โมล จะมีมวลเป็นกรัมเท่ากับมวลอะตอมของธาตุนั้น** ในทำนองเดียวกันถ้าสารนั้นเป็นโมเลกุลจะพบว่า **สารใด ๆ 1 โมล หรือ 6.02×10^{23} โมเลกุล จะมีมวลเป็นกรัมเท่ากับมวลโมเลกุลของสารนั้น** เช่น

ทองแดง (Cu) มีมวลอะตอมเท่ากับ 63.5463 ดังนั้น Cu 1 โมล หรือ 6.02×10^{23} อะตอม จะมีมวล 63.5463 กรัม

แก๊สคลอรีน (Cl_2) มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 70.9064 ดังนั้น Cl_2 จำนวน 1 โมล หรือ 6.02×10^{23} โมเลกุล จะมีมวล 70.9064 กรัม

น้ำ (H_2O) มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 18.0152 ดังนั้น H_2O จำนวน 1 โมล หรือ 6.02×10^{23} โมเลกุล จะมีมวล 18.0152 กรัม

สำหรับสารที่มีองค์ประกอบเป็นไอออน ให้ถือว่า**มวลเป็นกรัมของไอออนของธาตุใด ๆ มีค่าเท่ากับมวลอะตอมของธาตุนั้น** เช่น โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 1 โมล ประกอบด้วย Na^+ 1 โมล และ Cl^- 1 โมล Na มีมวลอะตอม 22.9898 Cl มีมวลอะตอม 35.4532 นั่นคือ สารประกอบไอออนิกใด ๆ 1 โมล จะมีมวลเป็นกรัมเท่ากับมวลสูตร

NaCl 1 โมล = มวลของ Na^+ 1 โมล + มวลของ Cl^- 1 โมล

= 22.9898 กรัม + 35.4532 กรัม

= 58.4430 กรัม

Prince of Songkla University Pattani Campus

ปริมาตรต่อโมลของแก๊ส

เนื่องจากแก๊สมีความหนาแน่นน้อยมาก หามวลได้ยาก ทำให้นิยมวัดปริมาณแก๊สในหน่วยปริมาตรมากกว่าการชั่งหามวล แต่ปริมาตรของแก๊สเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิและความดัน ในการบอกปริมาตรของแก๊สจึงต้องระบุอุณหภูมิและความดันด้วย นักวิทยาศาสตร์ได้กำหนดอุณหภูมิและความดันมาตรฐาน โดยกำหนด อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ เป็นสภาวะมาตรฐาน เรียกว่า Standard Temperature and Pressure และเรียกย่อว่า STP

นักวิทยาศาสตร์ได้ทดลองหามวลของแก๊ส 1 dm^3 ที่ STP ได้ผลการทดลองดังนี้

มวลของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) 1.25 กรัม มีปริมาตร 1 dm^3 ที่ STP ให้คำนวณหาปริมาตรของแก๊ส 1 โมล ที่ STP นี้

<u>วิธีเทียบบัญญัติไตรยางศ์</u>

แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ มวล 1.25 กรัม มีปริมาตร = 1 dm^3 ที่ STP

แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 1 โมล มวล 28 กรัม มีปริมาตร = $\frac{28\ g \times 1\ dm^3}{1.25\ g}$ ที่ STP

ดังนั้น แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 1 โมล จะมีปริมาตรเท่ากับ 22.4 dm^3 ที่ STP

ถ้านำแก๊สอื่นที่ทดลองมาคำนวณหาปริมาตรที่ STP จะได้ปริมาตรใกล้เคียงกันกับค่าที่คำนวณได้นี้ จึงสรุปได้ว่า แก๊สใด ๆ 1 โมล จะมีปริมาตร 22.4 dm^3 หรือ 22.4 ลิตร ที่ STP เสมอ เขียนความสัมพันธ์ในรูปแฟคเตอร์เปลี่ยนหน่วยได้ดังนี้

$$\frac{\text{แก๊ส 1 โมล}}{\text{แก๊ส 22.4 } dm^3 \text{ ที่ STP}} \quad \text{หรือ} \quad \frac{\text{แก๊ส 22.4 } dm^3 \text{ ที่ STP}}{\text{แก๊ส 1 โมล}}$$

เช่น แก๊สชนิดหนึ่งที่ STP มีปริมาตร V ลูกบาศก์เดซิเมตร จะมีจำนวนโมลเท่าใด

<u>วิธีทำ</u> แก๊สปริมาตร 22.4 dm^3 มีปริมาณ = 1 mol

แก๊สปริมาตร V dm^3 มีปริมาณ = $\frac{V\ dm^3 \times 1\ mol}{22.4\ dm^3}$

$= \frac{V}{22.4}$ mol

เขียนสูตรได้ดังนี้

$$\text{จำนวนโมลของแก๊ส} = \frac{V}{22.4}$$

$$n = \frac{V}{22.4}$$

ตัวอย่างที่ 1 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 5.6 dm^3 ที่ STP คิดเป็นกี่โมล

<u>วิธีเทียบบัญญัติไตรยางศ์</u>

<u>วิธีทำ</u> แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 22.4 dm^3 ที่ STP คิดเป็น 1 โมล

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 5.6 dm^3 ที่ STP คิดเป็น $\frac{5.6\ dm^3 \times 1\ \text{โมล}}{22.4\ dm^3}$

$= 0.25$ โมล

ดังนั้น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 5.6 dm^3 ที่ STP คิดเป็น 0.25 โมล

<u>วิธีใช้สูตร</u>

วิธีทำ $n = \frac{V}{22.4}$

$= \frac{5.6}{22.4}$

$= 0.25$ โมล

ดังนั้น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 5.6 dm^3 ที่ STP คิดเป็น 0.25 โมล

ตัวอย่างที่ 2 แก๊สแอมโมเนีย (NH_3) 2 โมล มีปริมาตรกี่ลูกบาศก์เดซิเมตร ที่ STP

<u>วิธีเทียบบัญญัติไตรยางศ์</u>

<u>วิธีทำ</u> แก๊สแอมโมเนีย 1 โมล มีปริมาตร 22.4 dm^3 ที่ STP

แก๊สแอมโมเนีย 2 โมล มีปริมาตร $\frac{2\ \text{โมล} \times 22.4\ dm^3\ \text{ที่ STP}}{1\ \text{โมล}}$

$= 44.8\ dm^3$ ที่ STP

ดังนั้น แก๊สแอมโมเนีย 2 โมล มีปริมาตร 44.8 dm^3 ที่ STP

Prince of Songkla University Pattani Campus

วิธีใช้สูตร

วิธีทำ $n = \frac{V}{22.4}$

$2 = \frac{V}{22.4}$

$V = 2 \times 22.4\ dm^3$

$= 44.8\ dm^3$

ดังนั้น แก๊สแอมโมเนีย 2 โมล มีปริมาตร 44.8 dm^3 ที่ STP

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊ส

นักวิทยาศาสตร์ได้ทดลองและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมลกับปริมาตรของแก๊ส พบว่าที่STP แก๊สใด ๆ 1 โมล มีปริมาตร 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตร (dm^3) หรือ ลิตร (L) และเรียกปริมาตร 22.4 dm^3 ที่ STP ว่า ปริมาตรต่อโมลของแก๊ส (molar volume) ซึ่งเป็นปริมาตรของแก๊สหรือไอของสารเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้กับปริมาตรของแข็งและของเหลว

เช่น

- แก๊สฮีเลียม (He) 1 โมล มีปริมาตร 22.4 dm^3 ที่STP
- แก๊สนีออน (Ne) 1 โมล มีปริมาตร 22.4 dm^3 ที่ STP
- แก๊สไนโตรเจน (N_2) 1 โมล มีปริมาตร 22.4 dm^3 ที่ STP
- แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 1 โมล มีปริมาตร 22.4 dm^3 ที่ STP
- แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 2 โมล มีปริมาตร 2 x 22.4 dm^3 ที่ STP
- แก๊สออกซิเจน (O_2) 3 โมล มีปริมาตร 3 x 22.4 dm^3 ที่ STP

การคำนวณหาจำนวนโมลกับปริมาตรของแก๊สที่ STP

จากสูตร $n = \frac{V}{22.4}$

เมื่อ n คือ จำนวนโมล (mol)

V คือ ปริมาตรของแก๊สที่ STP (dm^3 หรือ L)

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตัวอย่างที่ 1 แก๊สไฮโดรเจน 5 กรัม จะมีกี่โมล กี่โมเลกุล และมีปริมาตรที่ STP เป็นเท่าใด

วิธีเทียบบัญญัติไตรยางศ์

วิธีทำ แก๊สไฮโดรเจน 2 กรัม มีปริมาณ = 1 โมล

แก๊สไฮโดรเจน 5 กรัม มีปริมาณ $= \frac{5 \text{ กรัม} \times 1 \text{ โมล}}{2 \text{ กรัม}}$

$= 2.5$ โมล

แก๊สไฮโดรเจน 1 โมล มีจำนวนโมเลกุล = 6.02×10^{23} โมเลกุล

แก๊สไฮโดรเจน 2.5 โมล มีจำนวนโมเลกุล $= \frac{2.5 \text{ โมล} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล}}{1 \text{ โมล}}$

$= 1.505 \times 10^{24}$ โมเลกุล

แก๊สไฮโดรเจน 1 โมล มีปริมาตร = 22.4 dm^3 ที่ STP

แก๊สไฮโดรเจน 2.5 โมล มีปริมาตร $= \frac{2.5 \text{ โมล} \times 22.4 \text{ } dm^3 \text{ ที่ STP}}{1 \text{ โมล}}$

$= 56$ dm^3 ที่ STP

ดังนั้น แก๊สไฮโดรเจนจำนวน 5 กรัม มี 2.5 โมล คิดเป็น 1.505×10^{24} โมเลกุล และมีปริมาตรเป็น 56 dm^3 ที่ STP

วิธีใช้สูตร

วิธีทำ หาจำนวนโมล $n = \frac{g}{Mw}$

$= \frac{5}{2}$

$= 2.5$ โมล

หาจำนวนโมเลกุล $n = \frac{N}{6.02 \times 10^{23}}$

$2.5 = \frac{N}{6.02 \times 10^{23}}$

$N = 2.5 \times 6.02 \times 10^{23}$

$= 1.505 \times 10^{24}$ โมเลกุล

Prince of Songkla University Pattani Campus

หาปริมาตร $n = \frac{V}{22.4}$

$2.5 = \frac{V}{22.4}$

$V = 2.5 \times 22.4$

$= 56\ dm^3$ ที่ STP

ดังนั้น แก๊สไฮโดรเจนจำนวน 5 กรัม มี 2.5 โมล คิดเป็น 1.505×10^{24} โมเลกุล และมีปริมาตรเป็น 56 dm^3 ที่ STP

ตัวอย่างที่ 2 จงหาปริมาตร ที่ STP ของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ที่มีมวล 9.2 กรัม (มวลอะตอมของ N=14, O =16)

วิธีเทียบบัญญัติไตรยางศ์

วิธีทำ NO_2 46 กรัม มีปริมาตร 22.4 dm^3 ที่ STP

NO_2 9.2 กรัม มีปริมาตร $\frac{9.2 \text{ กรัม} \times 22.4\ dm^3 \text{ ที่ STP}}{46 \text{ กรัม}}$

$= 4.48\ dm^3$ ที่ STP

ดังนั้น แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ 9.2 กรัม มีปริมาตร 4.48 dm^3 ที่ STP

วิธีใช้สูตร

วิธีทำ $\frac{V}{22.4} = \frac{g}{Mw}$

$\frac{V}{22.4} = \frac{9.2}{46}$

$V = \frac{9.2 \times 22.4}{46}$

$= 4.48\ dm^3$ ที่ STP

ดังนั้น แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ 9.2 กรัม มีปริมาตร 4.48 dm^3 ที่ STP

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตัวอย่างที่ 3 แก๊สฟลูออรีน 66.5 กรัม จะมีกี่อะตอม และมีปริมาตรเท่าใด ที่ STP (มวลอะตอมของ F = 19)

วิธีเทียบบัญญัติไตรยางศ์

วิธีทำ มวลโมเลกุลของแก๊สฟลูออรีน = 2 x 19 = 38

แก๊สฟลูออรีน 38 กรัม คิดเป็น 1 โมล

แก๊สฟลูออรีน 66.5 กรัม คิดเป็น $\frac{66.5 \text{ กรัม} \times 1 \text{ โมล}}{38 \text{ กรัม}}$

= 1.75 โมล

แก๊สฟลูออรีน 1 โมล มีจำนวนโมเลกุล = 6.02×10^{23} โมเลกุล

แก๊สฟลูออรีน 1.75 โมล มีจำนวนโมเลกุล = $\frac{1.75 \text{ โมล} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล}}{1 \text{ โมล}}$

= 1.05×10^{24} โมเลกุล

แก๊สฟลูออรีน 1 โมเลกุล ประกอบด้วย 2 อะตอม

แก๊สฟลูออรีน 1.05×10^{24} โมเลกุล ประกอบด้วย $\frac{1.05 \times 10^{24} \text{ โมเลกุล} \times 2 \text{ อะตอม}}{1 \text{ โมเลกุล}}$

= 2.10×10^{24} อะตอม

แก๊สฟลูออรีน 1 โมล คิดเป็นปริมาตรที่ STP = 22.4 dm^3

แก๊สฟลูออรีน 1.75 โมล คิดเป็นปริมาตรที่ STP = $\frac{1.75 \text{ โมล} \times 22.4 \text{ dm}^3}{1 \text{ โมล}}$

= 39.2 dm^3

ดังนั้น แก๊สฟลูออรีน 66.5 กรัม จะมี 2.10×10^{24} อะตอม และมีปริมาตร 39.2 dm^3 ที่ STP

Prince of Songkla University Pattani Campus

วิธีใช้สูตร

วิธีทำ $\frac{g}{Mw} = \frac{N}{6.02 \times 10^{23}}$

$\frac{66.5}{38} = \frac{N}{6.02 \times 10^{23}}$

$N = \frac{66.5 \times 6.02 \times 10^{23}}{38}$

$= 1.05 \times 10^{24}$ โมเลกุล

แก๊สฟลูออรีน 1 โมเลกุล ประกอบด้วย 2 อะตอม

แก๊สฟลูออรีน 1.05×10^{24} โมเลกุล ประกอบด้วย $\frac{1.05 \times 10^{24} \text{ โมเลกุล} \times 2 \text{ อะตอม}}{1 \text{ โมเลกุล}}$

$= 2.10 \times 10^{24}$ อะตอม

หาปริมาตร $\frac{V}{22.4} = \frac{g}{Mw}$

$\frac{V}{22.4} = \frac{66.5}{38}$

$V = \frac{66.5 \times 22.4}{38}$

$= 39.2 \text{ dm}^3$

ดังนั้น แก๊สฟลูออรีน 66.5 กรัม จะมี 2.10×10^{24} อะตอม และมีปริมาตร 39.2 dm^3 ที่ STP

ตัวอย่างที่ 4 แก๊สชนิดหนึ่งมีมวล 0.75 กรัม มีปริมาตร 200 cm^3 ที่ STP อยากทราบว่าจะมีมวลโมเลกุลเท่าใด

วิธีเทียบบัญญัติไตรยางศ์

วิธีทำ แก๊ส 22.4 dm^3 ที่ STP คิดเป็น 1 โมล

แก๊ส 200×10^{-3} dm^3 ที่ STP คิดเป็น $\frac{200 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 \text{ ที่ STP} \times 1 \text{ โมล}}{22.4 \text{ dm}^3 \text{ ที่ STP}}$

$= 0.0089$ โมล

Prince of Songkla University Pattani Campus

แก๊ส 0.0089 โมล มีมวล = 0.75 กรัม

แก๊ส 1 โมล มีมวล = $\frac{1 \text{ โมล} \times 0.75 \text{ กรัม}}{0.0089 \text{ โมล}}$

= 84 กรัม

ดังนั้น แก๊สมวล 0.75 กรัม ปริมาตร 200 cm^3 ที่ STP มีมวลโมเลกุลกับ 84 กรัม

วิธีใช้สูตร

วิธีทำ $\frac{g}{Mw} = \frac{V}{22.4}$

$\frac{0.75}{Mw} = \frac{200 \times 10^{-3}}{22.4}$

$Mw = \frac{0.75 \times 22.4}{200X10^{-3}}$

= 84 g

ดังนั้น แก๊สมวล 0.75 กรัม ปริมาตร 200 cm^3 ที่ STP มีมวลโมเลกุลกับ 84 กรัม

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารละลาย

สารละลายเป็นสารเนื้อเดียว เตรียมได้จากการผสมสารตั้งแต่ 2 ชนิดเข้าด้วยกัน สำหรับสารละลายที่ตัวทำละลายและตัวถูกละลายมีสถานะเดียวกัน จะถือว่าสารที่มีปริมาณมากกว่าเป็นตัวทำละลาย แต่ถ้าสถานะต่างกันสารที่มีสถานะเดียวกับสารละลายจัดเป็นตัวทำละลาย สารละลายอาจมีตัวถูกละลายมากกว่า 1 ชนิด และตัวถูกละลายในสารละลายแต่ละชนิดอาจมีปริมาณต่างกัน ซึ่งทำให้สารละลายมีความเข้มข้นไม่เท่ากัน

ความเข้มข้นของสารละลาย

ความเข้มข้นของสารละลาย เป็นค่าที่แสดงปริมาณของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายหรือสารละลาย การบอกความเข้มข้นของสารละลายบอกได้หลายวิธี ดังนี้

1. **ร้อยละ** ซึ่งการบอกความเข้มข้นของสารวิธีนี้มี 3 แบบ คือ

1.1 ร้อยละโดยมวล (w/w)

หมายถึง มวลหรือน้ำหนักของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 100 หน่วยน้ำหนักเดียวกัน เช่น สารละลาย NaCl เข้มข้น 2 % โดยมวล หมายถึง NaCl หนัก 2 กรัม ละลายอยู่ในสารละลาย NaCl 100 กรัม การเตรียมสารละลายทำได้โดยชั่ง NaCl มา 2 กรัม ละลายในน้ำ

98 กรัม จะได้สารละลาย NaCl เข้มข้น 2 % โดยมวล จำนวน 100 กรัม การบอกความเข้มข้นในหน่วยนี้ใช้กันมากถ้าตัวทำละลายเป็นของแข็ง

การคำนวณร้อยละโดยมวล ทำได้ 2 วิธี คือ การเทียบบัญญัติไตรยางศ์ และการใช้สูตร สูตรที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยมวล} = \frac{\text{มวลของตัวถูกละลาย}}{\text{มวลของสารละลาย}} \times 100$$

1.2 ร้อยละโดยปริมาตร (v/v)

หมายถึง ปริมาตรของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร ใช้กับตัวถูกละลายที่เป็นของเหลว เช่น สารละลายแอลกอฮอล์เข้มข้น 10 % โดยปริมาตร หมายถึง สารละลายแอลกอฮอล์ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3) ละลายอยู่ในสารละลายแอลกอฮอล์ 100 cm^3

การคำนวณร้อยละโดยปริมาตร ทำได้ 2 วิธี คือ การเทียบบัญญัติไตรยางศ์และการใช้สูตร สูตรที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยปริมาตร} = \frac{\text{ปริมาตรของตัวถูกละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}} \times 100$$

1.3 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (w/v)

หมายถึง ปริมาตรของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร เช่น สารละลาย KCl เข้มข้น 10 % โดยมวลต่อปริมาตร หมายถึง KCl หนัก 10 กรัม ละลายอยู่ในสารละลาย KCl 100 cm^3

การคำนวณร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร ทำได้ 2 วิธี คือ การเทียบบัญญัติไตรยางศ์ และการใช้สูตร สูตรที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร} = \frac{\text{มวลของตัวถูกละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}} \times 100$$

2. โมลาริตี (Molarity) หรือ โมลาร์ (Molar ; M)

หมายถึง จำนวนโมลของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร (dm^3) มีหน่วยเป็นโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (mol/dm^3) หรือ โมลต่อลิตร (M) เช่น สารละลาย NaCl เข้มข้น 1 mol/dm^3 หมายถึง NaCl จำนวน 1 โมล หรือ 58.5 กรัม ละลายอยู่ในสารละลาย NaCl จำนวน 1 dm^3

Prince of Songkla University Pattani Campus

การคำนวณความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี

โมลาริตี หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ความเข้มข้นเป็นโมลาร์ ใช้สัญลักษณ์ M หมายถึง จำนวนโมลของตัวถูกละลายที่ละลายในสารละลาย 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร หรือ 1 ลิตร ซึ่งมีหน่วยเป็นโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร หรือโมลต่อลิตร เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{โมลาริตี (M)} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวถูกละลาย (mol)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (dm}^3\text{ หรือ L)}}$$

ถ้าเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$C = \frac{n}{V} \quad \text{หรือ} \quad C = \frac{g}{Mw}$$

เมื่อ C = ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี

n = จำนวนโมลของตัวถูกละลาย g = มวลของตัวถูกละลาย

V = ปริมาตรของสารละลายในหน่วย (dm^3) Mw = มวลโมเลกุลของตัวถูกละลาย

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตีนอกจากจะคำนวณโดยใช้สูตรแล้วยังสามารถคำนวณโดยการเทียบบัญญัติไตรยางศ์ได้อีกด้วย

Prince of Songkla University Pattani Campus

ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นในหน่วยร้อยละโดยมวลกับโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ความเข้มข้นในหน่วยร้อยละโดยมวล มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นในหน่วยโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ดังนี้

$$C = \frac{10\%D}{M}$$

เมื่อ C = ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วย mol/dm^3

% = ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละโดยมวล

D = ความหนาแน่นของสารละลาย

M = มวลโมเลกุลของตัวถูกละลาย

3. โมแลลิตี (Molality) หรือ โมแลล (Molal ; m)

หมายถึง จำนวนโมลของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายหนัก 1 กิโลกรัม มีหน่วยเป็นโมลต่อกิโลกรัม (mol/kg) หรือ โมแลล (molal ; m) เช่น สารละลาย HNO_3 เข้มข้น 2 โมแลล หมายความว่า HNO_3 2 โมล ละลายในน้ำ 1 กิโลกรัม

โมแลลิตี หรือเรียกย่อ ๆ ว่า โมแลล ใช้สัญลักษณ์ m หมายถึง จำนวนโมลของตัวถูกละลายที่ละลายในตัวทำละลายจำนวน 1 kg มีหน่วยเป็น mol/kg เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{โมแลลิตี (m)} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวถูกละลาย (mol)}}{\text{มวลของตัวทำละลาย (1 kg)}}$$

หรืออาจเขียนเป็นสัญลักษณ์ดังนี้ $\boxed{m = \frac{n}{kg} = \frac{g}{Mw \cdot kg}}$

เมื่อ m = ความเข้มข้นในหน่วยโมแลล

n = จำนวนโมลของตัวถูกละลาย

kg = ปริมาณตัวทำละลายในหน่วยกิโลกรัม

g = มวลของตัวถูกละลายในหน่วยกรัม

Mw = มวลโมเลกุลของตัวถูกละลาย

4. เศษส่วนโมล (Mole Fraction)

หมายถึง จำนวนโมลของตัวถูกละลายต่อจำนวนโมลของสารองค์ประกอบทั้งหมดในสารละลาย เช่น ถ้าสารละลายประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ชนิด เศษส่วนโมลของสารแต่ละองค์ประกอบเขียนได้ดังนี้

สารชนิดที่ 1 $\boxed{X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2}}$ สารชนิดที่ 2 $\boxed{X_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}}$

เมื่อ X_1 = เศษส่วนโมลของสารที่ 1

X_2 = เศษส่วนโมลของสารที่ 2

n_1, n_2 = จำนวนโมลของสารชนิดที่ 1 และ สารชนิดที่ 2

ถ้าต้องการทราบโมลเปอร์เซ็นต์ หรือร้อยละโดยโมลก็ทำได้โดยนำ 100 คูณเข้ากับเศษส่วนโมล

$$\boxed{\text{ร้อยละโดยโมล} = \text{เศษส่วนโมล} \times 100}$$

ข้อควรจำ เศษส่วนโมลรวมของทุกสารในสารละลายจะเท่ากับ 1 เสมอ

Prince of Songkla University Pattani Campus

เศษส่วนโมลของสารใด ๆ ในสารละลาย หมายถึง อัตราส่วนจำนวนโมลของสารนั้นกับจำนวนโมลรวม ของสารทั้งหมดในสารละลาย ใช้สัญลักษณ์ X เช่น สารละลายชนิดหนึ่งประกอบด้วยสาร A จำนวน a โมล สาร B จำนวน b โมล และสาร C จำนวน c โมล เศษส่วนโมลของ A, B และ C เป็นดังนี้

$$\text{เศษส่วนโมลของ A} = \frac{a}{a+b+c}$$

$$\text{เศษส่วนโมลของ B} = \frac{b}{a+b+c}$$

$$\text{เศษส่วนโมลของ C} = \frac{c}{a+b+c}$$

5. ส่วนในล้านส่วน (Parts per million ; ppm)

หมายถึง มวลของตัวถูกละลายที่มีอยู่ 1 ส่วนในล้านส่วนของสารละลายในหน่วยเดียวกัน ใช้สัญลักษณ์ ppm ส่วนในล้านส่วนอาจใช้หน่วยเป็น mg/dm^3, mg/L, mg/kg, µg/g หรือ $\mu g/cm^3$ เป็นหน่วยที่บอกปริมาณ ตัวถูกละลายเป็นมวลหรือปริมาตรในสารละลาย 1 ล้านหน่วย มีความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{ppm (มวล)} = \frac{\text{มวลของตัวถูกละลาย}}{\text{มวลของสารละลาย}} \times 10^6$$

$$\text{ppm (ปริมาตร)} = \frac{\text{ปริมาตรตัวถูกละลาย}}{\text{ปริมาตรสารละลาย}} \times 10^6$$

Prince of Songkla University Pattani Campus

การเตรียมสารละลาย

การเตรียมสารละลายโดยทั่วไปมี 3 ลักษณะคือ การนำของแข็งบริสุทธิ์มาละลายในตัวทำละลาย การนำสารละลายที่มีอยู่แล้วมาทำให้เจือจางหรือเข้มข้นขึ้น และการนำสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างกันมาผสมกัน ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นเปลี่ยนไป

(1) <u>การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์</u>

การคำนวณเกี่ยวกับความเข้มข้นของสารละลาย ในการเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นต่าง ๆ กันนั้น

ขั้นที่ 1 จะต้องคำนวณหาปริมาณตัวถูกละลายที่จะใช้เตรียมสารละลายก่อน

โดยทั่วไปแล้วหน่วยความเข้มข้นของสารละลายที่นิยมใช้ คือ หน่วยโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร หรือ โมลต่อลิตร (โมลาร์) ดังนั้นจึงต้องอาศัยความรู้ในเรื่องโมลเข้ามาเกี่ยวข้อง

$$n = \frac{CV}{1000}$$

เมื่อ n คือ จำนวนโมลของตัวถูกละลาย

C คือ ความเข้มข้นในหน่วย mol/dm^3

V คือ ปริมาตรของสารละลายในหน่วย cm^3

ในการคำนวณการเตรียมสารละลายนิยมใช้สูตร คือ

$$n = \frac{g}{Mw} = \frac{CV}{1000}$$

เมื่อ g = มวลของสารบริสุทธิ์ (ตัวถูกละลาย) ในหน่วย กรัม

Mw = มวลโมเลกุลของตัวถูกละลายในหน่วย กรัม/โมล

ตัวอย่างที่ 1 ในการเตรียมสารละลาย $KMnO_4$ เข้มข้น 0.200 mol/dm^3 ปริมาตร 100 cm^3 ต้องใช้ $KMnO_4$ มวลกี่กรัม

<u>วิธีทำ</u>

$$\frac{g}{Mw} = \frac{CV}{1000}$$

$$g = \frac{CV\,Mw}{1000}$$

$$= \frac{0.200 \times 100 \times 158}{1000}$$

$$= 3.16\ g$$

ขั้นที่ 2 เตรียมตัวถูกละลาย และทำให้เป็นสารละลาย

ชั่ง $KMnO_4$ ให้ได้ 3.16 g และนำไปใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 cm^3 โดยใช้กรวยแก้ว หลังจากนั้นเทน้ำกลั่นจำนวนเล็กน้อยลงในขวดวัดปริมาตร และเขย่าขวดเพื่อให้ $KMnO_4$ ละลายจนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วจึงค่อยเติมน้ำกลั่นลงไปจนส่วนโค้งต่ำสุดของสารละลายอยู่ตรงขีดบอกปริมาตรที่บริเวณคอขวด ปิดจุกขวดวัดปริมาตรแล้วกลับขวดขึ้นลงจนสารผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นและปริมาตรตามต้องการ

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นที่ 3 เก็บสารละลายและติดฉลากระบุรายละเอียดของสารละลาย

หลังจากเตรียมสารละลาย ควรถ่ายสารละลายใส่ภาชนะเก็บสารละลายที่เหมาะสม ปิดฝาภาชนะให้เรียบร้อย เพื่อป้องกันตัวทำละลายระเหย ติดฉลากโดยระบุ ชื่อสาร สูตรเคมี ความเข้มข้น และวันที่เตรียมสารละลาย

(2) <u>การเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้น</u>

วิธีนี้เป็นการเตรียมสารละลายจากสารละลายเดิมที่มีอยู่แล้วให้เจือจาง (ความเข้มข้นลดลง)ในการที่ความเข้มข้นของสารละลายที่เตรียมขึ้นใหม่จะมีความถูกต้องเพียงใดขึ้นอยู่กับการวัดปริมาตรสาร ดังนั้น อุปกรณ์ที่ใช้วัดปริมาตรต้องมีความเที่ยงตรงสูง เช่น ปิเปตต์ ขวดวัดปริมาตร ซึ่งมีความเที่ยงตรงสูงกว่ากระบอกตวงหรือบีกเกอร์

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ คือ

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

เมื่อ C_1 คือ ความเข้มข้นตั้งต้นในหน่วย mol/dm^3

V_1 คือ ปริมาตรตั้งต้นในหน่วย cm^3

C_2 คือ ความเข้มข้นสุดท้ายในหน่วย mol/dm^3

V_2 คือ ปริมาตรสุดท้ายในหน่วย cm^3

ขั้นที่ 1 คำนวณหาปริมาตรของสารละลายเดิมที่ต้องใช้

ตัวอย่างที่ 2 ในการเตรียมสารละลาย $KMnO_4$ เข้มข้น 0.0200 mol/dm^3 ปริมาตร 100 cm^3 จากสารละลาย $KMnO_4$ เข้มข้น 0.200 mol/dm^3 จะต้องใช้สารละลายปริมาตรเท่าใดมาเจือจาง

<u>วิธีทำ</u>

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$0.200 \times V_1 = 0.0200 \times 100$$

$$V_1 = \frac{0.0200 \times 100}{0.200}$$

$$V_1 = 10\ cm^3$$

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขั้นที่ 2 ทำสารละลายให้เจือจาง

ปิเปตต์สารละลาย $KMnO_4$ เข้มข้น 0.200 mol/dm^3 มา 10 cm^3 ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 cm^3 หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่นจนส่วนโค้งต่ำสุดของสารละลายอยู่ตรงกับขีดบอกปริมาตรที่บริเวณคอขวด ปิดจุกขวดวัดปริมาตรแล้วกลับขวดขึ้นลงเพื่อให้สารผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้สารละลาย $KMnO_4$ เข้มข้น 0.0200 mol/dm^3 ปริมาตร 100 cm^3 ตามต้องการ

ขั้นที่ 3 เก็บสารละลายและติดฉลากระบุรายละเอียดของสารละลาย

หลังจากเตรียมสารละลาย ควรถ่ายสารละลายใส่ภาชนะเก็บสารละลายที่เหมาะสม ปิดฝาภาชนะให้เรียบร้อยเพื่อป้องกันตัวทำละลายระเหย ติดฉลากโดยระบุชื่อสาร สูตรเคมี ความเข้มข้น และวันที่เตรียมสารละลาย

(3) <u>การผสมสารละลาย</u>

เป็นการผสมสารละลายชนิดเดียวกันแต่ต่างความเข้มข้น หรือเป็นสารละลายต่างชนิดกันก็ได้ ถ้าสารละลายที่นำมาผสมกันไม่เกิดปฏิกิริยาเคมี สามารถอาศัยหลักการเดียวกันกับการเจือจางสารละลาย กล่าวคือ ปริมาณตัวถูกละลายในสารละลายก่อนและหลังการผสมต้องเท่ากัน

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ คือ

ปริมาณตัวถูกละลายหลังผสม	=	ปริมาณตัวถูกละลายก่อนผสม
$C_{รวม}V_{รวม}$	=	$C_1V_1 + C_2V_2 + C_3V_3 + \ldots$

ตัวอย่างที่ 3 ผสมสารละลายกรด HCl เข้มข้น 0.2 mol/dm^3 ปริมาตร 20 cm^3 กับสารละลายกรด HCl เข้มข้น 0.04 mol/dm^3 ปริมาตร 300 cm^3 ถ้าต้องการสารละลายสุดท้ายเข้มข้น 0.02 mol/dm^3 ต้องเติมน้ำลงไปอีกกี่ cm^3

<u>วิธีทำ</u>

$$C_{รวม}V_{รวม} = C_1V_1 + C_2V_2$$

$$0.02 \times V_{รวม} = (0.2 \times 20\ cm^3) + (0.04 \times 300\ cm^3)$$

$$V_{รวม} = \frac{(0.2 \times 20\ cm^3) + (0.04 \times 300\ cm^3)}{0.02}$$

$$V_{รวม} = 800\ cm^3$$

ดังนั้น ต้องเติมน้ำลงไปอีก $= 800\ cm^3 - 20\ cm^3 - 300\ cm^3$

$= 480\ cm^3$

Prince of Songkla University Pattani Campus

6 สมรรถนะของผู้เรียน

6.1 มีความสามารถในการคิด

6.2 มีความสามารถในการสื่อสาร

7 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

7.1 ใฝ่เรียนรู้

7.2 มุ่งมั่นในการทำงาน

8 กิจกรรมการเรียนการสอน (Flipped Classroom + T5 Model)

ชั่วโมงที่ 1

– นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

ชั่วโมงที่ 2-3

– ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 7–8 คน โดยในแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยนักเรียนที่มีผลการเรียนทั้งเก่ง ปานกลาง และอ่อน

– ครูชี้แจงหน่วยการเรียนรู้ เนื้อหาสาระที่จะเรียน รูปแบบการจัดการเรียนรู้ และตารางเรียน ซึ่งเป็นดังนี้

1) หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

2) แบ่งหัวข้อเป็น 5 หัวข้อ คือ

2.1 มวลอะตอม และมวลโมเลกุล

2.2 โมล (โมลกับจำนวนอนุภาค และจำนวนโมลกับมวลของสาร)

2.3 โมล (ปริมาตรต่อโมลของแก๊ส และความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊ส)

2.4 สารละลาย (ความเข้มข้นของสารละลาย)

2.5 สารละลาย (การเตรียมสารละลาย)

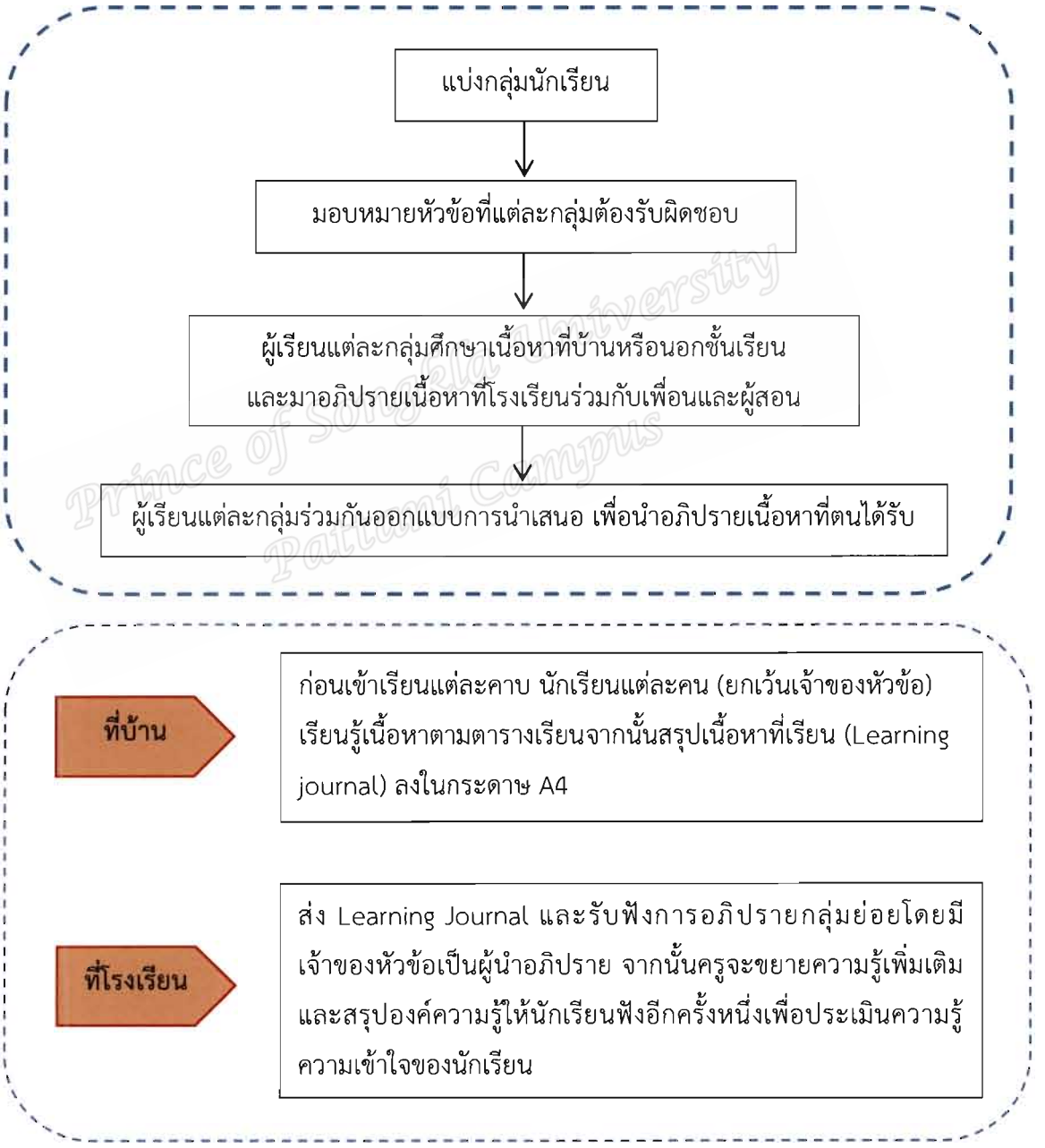
โดยที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะรับผิดชอบกลุ่มละ 1 หัวข้อ จากนั้นนักเรียนจะต้องออกแบบการนำอภิปรายหัวข้อที่ตนเองรับผิดชอบ เช่น การเตรียมแบบจำลอง การเตรียมปฏิบัติการ เป็นต้น

3) รูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นรูปแบบตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับโมเดล T5 แบบกระดาษ โดยเป็นการเรียนรู้เนื้อหาหรือสืบค้นข้อมูลที่บ้านหรือนอกชั้นเรียน และอภิปรายขยายความรู้ที่โรงเรียน ซึ่งการเรียนนอกชั้นเรียนนั้นจะเรียนเฉพาะส่วนของเนื้อหาและสรุปเป็น Learning Journal ส่วนในชั้นเรียนจะใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของ 5E โดยที่ในแต่ละขั้นตอนนั้นผู้วิจัยได้มีการสอดแทรกองค์ประกอบของโมเดล T5 แบบกระดาษเข้าไปด้วย นอกจากนี้

Prince of Songkla University Pattani Campus

แล้วการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับโมเดล T5 แบบกระดาษจะใช้ความสำเร็จของชิ้นงานในการประเมินผลการเรียนรู้ ซึ่งการประเมินชิ้นงานจะมี 2 ระบบ คือ ผู้สอนประเมินผู้เรียน และผู้เรียนประเมินกันเอง โดยการวิจารณ์และให้ข้อเสนอแนะต่อชิ้นงานของเพื่อน แสดงดังภาพประกอบ 9

ภาพประกอบ 9 รูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นรูปแบบตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับโมเดล T5 แบบกระดาษ



Prince of Songkla University Pattani Campus

4) ตารางเรียนเนื้อหาแต่ละหัวข้อ

ชั่วโมงที่	เรื่อง	หมายเหตุ
4–5	เข้าร่วมกลุ่มเพื่ออภิปรายในหัวข้อที่ตนเองเป็นเจ้าของ	✓ เจ้าของหัวข้อทำหน้าที่เป็นผู้นำอภิปราย ✓ สมาชิกอื่นที่ไม่ใช่เจ้าของหัวข้อศึกษาและสรุปเนื้อหาเพื่อเตรียมอภิปรายร่วมกับเพื่อน
6-7	มวลอะตอมและมวลโมเลกุล	
8-9	โมล (โมลกับจำนวนอนุภาคและจำนวนโมลกับมวลของสาร)	
10-11	โมล (ปริมาตรต่อโมลของแก๊ส และความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊ส)	
12-13	สารละลาย (ความเข้มข้นของสารละลาย)	
14-15	สารละลาย (การเตรียมสารละลาย)	

5) ครูให้นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มสืบค้นและเรียนรู้เนื้อหาที่ตนเองรับผิดชอบเป็นเจ้าของหัวข้อนอกชั้นเรียน พร้อมทั้งเขียนสรุปลงกระดาษ A4 และนำเสนอเนื้อหาดังกล่าวพร้อมทั้งมาอภิปรายและหาข้อสรุปในชั้นเรียนในชั่วโมงถัดไป

ชั่วโมงที่ 4-5

– นักเรียนแต่ละคนซึ่งได้ศึกษาเนื้อหาประจำกลุ่มของตนเองมาแล้ว เข้ากลุ่มและร่วมกันอภิปรายเนื้อหาที่ตนศึกษาค้นคว้าออกแบบ

– นักเรียนสรุปองค์ความรู้ที่เป็นประเด็นสำคัญ ๆ ของเนื้อหาประจำกลุ่มของตนเอง จากนั้นนำเสนอต่อครูผู้สอน ครูผู้สอนชี้แนะเกี่ยวกับความถูกต้องและครบถ้วนของเนื้อหา

– นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนการดำเนินงานและวิธีการนำอภิปรายโดยร่างแผนงานและรูปแบบในการอภิปรายของกลุ่มตนเอง ซึ่งรูปแบบดังกล่าวต้องน่าสนใจและเหมาะสมกับเนื้อหาที่ได้รับ พร้อมทั้งเขียนใบโครงร่างการนำอภิปราย (ตามใบงานที่ครูได้เตรียมไว้)

– นักเรียนนำเสนอแผนงานและสื่อที่จะใช้ต่อครูผู้สอน เพื่อตรวจสอบความคืบหน้าและให้ข้อเสนอแนะต่อไป

– ครูชี้แจงตารางเรียนอีกครั้ง โดยชั่วโมงถัดไปนักเรียนทุกคนต้องเรียน เรื่อง มวลอะตอมและมวลโมเลกุลจากสื่อต่าง ๆ ตามที่ตนถนัด เช่น หนังสือเรียน หนังสืออ่านเพิ่มเติม ข้อมูลออนไลน์ และอื่น ๆ จากนั้นสรุปเนื้อหาเป็น Leaning Journal ส่วนกลุ่มที่ทำหน้าที่นำเสนอในหัวข้อดังกล่าวก็เตรียมตัวนำอภิปรายในชั้นเรียน

Prince of Songkla University Pattani Campus

ชั่วโมงที่ 6-7 มวลอะตอมและมวลโมเลกุล

1. **ขั้นสร้างความสนใจ** (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Task, Topics, Tools และ Teamwork)

นักเรียนทำที่บ้าน

1.1 ครูตั้งกระทู้บน Facebook ของกลุ่ม โดยตั้งกระทู้ถามนักเรียนว่า

— เราสามารถหามวลอะตอมได้อย่างไร

— มวลอะตอมของธาตุกับมวลของธาตุ 1 อะตอมเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

— มวลโมเลกุลกับมวลของสาร 1 โมเลกุลเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

— มวลอะตอมกับมวลโมเลกุลเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

นักเรียนทำที่โรงเรียน

1.2 ครูให้นักเรียนทบทวนเกี่ยวกับความหมายของไอโซโทป ทฤษฎีอะตอมของดอลตัน โดยครูตั้งคำถามว่า “ทฤษฎีอะตอมของดอลตันมีใจความสำคัญว่าอย่างไร” โดยเน้นให้นักเรียนเข้าใจว่าอะตอมของธาตุต่างชนิดกันมีมวลไม่เท่ากัน อะตอมเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กมากและมีมวลน้อยมากไม่สามารถชั่งหามวลได้โดยตรง การหามวลอะตอมจึงใช้วิธีการเปรียบเทียบกับมวลของธาตุที่กำหนดเป็นมาตรฐาน

2. **ขั้นสำรวจและค้นหา** (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Task, Topics, Tools และ Teamwork)

นักเรียนทำที่บ้าน

2.1 ครู Upload VDO เรื่องมวลอะตอมและมวลโมเลกุล

2.2 ครู Upload ใบความรู้ เรื่องมวลอะตอมและมวลโมเลกุล

2.3 ครู Upload ใบกิจกรรม ในกลุ่ม Facebook โดยมอบหมายให้นักเรียน ดังนี้

2.3.1 นักเรียนที่รับผิดชอบเป็นเจ้าของหัวข้อ เตรียมสื่อ/อุปกรณ์ในการนำเสนอ

2.3.2 นักเรียนที่เหลือที่ไม่ใช่เจ้าของหัวข้อ ให้ศึกษาหัวข้อเรื่องมวลอะตอมและมวลโมเลกุลจากหนังสือเรียน VDO และใบความรู้ที่ครูได้ Upload ไว้ในกลุ่ม Facebook จากนั้นให้นักเรียนสรุปตามความเข้าใจในรูปแบบของ Learning Journal

Prince of Songkla University Pattani Campus

นักเรียนทำที่โรงเรียน

2.4 ครูตั้งคำถามให้นักเรียนสำรวจและสืบค้นว่า “นักเรียนจะมีวิธีการหามวลอะตอมได้อย่างไร” และ “อะตอมกับโมเลกุลเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร”

2.5 ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย และร่วมกันสรุป เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า เมื่อต้องการทราบมวลอะตอมของธาตุต้องใช้วิธีการเปรียบเทียบกับมวลของธาตุที่กำหนดเป็นธาตุมาตรฐาน

2.6 ครูยกตัวอย่างธาตุและสารประกอบในชีวิตประจำวัน ดังนี้

- น้ำ (H_2O)
- แก๊สมีเทน (CH_4)
- แก๊สแอมโมเนีย (NH_3)
- คาร์บอน (C)
- ซิลเวอร์ (Ag)
- โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4)
- แมกนีเซียม (Mg)
- โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

จากนั้นให้นักเรียนจำแนกว่าสารชนิดใดเป็นอะตอม โมเลกุล และสารประกอบไอออนิก

(**แนวคำตอบ** อะตอม ได้แก่ คาร์บอน (C), ซิลเวอร์ (Ag) และแมกนีเซียม (Mg), โมเลกุล ได้แก่ น้ำ (H_2O), แก๊สมีเทน (CH_4) และแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และสารประกอบไอออนิก ได้แก่ โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) และโซเดียมคลอไรด์ (NaCl))

2.7 ครูสุ่มถามนักเรียนว่า “โมเลกุลมีความสัมพันธ์กับอะตอมหรือไม่ อย่างไร”

(**แนวคำตอบ** โมเลกุลเกิดจากอะตอมของธาตุตั้งแต่ 2 อะตอมขึ้นไปมารวมกัน โดยโมเลกุลแบ่งออกเป็นโมเลกุลของธาตุ และโมเลกุลของสารประกอบ ซึ่งโมเลกุลของธาตุเกิดจากอะตอมของธาตุชนิดเดียวกันมาสร้างพันธะกันตั้งแต่ 2 อะตอม เช่น แก๊สออกซิเจน (O_2) และโมเลกุลของสารประกอบเกิดจากธาตุต่างชนิดกันมาสร้างพันธะเกิดเป็นสารประกอบ เช่น แก๊สแอมโมเนีย (NH_3) เป็นต้น)

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Task, Tutorials, Topics, Teamwork และ Tools)

3.1 นักเรียนที่รับผิดชอบเป็นเจ้าของหัวข้อ นำอภิปรายโดยใช้รูปแบบที่กลุ่มของตัวเองได้เตรียมมา

3.2 นักเรียนแต่ละคนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและอภิปรายเนื้อหาร่วมกัน โดยที่ผู้ฟังมีการโต้ตอบและถามคำถามแก่ผู้นำอภิปรายในประเด็นต่าง ๆ โดยที่ครูทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะ

Prince of Songkla University Pattani Campus

4. ขั้นขยายความรู้ (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Topics, Teamwork และ Tools)

4.1 ครูตั้งประเด็นให้นักเรียนช่วยกันคิดว่า ความรู้เรื่องมวลอะตอมและมวลโมเลกุลมีประโยชน์กับนักเคมีอย่างไรบ้าง

4.2 ครูเปิดวีดิทัศน์แสดงหลักการทำงานของเครื่องแมสสเปกโทรมิเตอร์

4.3 ครูยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับมวลอะตอมและมวลโมเลกุล พร้อมทั้งให้นักเรียนเขียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียดลงในสมุดบันทึกการเรียนรู้ของตนเอง จากนั้นครูสุ่มนักเรียน 1-2 คน ออกมาเฉลยหน้าชั้นเรียน

4.4 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง มวลอะตอมและมวลโมเลกุล ว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

5. ขั้นประเมินผล (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Tutorials)

5.1 นักเรียนทดสอบย่อยหลังเรียน เรื่อง มวลอะตอมและมวลโมเลกุล

5.2 ครูประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

ชั่วโมงที่ 8-9 โมล (โมลกับจำนวนอนุภาค และจำนวนโมลกับมวลของสาร)

1. ขั้นสร้างความสนใจ (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Task, Topics, Tools และ Teamwork)

<u>นักเรียนทำที่บ้าน</u>

1.1 ครูตั้งกระทู้บน Facebook ของกลุ่ม โดยตั้งกระทู้ถามนักเรียนว่า

– การบอกปริมาณสารในชีวิตประจำวันเราสามารถบอกได้ในหน่วยอะไรบ้าง พร้อมยกตัวอย่างประกอบ

– การบอกปริมาณของสารในทางเคมีเราสามารถบอกเป็นหน่วยแบบใด

– เราสามารถหาโมลได้อย่างไร

<u>นักเรียนทำที่โรงเรียน</u>

1.2 ครูเริ่มต้นคาบเรียนโดยการให้นักเรียนนำอุปกรณ์การเรียนขึ้นมา ได้แก่ สมุด ปากกา ยางลบ เป็นต้น จากนั้นครูถามนักเรียนว่า

– ปากกาที่นักเรียนถืออยู่มีหน่วยเป็นอะไร

(**แนวคำตอบ** เป็นด้าม/เป็นแท่ง)

– ถ้าอยากซื้อปากกาที่ร้านเครื่องเขียน 12 แท่ง ครูควรจะบอกแม่ค้าว่าอย่างไร

(**แนวคำตอบ** ซื้อปากกา 1 โหล)

Prince of Songkla University Pattani Campus

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Task, Topics, Tools และ Teamwork)

นักเรียนทำที่บ้าน

2.1 ครู Upload VDO เรื่อง โมลกับจำนวนอนุภาค และจำนวนโมลกับมวลของสาร

2.2 ครู Upload ใบความรู้ เรื่อง โมลกับจำนวนอนุภาค และจำนวนโมลกับมวลของสาร

2.3 ครู Upload ใบกิจกรรม ในกลุ่ม Facebook โดยมอบหมายให้นักเรียน ดังนี้

— นักเรียนที่รับผิดชอบเป็นเจ้าของหัวข้อ เตรียมสื่อ/อุปกรณ์ในการนำเสนอ

— นักเรียนที่เหลือที่ไม่ใช่เจ้าของหัวข้อ ให้ศึกษาหัวข้อเรื่องโมลกับจำนวนอนุภาค และจำนวนโมลกับมวลของสารจากหนังสือเรียน VDO และใบความรู้ที่ครูได้ Upload ไว้ในกลุ่ม Facebook จากนั้นให้นักเรียนสรุปตามความเข้าใจในรูปแบบของ Learning Journal

นักเรียนทำที่โรงเรียน

2.4 ครูตั้งคำถามให้นักเรียนสำรวจและสืบค้นว่า “การบอกปริมาณของสารในทางเคมีสามารถบอกเป็นหน่วยแบบใด อย่างไร สามารถใช้หน่วยโหลได้ไหม”

2.5 ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย และร่วมกันสรุป เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า เนื่องจากอนุภาคของสารมีขนาดเล็ก ดังนั้นเพื่อให้สะดวกแก่การนำไปชั่งหรือตวงปริมาตร นักเคมีจึงได้กำหนดหน่วยที่ใช้บอกจำนวนอนุภาคของสารขึ้นมาหน่วยหนึ่ง เรียกว่า “**โมล**”

2.6 ครูยกตัวอย่างปริมาณของอนุภาคของสารในหน่วยโมล ดังนี้

— Na 1 mol มีจำนวนอะตอมเท่ากับ 6.02×10^{23} อะตอม

— Na^{+} 1 mol มีจำนวนไอออนเท่ากับ 6.02×10^{23} ไอออน

— NaOH 1 mol มีจำนวนโมเลกุลเท่ากับ 6.02×10^{23} โมเลกุล

— Ca 12.04×10^{23} อะตอม มีจำนวนโมลเท่ากับ 2 mol

— Ca^{+} 12.04×10^{23} ไอออน มีจำนวนโมลเท่ากับ 2 mol

— CaOH 12.04×10^{23} โมเลกุล มีจำนวนโมลเท่ากับ 2 mol

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Task, Tutorials, Topics, Teamwork และ Tools)

3.1 นักเรียนที่รับผิดชอบเป็นเจ้าของหัวข้อ นำอภิปรายโดยใช้รูปแบบที่กลุ่มของตัวเองได้เตรียมมา

3.2 นักเรียนแต่ละคนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและอภิปรายเนื้อหาร่วมกัน โดยที่ผู้ฟังมีการโต้ตอบและถามคำถามแก่ผู้นำอภิปรายในประเด็นต่าง ๆ ซึ่งมีครูทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะ

4. ขั้นขยายความรู้ (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Topics, Teamwork และ Tools)

4.1 ครูตั้งประเด็นให้นักเรียนช่วยกันคิดว่า ความรู้เรื่องโมลกับจำนวนอนุภาค และจำนวนโมลกับมวลของสารมีประโยชน์กับนักเคมีอย่างไรบ้าง

4.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารในหน่วยโมลกับจำนวนอนุภาคของสารและมวลของสาร ซึ่งควรสรุปได้ดังนี้ สาร 1 โมล มีจำนวนอนุภาคเท่ากับ 6.02×10^{23} อนุภาค และมีมวลเท่ากับมวลอะตอม หรือ มวลไอออน หรือ มวลโมเลกุล

4.3 ครูยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับโมลกับจำนวนอนุภาค และจำนวนโมลกับมวลของสารพร้อมทั้งให้นักเรียนเขียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียดลงในสมุดบันทึกการเรียนรู้ของตนเอง จากนั้นครูสุ่มนักเรียน 1-2 คน ออกมาเฉลยหน้ากระดาน

4.4 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่องโมลกับจำนวนอนุภาค และจำนวนโมลกับมวลของสารว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

5. ขั้นประเมินผล (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Tutorials)

5.1 นักเรียนทดสอบย่อยหลังเรียน เรื่องโมลกับจำนวนอนุภาค และจำนวนโมลกับมวลของสาร

5.2 ครูประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

ชั่วโมงที่ 10-11 โมล (ปริมาตรต่อโมลของแก๊ส และความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊ส)

1. ขั้นสร้างความสนใจ (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Task, Topics, Tools และ Teamwork)

<u>นักเรียนทำที่บ้าน</u>

1.1 ครูตั้งกระทู้บน Facebook ของกลุ่ม โดยตั้งกระทู้ถามนักเรียนว่า

- นักเรียนรู้จักแก๊สอะไรบ้าง
- แก๊สมีมวลน้อยหรือมากและการวัดปริมาณในหน่วยมวลของแก๊สนั้นทำได้อย่างไร
- นักเรียนคิดว่าแก๊ส 1 โมลที่ STP จะมีปริมาตรเท่าใด

Prince of Songkla University Pattani Campus

นักเรียนทำที่โรงเรียน

1.2 ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างแก๊สที่นักเรียนรู้จักว่ามีแก๊สอะไรบ้าง

(**แนวคำตอบ** H_2 O_2 F_2 N_2 CO_2 NH_3)

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Task, Topics, Tools และ Teamwork)

นักเรียนทำที่บ้าน

2.1 ครู Upload VDO เรื่องปริมาตรต่อโมลของแก๊สและความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊ส

2.2 ครู Upload ใบความรู้ เรื่องปริมาตรต่อโมลของแก๊สและความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊ส

2.3 ครู Upload ใบกิจกรรม ในกลุ่ม Facebook โดยมอบหมายให้นักเรียน ดังนี้

2.3.1 นักเรียนที่รับผิดชอบเป็นเจ้าของหัวข้อ เตรียมสื่อ/อุปกรณ์ในการนำเสนอ

2.3.2 นักเรียนที่เหลือที่ไม่ใช่เจ้าของหัวข้อ ให้ศึกษาหัวข้อเรื่องปริมาตรต่อโมลของแก๊สและความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สจากหนังสือเรียน VDO และใบความรู้ที่ครูได้ Upload ไว้ในกลุ่ม Facebook จากนั้นให้นักเรียนสรุปตามความเข้าใจในรูปแบบของ Learning Journal

นักเรียนทำที่โรงเรียน

2.4 ครูตั้งคำถามให้นักเรียนสำรวจและสืบค้นว่า “แก๊สที่นักเรียนได้ยกตัวอย่างมานั้น มีมวลน้อยหรือมากและการวัดปริมาณในหน่วยมวลของแก๊สนั้นทำได้อย่างไร” และ “นักเรียนคิดว่าแก๊ส 1 โมลที่ STP จะมีปริมาตรเท่าใด”

(**แนวคำตอบ** (1) แก๊สมีมวลน้อยมาก การวัดปริมาณในหน่วยมวลของแก๊สนั้นทำได้ยาก จึงนิยมวัดปริมาณของแก๊สในหน่วยปริมาตร

(2) สารใด ๆ 1 โมล มีปริมาตรเท่ากับ 22.4 dm^3 ที่ STP (T = 0 °C และ P = 1 atm)

2.5 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า “เนื่องจากแก๊สมีมวลน้อยมาก การวัดปริมาณในหน่วยมวลของแก๊สนั้นทำได้ยาก จึงนิยมวัดปริมาณของแก๊สในหน่วยปริมาตร เนื่องจากปริมาตรของแก๊สเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิและความดัน ดังนั้น เมื่อต้องการเปรียบเทียบปริมาตรของแก๊สต่าง ๆ จึงต้องระบุอุณหภูมิและความดันด้วยเสมอ นักวิทยาศาสตร์

จึงได้กำหนดให้อุณหภูมิ 0 °C ความดัน 1 บรรยากาศ หรือ 1 atm (760 มิลลิเมตรปรอท) เป็นสภาวะมาตรฐาน (Standard Temperature and Pressure เรียกย่อ ๆ ว่า STP)

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Task, Tutorials, Topics, Teamwork และ Tools)

3.1 นักเรียนที่รับผิดชอบเป็นเจ้าของหัวข้อ นำอภิปรายโดยใช้รูปแบบที่กลุ่มของตัวเองได้เตรียมมา

3.2 นักเรียนแต่ละคนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและอภิปรายเนื้อหาร่วมกันโดยที่ผู้ฟังมีการโต้ตอบและถามคำถามแก่ผู้นำอภิปรายในประเด็นต่าง ๆ ซึ่งมีครูทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะ

4. ขั้นขยายความรู้ (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Topics, Teamwork และ Tools)

4.1 ครูตั้งประเด็นให้นักเรียนช่วยกันคิดว่า ความรู้เรื่องปริมาตรต่อโมลของแก๊สและความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สมีประโยชน์กับนักเคมีอย่างไรบ้าง

4.2 ครูยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับปริมาตรต่อโมลของแก๊สและความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊ส พร้อมทั้งให้นักเรียนเขียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียดลงในสมุดบันทึกการเรียนรู้ของตนเอง จากนั้นครูสุ่มนักเรียน 1-2 คน ออกมาเฉลยหน้าชั้นเรียน

4.3 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่องปริมาตรต่อโมลของแก๊สและความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

5. ขั้นประเมินผล (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Tutorials)

5.1 นักเรียนทดสอบย่อยหลังเรียน เรื่อง ปริมาตรต่อโมลของแก๊สและความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊ส

5.2 ครูประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

ขั่วโมงที่ 12-13 สารละลาย (ความเข้มข้นของสารละลาย)

1. ขั้นสร้างความสนใจ (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Task, Topics, Tools และ Teamwork)

<u>นักเรียนทำที่บ้าน</u>

1.1 ครูตั้งกระทู้บน Facebook ของกลุ่ม โดยตั้งกระทู้ถามนักเรียนว่า

- สารละลายคืออะไร

Prince of Songkla University Pattani Campus

— ปริมาณของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย แสดงได้ด้วยหน่วยอะไร

— การหาความเข้มข้นของสารละลาย สามารถหาได้โดยวิธีใดบ้าง

นักเรียนทำที่โรงเรียน

1.2 ครูให้นักเรียนร่วมกันยกตัวอย่างสารละลายที่นักเรียนพบเห็นในชีวิตประจำวัน

(**แนวคำตอบ** สารละลายเกลือ น้ำเชื่อม น้ำอัดลม)

1.3 ครูให้นักเรียนบอกเหตุผลว่าทำไมนักเรียนจึงคิดว่าสารดังกล่าวเป็นสารละลาย

(**แนวคำตอบ** สารละลาย ประกอบด้วย ตัวทำละลายและตัวถูกละลาย)

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Task, Topics, Tools และ Teamwork)

นักเรียนทำที่บ้าน

2.1 ครู Upload VDO เรื่องความเข้มข้นของสารละลาย

2.2 ครู Upload ใบความรู้ เรื่องความเข้มข้นของสารละลาย

2.3 ครู Upload ใบกิจกรรม ในกลุ่ม Facebook โดยมอบหมายให้นักเรียน ดังนี้

2.3.1 นักเรียนที่รับผิดชอบเป็นเจ้าของหัวข้อ เตรียมสื่อ/อุปกรณ์ในการนำเสนอ

2.3.2 นักเรียนที่เหลือที่ไม่ใช่เจ้าของหัวข้อ ให้ศึกษาหัวข้อเรื่องความเข้มข้นของสารละลายจากหนังสือเรียน VDO และ ใบความรู้ที่ครูได้ Upload ไว้ในกลุ่ม Facebook จากนั้นให้นักเรียนสรุปตามความเข้าใจในรูปแบบของ Learning Journal

นักเรียนทำที่โรงเรียน

2.4 ครูตั้งคำถามให้นักเรียนสำรวจและสืบค้นว่า “สารละลายคืออะไร” และ “นักเรียนคิดว่ามีวิธีใดบ้างที่สามารถหาค่าความเข้มข้นของสารละลายได้”

(**แนวคำตอบ** (1) สารละลายเป็นสารเนื้อเดียว ประกอบด้วย ตัวทำละลายและตัวถูกละลาย โดยที่ปริมาณของตัวละลายที่ละลายอยู่ในสารละลายแสดงได้ด้วยค่าความเข้มข้นของสารละลาย

(2) ความเข้มข้นของสารละลายอาจบอกเป็นร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี เศษส่วนโมล

Prince of Songkla University Pattani Campus

2.5 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า “สารละลายเป็นสารเนื้อเดียว เตรียมได้จากการผสมสารตั้งแต่ 2 ชนิดเข้าด้วยกัน สำหรับสารละลายที่ตัวทำละลายและตัวถูกละลายมีสถานะเดียวกัน จะถือว่าสารที่มีปริมาณมากกว่าเป็นตัวทำละลาย แต่ถ้าสถานะต่างกัน สารที่มีสถานะเดียวกับสารละลายจัดเป็นตัวทำละลาย สารละลายอาจมีตัวถูกละลายมากกว่า 1 ชนิด และตัวถูกละลายในสารละลายแต่ละชนิดอาจมีปริมาณต่างกัน ซึ่งทำให้สารละลายมีความเข้มข้นไม่เท่ากัน โดยที่ความเข้มข้นของสารละลาย เป็นค่าที่แสดงปริมาณของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายหรือสารละลาย การบอกความเข้มข้นของสารละลายจึงบอกได้หลายวิธี ได้แก่ ร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี หรือ เศษส่วนโมล”

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Task, Tutorials, Topics, Teamwork และ Tools)

3.1 นักเรียนที่รับผิดชอบเป็นเจ้าของหัวข้อ นำอภิปรายโดยใช้รูปแบบที่กลุ่มของตัวเองได้เตรียมมา

3.2 นักเรียนแต่ละคนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและอภิปรายเนื้อหาร่วมกัน โดยที่ผู้ฟังมีการโต้ตอบและถามคำถามแก่ผู้นำอภิปรายในประเด็นต่าง ๆ ซึ่งมีครูทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะ

4. ขั้นขยายความรู้ (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Topics, Teamwork และ Tools)

4.1 ครูกระตุ้นความคิดของนักเรียนโดยให้นักเรียนช่วยกันคิดว่า ความรู้เรื่องความเข้มข้นของสารละลายมีประโยชน์กับนักเคมีอย่างไรบ้าง

4.2 ครูยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความเข้มข้นของสารละลาย พร้อมทั้งให้นักเรียนเขียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียดลงในสมุดบันทึกการเรียนรู้ของตนเอง จากนั้นครูสุ่มนักเรียน 1-2 คน ออกมาเฉลยหน้าชั้นเรียน

4.3 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่องความเข้มข้นของสารละลายว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

5. ขั้นประเมินผล (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Tutorials)

5.1 นักเรียนทดสอบย่อยหลังเรียน เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย

5.2 ครูประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

ชั่วโมงที่ 14-15 สารละลาย (การเตรียมสารละลาย)

1. ขั้นสร้างความสนใจ (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Task, Topics, Tools และ Teamwork)

<u>นักเรียนทำที่บ้าน</u>

1.1 ครูตั้งกระทู้บน Facebook ของกลุ่ม โดยตั้งกระทู้ถามนักเรียนว่า

Prince of Songkla University Pattani Campus

— การเตรียมสารละลาย สามารถเตรียมได้กี่วิธี วิธีใดบ้าง

นักเรียนทำที่โรงเรียน

1.2 ครูทบทวนความรู้เรื่องความเข้มข้นของสารละลาย

1.3 ครูสอบถามนักเรียนว่า นักเรียนเคยชงชา กาแฟ หรือไม่ จากนั้นครูสอบถามเพิ่มเติมว่า ในการชงแต่ละครั้งเราใช้ความเข้มข้นหรือปริมาตรที่ถูกต้องแม่นยำ หรือใช้วิธีการประมาณความเข้มข้นหรือปริมาตร

1.4 ครูสอบถามนักเรียนว่า ในการทดลองทางเคมี สารละลายที่นำมาใช้จำเป็นต้องมีความเข้มข้นที่แน่นอนหรือไม่

(**แนวคำตอบ** จำเป็นต้องเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นที่แน่นอน เพื่อความถูกต้องและแม่นยำ)

1.5 ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างวิธีที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย

(**แนวคำตอบ** การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ การเตรียมสารละลายจากการเจือจางสารละลาย และการเตรียมสารละลายจากการผสมสารละลาย)

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Task, Topics, Tools และ Teamwork)

นักเรียนทำที่บ้าน

2.1 ครู Upload VDO เรื่องการเตรียมสารละลาย

2.2 ครู Upload ใบความรู้ เรื่องการเตรียมสารละลาย

2.3 ครู Upload ใบกิจกรรม ในกลุ่ม Facebook โดยมอบหมายให้นักเรียน ดังนี้

2.3.1 นักเรียนที่รับผิดชอบเป็นเจ้าของหัวข้อ เตรียมสื่อ/อุปกรณ์ในการนำเสนอ

2.3.2 นักเรียนที่เหลือที่ไม่ใช่เจ้าของหัวข้อ ให้ศึกษาหัวข้อเรื่องการเตรียมสารละลายจากหนังสือเรียน VDO และ ใบความรู้ที่ครูได้ Upload ไว้ในกลุ่ม Facebook จากนั้นให้นักเรียนสรุปตามความเข้าใจในรูปแบบของ Learning journal

นักเรียนทำที่โรงเรียน

2.4 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 7-8 คนเพื่อทำการทดลองเรื่องการเตรียมสารละลาย

2.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำสารเคมีและอุปกรณ์ที่ครูได้เตรียมไว้ จากนั้นลงมือปฏิบัติการทดลองที่ 4.1 ตามหนังสือเรียนเพิ่มเติมเคมี เล่ม 2 โดยที่นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองตาม Flowchart ที่ตนเองได้เขียนไว้ เพื่อเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ และการเจือจางสารละลาย

Prince of Songkla University Pattani Campus

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Task, Tutorials, Topics, Teamwork และ Tools)

3.1 นักเรียนที่รับผิดชอบเป็นเจ้าของหัวข้อ นำอภิปรายโดยใช้รูปแบบที่กลุ่มของตัวเองได้เตรียมมา

3.2 นักเรียนแต่ละคนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและอภิปรายเนื้อหาร่วมกัน โดยที่ผู้ฟังมีการโต้ตอบและถามคำถามแก่ผู้นำอภิปรายในประเด็นต่าง ๆ ซึ่งมีครูทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะ

4. ขั้นขยายความรู้ (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Topics, Teamwork และ Tools)

4.1 ครูยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการเตรียมสารละลาย พร้อมทั้งให้นักเรียนเขียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียดลงในสมุดบันทึกการเรียนรู้ของตนเอง จากนั้นครูสุ่มนักเรียน 1-2 คน ออกมาเฉลยหน้าชั้นเรียน

4.2 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่องการเตรียมสารละลายว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

5. ขั้นประเมินผล (องค์ประกอบของ T5 ที่แทรกเข้ามา คือ Tutorials)

5.1 นักเรียนทดสอบย่อยหลังเรียน เรื่อง การเตรียมสารละลาย

5.2 ครูประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

ชั่วโมงที่ 16-18

— นักเรียนและครูร่วมกันสรุปสิ่งที่ได้ศึกษาตลอดการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทาง โดยให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นว่าการเรียนแบบห้องเรียนกลับทางนั้นทำให้นักเรียนสามารถหาแหล่งเรียนรู้ที่เหมาะสมและน่าเชื่อถือได้ด้วยตนเองมากน้อยเพียงใด เมื่อหาแหล่งข้อมูลได้แล้วนักเรียนสามารถสรุปองค์ความรู้ที่เป็นประเด็นสำคัญ ๆ ของเนื้อหาได้หรือไม่ และมีเทคนิคการสรุปอยู่ในระดับใด

— ครูถามนักเรียนว่าการเรียนแบบกระบวนการกลุ่มนั้นทำให้นักเรียนมีการพัฒนาทักษะการทำงานกลุ่มได้มากน้อยเพียงใด นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นได้มากน้อยเพียงใด วางแผนการดำเนินงานได้ดีกว่าเดิมหรือไม่ อย่างไร

— ครูถามนักเรียนว่าในขั้นของการประเมินชิ้นงานของนักเรียนโดยผู้เรียนประเมินด้วยกันเอง สามารถฝึกให้นักเรียนมีการวิพากษ์วิจารณ์อย่างสร้างสรรค์ ให้คำชี้แนะ พร้อมทั้งรับฟังความเห็นของผู้อื่น และนำคำแนะนำที่ได้ไปปรับปรุงชิ้นงานของตัวเองในครั้งต่อ ๆ ไปได้มากน้อยเพียงใด

Prince of Songkla University Pattani Campus

– นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายว่าจะสามารถนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ไปปฏิบัติใช้จริงในชีวิตประจำวันอย่างไรบ้าง

– นักเรียนทดสอบหลังเรียนโดยทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัย และแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

9. สื่อการเรียนรู้

9.1 หนังสือแบบเรียน สสวท. รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เล่ม 2

9.2 Power Point ของผู้สอน

9.3 ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ (เคมี)

9.4 วัสดุอุปกรณ์ และชิ้นงานที่นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้ในการอภิปราย

9.5 อินเทอร์เน็ต (website: YouTube, Facebook, Google และอื่น ๆ)

10. ชิ้นงาน/ภาระงาน

10.1 สื่อ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการนำเสนอ (สำหรับนักเรียนที่รับผิดชอบเป็นเจ้าของหัวข้อ)

1) เรื่องมวลอะตอมและมวลโมเลกุล

2) เรื่องโมลกับจำนวนอนุภาคและจำนวนโมลกับมวลของสาร

3) เรื่องปริมาตรต่อโมลของแก๊สและความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊ส

4) เรื่องความเข้มข้นของสารละลาย

5) เรื่องการเตรียมสารละลาย

10.2 Learning Journal

1) เรื่องมวลอะตอมและมวลโมเลกุล

2) เรื่องโมลกับจำนวนอนุภาคและจำนวนโมลกับมวลของสาร

3) เรื่องปริมาตรต่อโมลของแก๊สและความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊ส

4) เรื่องความเข้มข้นของสารละลาย

5) เรื่องการเตรียมสารละลาย

10.3 แบบทดสอบ

1) เรื่องมวลอะตอมและมวลโมเลกุล

2) เรื่องโมลกับจำนวนอนุภาคและจำนวนโมลกับมวลของสาร

Prince of Songkla University Pattani Campus

3) เรื่องปริมาตรต่อโมลของแก๊สและความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊ส

4) เรื่องความเข้มข้นของสารละลาย

5) เรื่องการเตรียมสารละลาย

10.4 แบบฝึกหัดที่ 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 และ 4.7

10.5 สมุดบันทึกผลการเรียนรู้

11. การวัดและประเมินผล

ด้าน	รายการประเมิน	เครื่องมือ
ความรู้ (K)	1. ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน 2. Learning journal 3. ทดสอบย่อยรายหัวข้อ 4. ผลงานประจำกลุ่ม	1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน 2. แบบประเมิน Learning journal 3. แบบทดสอบย่อยรายหัวข้อ 4. แบบประเมินผลงาน
ทักษะ (P)	1. การเตรียมการนำอภิปราย 2. การนำเสนอข้อมูลและการอภิปราย 3. การตอบคำถาม	1. แบบประเมินตามสภาพจริง 2. แบบบันทึกภาคสนาม
คุณลักษณะ (A)	1. กิจกรรมกลุ่ม 2. ความตั้งใจเรียน 3. ความรับผิดชอบ 4. ความร่วมมือในชั้นเรียน	1. แบบประเมินคุณลักษณะ

Prince of Songkla University Pattani Campus

12. เกณฑ์การประเมิน

12.1 ทดสอบหลังเรียนและทดสอบย่อยรายหัวข้อต้องผ่าน 60 % จากคะแนนทั้งหมด

12.2 เกณฑ์คะแนน Learning Journal สรุปเนื้อหา (เต็ม 10 คะแนน)

- ความตรงต่อเวลา 3 คะแนน
- ความครบถ้วนและถูกต้องของเนื้อหา 5 คะแนน
- ความเรียบร้อยสวยงาม 2 คะแนน

12.3 แบบประเมินการออกแบบการนำอภิปรายรายกลุ่มและการนำอภิปรายในชั้นเรียน

ระดับ	คำอธิบาย
5 ดีเยี่ยม	นักเรียนสามารถออกแบบสื่อที่ใช้ในการนำอภิปรายได้เหมาะสมกับเนื้อหาหรือหัวข้อที่ได้รับ มีการจัดเรียงลำดับการอภิปรายได้ดี นำอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษามาได้ถูกต้องและชัดเจน มีข้อมูลสนับสนุนจากหลายแหล่ง สามารถตอบคำถามและร่วมอภิปรายกับเพื่อน ๆ ในชั้นเรียนได้ดี และสามารถเชื่อมโยงทุก ๆ คำถามที่มีการอภิปรายได้ นอกจากนี้ยังมีการสรุปองค์ความรู้ท้ายการอภิปรายเพื่อความเข้าใจตรงกันของเนื้อหาได้
4 ดีมาก	นักเรียนออกแบบสื่อที่ใช้ในการนำอภิปรายได้เหมาะสมกับเนื้อหาหรือหัวข้อที่ได้รับ มีการจัดเรียงลำดับการอภิปรายได้ดี นำอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษามาได้ถูกต้องและชัดเจน ข้อมูลสนับสนุนจากหลายแหล่ง สามารถตอบคำถามและร่วมอภิปรายกับเพื่อน ๆ ในชั้นเรียนได้ดี แต่ไม่สามารถเชื่อมโยงทุก ๆ คำถามที่มีการอภิปรายได้ สามารถสรุปองค์ความรู้ท้ายการอภิปรายเพื่อความเข้าใจตรงกันของเนื้อหาได้
3 ดี	นักเรียนออกแบบสื่อที่ใช้ในการนำอภิปรายได้เหมาะสมกับเนื้อหาหรือหัวข้อที่ได้รับ มีการจัดเรียงลำดับการอภิปรายได้ดี นำอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษามาได้ถูกต้องและชัดเจน ข้อมูลสนับสนุนจากแหล่งเดียวหรือเพียงสองแหล่งเท่านั้น สามารถตอบคำถามและร่วมอภิปรายกับเพื่อน ๆ ในชั้นเรียนได้ดีแต่ไม่สามารถเชื่อมโยงทุก ๆ คำถามที่มีการอภิปรายได้ สามารถสรุปองค์ความรู้ท้ายการอภิปรายเพื่อความเข้าใจตรงกันของเนื้อหาได้ แต่ยังมีบางประเด็นที่สรุปแล้วนักเรียนบางคนยังไม่เข้าใจได้อย่างชัดแจ้ง
2 พอใช้	นักเรียนออกแบบสื่อที่ใช้ในการนำอภิปรายได้เหมาะสมกับเนื้อหาหรือหัวข้อที่ได้รับ การจัดเรียงลำดับการอภิปรายไม่เป็นลำดับขั้นตามความสำคัญของเนื้อหา นำอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษามาได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ชัดเจนในข้อมูลหรือเนื้อหาขาดความมั่นใจ ไม่มีข้อมูลสนับสนุน อภิปรายกับเพื่อน ๆ ในชั้นเรียนได้ดี แต่ไม่สามารถเชื่อมโยงทุก ๆ คำถามที่มีการอภิปรายได้ ไม่สามารถสรุปองค์ความรู้ท้ายการอภิปรายเพื่อความเข้าใจตรงกันของเนื้อหาได้

Prince of Songkla University Pattani Campus

ระดับ	คำอธิบาย
1 ควรปรับปรุง	นักเรียนไม่มีการใช้สื่อในการนำเสนอ มีเพียงการพูดปากเปล่าเพื่อนำเสนอเนื้อหาและนำอภิปรายเท่านั้น การจัดการอภิปรายในชั้นเรียนไม่เป็นลำดับขั้นตอน ไม่มีข้อมูลที่เพียงพอ ไม่สามารถตอบคำถามจากเพื่อน ๆ ได้ และไม่มีการสรุปองค์ความรู้
0	ไม่มีการเตรียมการอภิปรายและไม่มีการอภิปรายเกิดขึ้นในชั้นเรียน

Prince of Songkla University
Pattani Campus

แบบประเมินงานเดี่ยว

พฤติกรรมที่สังเกต (ข้อละ 2 คะแนน)		คำวิจารณ์และข้อเสนอแนะ	คะแนน
1. ความถูกต้อง			
ทำแบบทดสอบถูกต้องทั้งหมด	2 คะแนน		
ทำแบบทดสอบถูกต้องบางส่วน	1 คะแนน		
ทำแบบทดสอบไม่ถูกต้อง	0 คะแนน		
2. ความเป็นระเบียบเรียบร้อย			
ลายมืออ่านง่าย ขีดเส้นใต้	2 คะแนน		
ลายมืออ่านง่าย หรือ ขีดเส้นใต้	1 คะแนน		
ลายมืออ่านยาก ไม่ขีดเส้นใต้	0 คะแนน		
3. ความตรงต่อเวลา			
ส่งงานภายในเวลาที่กำหนด	2 คะแนน		
ส่งงานช้า 5 นาที	1 คะแนน		
ส่งงานช้า 10 นาที	0 คะแนน		
รวม			

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบประเมินงานกลุ่ม

ผู้ถูกประเมิน..... กลุ่มที่.....

พฤติกรรมที่สังเกต (ข้อละ 1 คะแนน)		คะแนนที่ได้
1. **ร่วมปรึกษาและวางแผนกับเพื่อนในกลุ่ม**		
ร่วมปรึกษาและวางแผนกับเพื่อนในกลุ่ม	1 คะแนน	
ไม่ร่วมปรึกษาและวางแผนกับเพื่อนในกลุ่ม	0 คะแนน	
2. **ทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างเต็มความสามารถ**		
ทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างเต็มความสามารถ	1 คะแนน	
ไม่ทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างเต็มความสามารถ	0 คะแนน	
3. **ปฏิบัติตามข้อตกลงของกลุ่ม**		
ปฏิบัติตามข้อตกลงของกลุ่ม	1 คะแนน	
ไม่ปฏิบัติตามข้อตกลงของกลุ่ม	0 คะแนน	
4. **แนะนำวิธีทำงานและช่วยเหลือเพื่อนในกลุ่ม**		
แนะนำวิธีทำงานและช่วยเหลือเพื่อนในกลุ่ม	1 คะแนน	
ไม่แนะนำวิธีทำงานและช่วยเหลือเพื่อนในกลุ่ม	0 คะแนน	
5. **ทำงานเสร็จตามเวลาที่กำหนด**		
ทำงานเสร็จตามเวลาที่กำหนด	1 คะแนน	
ทำงานไม่เสร็จตามเวลาที่กำหนด	0 คะแนน	
6. **เห็นประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าประโยชน์ส่วนตน**		
เห็นประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าประโยชน์ส่วนตน	1 คะแนน	
เห็นประโยชน์ส่วนตนมากกว่าประโยชน์ส่วนรวม	0 คะแนน	
รวม		

Prince of Songkla University Pattani Campus

ห้องเรียนกลับทางร่วมกับโมเดล T5 แบบกระดาษ

กลุ่มที่.....

หัวข้อเรื่องที่รับผิดชอบ.....

สมาชิกในกลุ่ม

1. ..... เลขที่.....
2. ..... เลขที่.....
3. ..... เลขที่.....
4. ..... เลขที่.....
5. ..... เลขที่.....
6. ..... เลขที่.....
7. ..... เลขที่.....
8. ..... เลขที่.....

คำสั่ง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนคำตอบในช่องว่างที่กำหนดให้

1. ขอบเขตเนื้อหา

.....

.....

.....

.....

.....

2. สื่อหรือรูปแบบการอภิปรายที่ต้องการใช้

.....

.....

3. วัตถุประสงค์การนำอภิปราย

.....

.....

.....

.....

.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

4. วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้

.....

.....

.....

.....

5. รูปแบบการนำอภิปราย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

Quiz 1: มวลอะตอมและมวลโมเลกุล

1. มวลอะตอมของธาตุ และมวลโมเลกุล คืออะไร

.....

.....

2. มวลอะตอมของซิลิกอน (Si) เท่ากับ 28.0855 ซิลิกอน 1 อะตอม มีมวลเป็นกี่เท่าของ 1/12 มวลของ ^{12}C จำนวน 1 อะตอม

.....

.....

.....

.....

.....

3. ธาตุ A มี 2 ไอโซโทปในธรรมชาติ ได้แก่ ไอโซโทป 30 และ 32 โดยที่ไอโซโทป 30 มีมวลอะตอม 19.995 และไอโซโทป 32 มีมวลอะตอม 22.005 มีเปอร์เซ็นต์ในธรรมชาติ 85% และ 15% ตามลำดับ จงหามวลอะตอมเฉลี่ยธาตุ A

.....

.....

.....

.....

.....

4. ธาตุเงิน (Ag) ที่พบในธรรมชาติมี 2 ไอโซโทป คือ ^{107}Ag มีมวลอะตอมเท่ากับ 106.9051 และ ^{109}Ag มีอยู่ในธรรมชาติร้อยละ 48.161 ถ้าธาตุเงินมีมวลอะตอมเฉลี่ยเท่ากับ 107.868 จงคำนวณหามวลอะตอมของ ^{109}Ag

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

5. จงหามวลโมเลกุลของแอสไพริน ($C_6H_8O_4$)

.....

.....

.....

.....

.....

6. สารประกอบ A 1 โมเลกุล มีมวล 3.67×10^{-22} กรัม จงคำนวณหามวลโมเลกุลของสารประกอบต่อไปนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

Quiz 2: โมลและจำนวนโมลกับมวลของสาร

1. โมลและมวลของสาร คืออะไร มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

2. จงคำนวณหาจำนวนโมลของไอออนโพแทสเซียม (K^+) 250 ไอออน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จงคำนวณหาจำนวนอนุภาคของ NO จำนวน 5.00 โมล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

4. จงคำนวณหาจำนวนโมลของดีบุก (Sn) ที่หนัก 17.5 กรัม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. จงคำนวณหาจำนวนโมลและมวลของแอมโมเนีย (NH_3) 1.76×10^{24} โมเลกุล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Prince of Songkla University
Pattani Campus

Quiz 3: ปริมาตรต่อโมลของแก๊สและความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊ส

1. โมลและปริมาตรต่อโมลของแก๊ส สัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

2. ก๊าซฮีเลียม หนัก 30 กรัม จะมีปริมาตรเท่าใดที่ STP (มวลอะตอมของ He = 4.0026)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จงหาจำนวนโมลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาตร 7.4 ลูกบาศก์เดซิเมตร ที่ STP (มวลอะตอมของ C = 12.0108, O = 15.994)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. แก๊สไนโตรเจน 57 กรัม มีกี่อะตอม และมีปริมาตรกี่ลิตร ที่ STP (มวลอะตอมของ N = 14.0067)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

Quiz 4: ความเข้มข้นของสารละลาย

1. สารละลาย NaOH เข้มข้น 11% โดยมวล หมายความว่า.....

.....

2. สารละลาย $KMnO_4$ เข้มข้น 2 mol/dm^3 หมายความว่า.....

.....

3. จงหาความเข้มข้นเป็นร้อยละโดยมวลของกรดแอซีติก ($C_2H_4O_{11}$) 5.00 กรัม ที่ละลายในน้ำ (H_2O) 300 กรัม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ถ้าอากาศ 100 ลูกบาศก์เดซิเมตร มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ปริมาตร 4.51×10^{-7} ลูกบาศก์เดซิเมตร ความเข้มข้นเป็นร้อยละของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศมีค่าเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

5. พิจารณาข้อความต่อไปนี้ เขียน (✓) หน้าข้อความที่ถูกต้อง และเขียน (✗) หน้าข้อความที่ผิด

..... 1) สารละลายเกลือแกงเข้มข้น 20% w/v หมายความว่า ในสารละลาย 100 g จะมีเกลือแกง 20 cm^3

..... 2) สารละลายกรดเกลือเข้มข้น 15% w/w หมายความว่า ในสารละลาย 100 g จะมีตัวทำละลายอยู่ 85 g

..... 3) สารละลายที่มี NaOH 12 g ละลายในน้ำ 88 g จะมีความเข้มข้น 12 % w/w

Prince of Songkla University
Pattani Campus

Quiz 5: การเตรียมสารละลาย

1. จงอธิบายขั้นตอนการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ที่มีสถานะของแข็งอย่างละเอียด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ในการเตรียมสารละลาย NaCl เข้มข้น 0.0400 mol/dm^3 ปริมาตร 250 cm^3 จากสารละลาย NaCl เข้มข้น 0.400 mol/dm^3 จะต้องปิเปตสารละลาย NaCl มาเท่าใดเพื่อทำการเจือจาง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

3. ผสมสารละลายกรด HNO_3 เข้มข้น 0.5 M ปริมาตร 20 cm^3 กับสารละลายกรด HNO_3 เข้มข้น 0.075 M จะต้องใช้สารละลาย HNO_3 กี่ cm^3 จึงจะได้สารละลายสุดท้ายเข้มข้น 0.035 M ปริมาตร 750 cm^3

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

Prince of Songkla University
Pattani Campus

1. แบบประเมินความสำเร็จของชิ้นงาน
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์
3. แบบประเมินความรับผิดชอบ
4. แบบประเมินความพึงพอใจ
5. แบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย

แบบประเมินความสำเร็จของชิ้นงาน

<u>คำชี้แจง</u> แบบประเมินความสำเร็จของชิ้นงานของผู้วิจัย ใช้ประเมินชิ้นงานของนักเรียน โดยที่ผู้วิจัยเป็นผู้ประเมินในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
1	ความครบถ้วนและถูกต้องของเนื้อหา				
2	ความตรงต่อเวลา				
3	ความเรียบร้อย สวยงาม				
4	การสืบเสาะหาความรู้				
5	การปรับปรุงและแก้ไขการทำงานของตนให้ดียิ่งขึ้น				

Prince of Songkla University
Pattani Campus

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์
ภาคเรียนที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2559
วิชา เคมี2 รหัสวิชา ว 31218 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กำหนดมวลอะตอมของธาตุต่าง ๆ ดังนี้

H = 1.00794	Li = 6.9412	C = 12.0108
N = 14.0067	O = 15.9994	F = 18.9984
Na = 22.9898	Mg = 24.3051	Al = 26.9815
P = 30.9738	S = 32.0655	Cl = 35.4532
K = 39.0983	Ca = 40.0784	Cr = 51.9962
Co = 58.9332	I = 126.9045	Pb = 207.2100

Prince of Songkla University Pattani Campus

1. มวลอะตอม มีความหมายตามข้อใด
   ก. ผลรวมของมวลของธาตุทั้งหมดในโมเลกุล
   ข. อัตราส่วนจำนวนโมลของสารตั้งต้นกับจำนวนโมลของสารทั้งหมด
   ค. ตัวเลขเปรียบเทียบมวลของสารนั้น 1 โมเลกุล กับมวลของธาตุมาตรฐาน 1 อะตอม
   ง. ตัวเลขที่ได้จากการเปรียบเทียบมวลของธาตุ 1 อะตอม กับมวลของธาตุมาตรฐาน 1 อะตอม
2. นักวิทยาศาสตร์ท่านใดที่กำหนดให้ใช้ธาตุไฮโดรเจนเป็นธาตุมาตรฐานในการเปรียบเทียบหามวลอะตอมของธาตุ
   ก. ดอลตัน
   ข. ทอมสัน
   ค. มักซ์ พลังค์
   ง. อาโวกาโดร
3. มวลอะตอมของธาตุ Mg = 24 หมายความว่าอย่างไร
   ก. Mg 1 อะตอม มีมวลเป็น 24 เท่าของมวลของ C–12 จำนวน 1 อะตอม
   ข. Mg 1 อะตอม มีมวลเป็น $24 \times 1.66 \times 10^{-24}$ กรัม
   ค. Mg 1 อะตอม มีมวลเท่ากับ 24 amu
   ง. ถูกทุกข้อ

4. มวลอะตอมของธาตุ A มีค่าเท่าใด เมื่อธาตุ A 1 อะตอม มีมวล $28.017 \times 1.66 \times 10^{-24}$ กรัม
   ก. 14.008
   ข. 28.017
   ค. 23.254×10^{-24}
   ง. 46.508×10^{-24}
5. มวลอะตอมของธาตุ X เท่ากับ 19.1287 ธาตุ X 1 อะตอม มีมวลเท่าใด
   ก. 19.1287×10^{-24} กรัม
   ข. 31.7536×10^{-24} กรัม
   ค. 19.1287×10^{-23} กรัม
   ง. 31.7536×10^{-23} กรัม
6. ธาตุ A มี 2 ไอโซโทป คือ 50A และ 51A พบในธรรมชาติปริมาณร้อยละ 99.6 และ 0.4 ตามลำดับ มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ A มีค่าเท่าใด
   ก. 50.004
   ข. 50.040
   ค. 54.004
   ง. 54.040
7. สารในข้อใดต่อไปนี้เป็นอะตอม
   ก. CO
   ข. NaO
   ค. Cl
   ง. K_2O
8. สารในข้อใดต่อไปนี้เป็นโมเลกุล
   ก. NO
   ข. Co
   ค. Ca
   ง. Ne
9. คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 1 โมเลกุล มีมวลกี่กรัม
   ก. 28 กรัม
   ข. 44 กรัม
   ค. $28 \times 1.66 \times 10^{-24}$ กรัม
   ง. $44 \times 1.66 \times 10^{-24}$ กรัม

Prince of Songkla University Pattani Campus

10. มวลโมเลกุลของ $(NH_4)_2CO_3$ มีค่าเท่าใด
    ก. 69
    ข. 96
    ค. 106
    ง. 192
11. มวลสูตรของ MgO มีค่าเท่าใด
    ก. 40
    ข. 32
    ค. 24
    ง. 8
12. กำมะถัน (S) 1 โมเลกุล มี 8 อะตอม ถ้ามวลโมเลกุลของกำมะถันเท่ากับ 256.524 จงหามวลอะตอมของกำมะถัน
    ก. 15.4869
    ข. 16.0328
    ค. 30.9738
    ง. 32.0655
13. สารประกอบ A 1 โมเลกุล มีมวล 3.47×10^{-22} กรัม จงคำนวณหามวลโมเลกุลของสารประกอบนี้
    ก. 154
    ข. 209
    ค. 256
    ง. 347
14. ข้อใดอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโมลกับมวลของสารได้ถูกต้อง
    ก. สารใด ๆ ปริมาณ 1 โมล มีจำนวนอนุภาคเท่ากับ 6.02×10^{23} อนุภาค
    ข. สารใด ๆ ปริมาณ 1 โมล มีมวลเท่ากับมวลโมเลกุล หรือมวลสูตร หรือมวลอะตอมของสารนั้นในหน่วยกรัม
    ค. สารใด ๆ ปริมาณ 1 โมล มีปริมาตรเท่ากับ 22.4 dm^{23} ที่ STP
    ง. ถูกทุกข้อ

Prince of Songkla University Pattani Campus

15. ไอออนแมกนีเซียม (Mg^{+}) จำนวน 2×10^{4} โมล มีจำนวนกี่กรัม
    ก. 4.8×10^{3} กรัม
    ข. 4.8×10^{5} กรัม
    ค. 8.3×10^{2} กรัม
    ง. 8.3×10^{6} กรัม
16. เกลือแกง (NaCl) จำนวน 10 โมล มีจำนวนกี่กิโลกรัม
    ก. 0.585 กิโลกรัม
    ข. 5.85 กิโลกรัม
    ค. 58.5 กิโลกรัม
    ง. 585.0 กิโลกรัม
17. จงหาจำนวนโมลของกรดแอสคอบิค ($C_6H_8O_6$) 500 มิลลิกรัม
    ก. 2.775×10^{-3} โมล
    ข. 2.839×10^{-3} โมล
    ค. 2.775×10^{3} โมล
    ง. 2.839×10^{3} โมล
18. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ปริมาตร 5.6 dm^{23} ที่ STP คิดเป็นกี่โมล
    ก. 250 โมล
    ข. 25 โมล
    ค. 0.25 โมล
    ง. 2.5×10^{-4} โมล
19. จงหาปริมาตรที่ STP ของแก๊สไฮโดรเจน ซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งมี 2.31×10^{24} โมเลกุล
    ก. 51.74 cm^3 ที่ STP
    ข. 51.74 dm^3 ที่ STP
    ค. 85.95 cm^3 ที่ STP
    ง. 85.95 dm^3 ที่ STP
20. จงหามวลโมเลกุลของแก๊สชนิดหนึ่ง ซึ่งมีมวล 0.875 กรัม และมีปริมาตร 430 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ STP
    ก. 0.0456 กรัม
    ข. 0.0488 กรัม
    ค. 45.6 กรัม
    ง. 48.8 กรัม

Prince of Songkla University Pattani Campus

21. แก๊ส AB_2 หนัก 2.5 กรัม หากมี B 3.01×10^{22} อะตอม จะมีปริมาตรเท่าใดที่ STP
    ก. 0.56 ลูกบาศก์เซนติเมตร
    ข. 1.48 ลูกบาศก์เซนติเมตร
    ค. 0.56 ลูกบาศก์เดซิเมตร
    ง. 1.48 ลูกบาศก์เดซิเมตร
22. แก๊สชนิดหนึ่งมีมวล 0.75 กรัม มีปริมาตร 200 cm^3 ที่ STP อยากทราบว่า แก๊สนี้จะมีมวลโมเลกุลเท่าใด
    ก. 0.00670
    ข. 0.084
    ค. 6.70
    ง. 84
23. ข้อใดไม่เป็นสารละลาย
    ก. อากาศ
    ข. ทองคำ
    ค. น้ำส้มสายชู
    ง. น้ำอัดลม
24. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับสารละลายที่มีส่วนประกอบ 2 ชนิด ที่มีสถานะต่างกันผสมกัน
    ก. สารที่มีปริมาณมากกว่าจะเป็นตัวทำละลาย
    ข. สารที่มีปริมาณน้อยกว่าจะเป็นตัวทำละลาย
    ค. สารที่มีสถานะเดียวกับสารละลายจะเป็นตัวทำละลาย
    ง. สารที่มีสถานะต่างกับสารละลายจะเป็นตัวทำละลาย
25. จงหาความเข้มข้นเป็นร้อยละโดยมวลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 65 กรัม ในน้ำ 350 กรัม
    ก. 16
    ข. 17
    ค. 18
    ง. 19

Prince of Songkla University Pattani Campus

26. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวล ความหนาแน่น 1.05 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จะมีความเข้มข้นกี่โมลาร์
    ก. 2.0 โมลต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
    ข. 2.0 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
    ค. 2.625 โมลต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
    ง. 2.625 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
27. ถ้าในอากาศ 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 3.71×10^{-5} ลูกบาศก์เซนติเมตร ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในหน่วยส่วนในพันล้านส่วนมีค่าเท่าใด
    ก. 148
    ข. 6.74
    ค. 0.148
    ง. 0.00674
28. ในการเตรียมสารละลาย $CuSO_4$ เข้มข้น 0.0600 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากสารละลาย $CuSO_4$ เข้มข้น 0.600 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จะต้องใช้ปริมาตรสารละลาย $CuSO_4$ เท่าใดมาทำการเจือจาง
    ก. 0.25 ลูกบาศก์เซนติเมตร
    ข. 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
    ค. 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร
    ง. 2,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร
29. ผสมสารละลายกรด KNO_3 เข้มข้น 0.75 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร กับสารละลายกรด KNO_3 ปริมาตร 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะต้องใช้สารละลายกรด KNO_3 เข้มข้นเท่าใด จึงจะได้สารละลายสุดท้ายเข้มข้น 0.50 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 550 ลูกบาศก์เซนติเมตร
    ก. 13 โมลาร์
    ข. 14 โมลาร์
    ค. 34 โมลาร์
    ง. 39 โมลาร์

Prince of Songkla University Pattani Campus

30. เลด (II) ไนเตรต ($Pb(NO_3)_2$) 4.50 กรัม ใช้เตรียมสารละลายเข้มข้น 0.25 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ได้กี่ลูกบาศก์เซนติเมตร

ก. 1.49 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ข. 13.6 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ค. 39.9 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ง. 54.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร

Prince of Songkla University
Pattani Campus

แบบประเมินความรับผิดชอบต่อการเรียน

คำชี้แจง แบบประเมินความรับผิดชอบต่อการเรียนของผู้วิจัย ใช้ประเมินความรับผิดชอบต่อการเรียนของนักเรียน โดยที่ผู้วิจัยเป็นผู้ประเมินในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
1	ความเอาใจใส่ต่อการเรียน				
2	การเข้าห้องเรียน				
3	การปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย				
4	การส่งงานที่ได้รับมอบหมาย				
5	การสืบเสาะแสวงหาความรู้				
6	ความพยายามและเอาใจใส่ต่อการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้				
7	การปรับปรุงและแก้ไขการทำงานของตนให้ดียิ่งขึ้น				
8	การทำงานกลุ่ม				
9	การใช้และเก็บอุปกรณ์การเรียน (การทดลอง)				
10	การปฏิบัติตามระเบียบ กฎเกณฑ์ และข้อตกลง				

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

คำชี้แจง

แบบประเมินความพึงพอใจนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการศึกษาวิจัย เรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับโมเดล T5 แบบกระดาษ ที่มีต่อความสำเร็จของชิ้นงาน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความรับผิดชอบต่อการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1.1 เพศ ☐ หญิง ☐ ชาย

ตอนที่ 2 ระดับความพึงพอใจของนักเรียน

โปรดทำเครื่องหมาย √ ในช่องที่ตรงกับระดับความพึงพอใจของนักเรียน

ระดับ 5 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจมากที่สุด
ระดับ 4 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจมาก
ระดับ 3 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจปานกลาง
ระดับ 2 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจน้อย
ระดับ 1 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจน้อยที่สุด

Prince of Songkla University Pattani Campus

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
ด้านบรรยากาศ						
1	เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม					
2	เปิดโอกาสให้นักเรียนทำกิจกรรมที่เกิดความรับผิดชอบต่อตนเองและกลุ่ม					
3	แนวการสอนและกิจกรรมทำให้นักเรียนเกิดความคิดที่หลากหลาย					
4	เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ					
5	เปิดโอกาสให้นักเรียนทำกิจกรรมได้อย่างอิสระ					
6	เปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถพึ่งพาอาศัยกัน					
7	บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดในเชิงสร้างสรรค์					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
ด้านกิจกรรมการเรียน						
1	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา					
2	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็น					
3	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดและการตัดสินใจ					
4	กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนกล้าคิดกล้าตอบคำถาม					
5	กิจกรรมการเรียนรู้สงเสริมให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบต่อการค้นคว้าหาความรู้					
6	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกัน					
7	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมของชิ้นงานและภาระงานที่ใช้ในการประเมินผล					
ประโยชน์ที่ได้รับ						
1	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่าย					
2	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจด้วยตนเองได้					
3	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนตัดสินใจโดยใช้เหตุผล					
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น					
5	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกฝนตนเองในการแสวงหาความรู้					
6	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนตนเองให้มีความรับผิดชอบมากขึ้น					

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบบันทึกข้อมูลภาคสนามของผู้วิจัย

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับโมเดล T5 แบบกระดาษ วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. บันทึกการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ข้อเสนอแนะ / ข้อควรปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผู้บันทึก.....

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

Prince of Songkla University Pattani Campus

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ภาคผนวก ง
คุณภาพของแบบทดสอบและแบบประเมิน

ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

ตาราง 12 ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			$\bar{X}$	S.D.
	1	2	3		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้					
1.1 ข้อความชัดเจน	5	5	5	5	0
1.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	5	5	0
1.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	0
1.4 ประเมินผลได้	5	5	4	4.67	0.58
รวม				4.92	0.14
2. สาระสำคัญ / สาระการเรียนรู้					
2.1 มีความชัดเจน	5	5	5	5	0
2.2 ถูกต้องและครอบคลุม	5	5	5	5	0
2.3 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	5	5	5	5	0
2.4 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	4	5	4.33	0.58
2.5 เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	5	5	5	5	0
รวม				4.87	0.12
3. กิจกรรมการเรียนรู้					
3.1 มีขั้นตอนถูกต้อง	5	5	5	5	0
3.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	0
3.3 สอดคล้องกับรูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัย	5	4	5	4.67	0.58
3.4 กิจกรรมเหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	4	5	4.33	0.58
3.5 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริง	5	5	5	5	0
3.6 ส่งเสริมทักษะกระบวนการกลุ่ม	5	5	5	5	0
3.7 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	0
3.8 ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง	5	5	5	5	0
รวม				4.88	0.14

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			$\bar{X}$	S.D.
	1	2	3		
4. สื่อและแหล่งการเรียนรู้					
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	0
4.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อ	5	5	4	4.67	0.58
4.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	4	4.67	0.58
4.4 สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	5	5	4	4.67	0.58
รวม				4.75	0.44
5. การวัดและประเมินผลเรียนรู้					
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	4.67	0.58
5.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	4	4.67	0.58
5.3 สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58
5.4 เหมาะสมกับวัยและวุฒิภาวะของผู้เรียน	5	5	4	4.67	0.58
รวม				4.67	0.58
ค่าเฉลี่ยรวม				**4.82**	**0.28**

Prince of Songkla University Pattani Campus

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินความสำเร็จของชิ้นงาน

ตาราง 13 ค่าดัชนีความสอดคล้องจากการประเมินแบบประเมินความสำเร็จของชิ้นงาน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ΣR	IOC
	1	2	3		
1	+1	+1	+1	3	1
2	+1	+1	+1	3	1
3	+1	+1	+1	3	1
4	+1	+1	+1	3	1
5	+1	+1	+1	3	1

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง 14 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

ข้อสอบข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ΣR	IOC	ข้อสอบข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ΣR	IOC
	1	2	3				1	2	3		
1	+1	+1	+1	3	1	21	+1	+1	+1	3	1
2	+1	+1	+1	3	1	22	+1	+1	+1	3	1
3	+1	+1	+1	3	1	23	+1	+1	+1	3	1
4	+1	+1	+1	3	1	24	+1	+1	+1	3	1
5	+1	+1	+1	3	1	25	+1	+1	+1	3	1
6	+1	+1	+1	3	1	26	+1	+1	+1	3	1
7	+1	+1	+1	3	1	27	+1	+1	+1	3	1
8	+1	+1	+1	3	1	28	+1	+1	+1	3	1
9	+1	+1	+1	3	1	29	+1	+1	+1	3	1
10	+1	+1	+1	3	1	30	+1	+1	+1	3	1
11	+1	+1	+1	3	1	31	+1	+1	+1	3	1
12	+1	+1	+1	3	1	32	+1	+1	+1	3	1
13	+1	+1	+1	3	1	33	+1	+1	+1	3	1
14	+1	+1	+1	3	1	34	+1	+1	+1	3	1
15	+1	+1	+1	3	1	35	+1	+1	+1	3	1
16	+1	+1	+1	3	1	36	+1	+1	+1	3	1
17	+1	+1	+1	3	1	37	+1	+1	0	2	0.67
18	+1	+1	+1	3	1	38	+1	+1	+1	3	1
19	+1	+1	+1	3	1	39	+1	+1	+1	3	1
20	+1	+1	+1	3	1	40	+1	+1	+1	3	1

Prince of Songkla University Pattani Campus

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินความรับผิดชอบ

ตาราง 15 ค่าดัชนีความสอดคล้องจากการประเมินแบบประเมินความรับผิดชอบ

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ΣR	IOC
	1	2	3		
1	+1	+1	+1	3	1
2	+1	+1	+1	3	1
3	+1	+1	+1	3	1
4	+1	+1	+1	3	1
5	+1	+1	+1	3	1
6	+1	+1	+1	3	1
7	+1	+1	+1	3	1
8	+1	+1	+1	3	1
9	+1	+1	+1	3	1
10	+1	+1	+1	3	1

Prince of Songkla University Pattani Campus

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

ตาราง 16 ค่าดัชนีความสอดคล้องจากการประเมินแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับโมเดล T5 แบบกระดาษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ΣR	IOC	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ΣR	IOC
	1	2	3				1	2	3		
1	+1	+1	+1	3	1	16	+1	+1	+1	3	1
2	+1	+1	+1	3	1	17	0	0	0	0	0
3	+1	+1	+1	3	1	18	+1	+1	+1	3	1
4	+1	+1	+1	3	1	19	0	+1	+1	2	0.67
5	0	+1	+1	2	0.67	20	+1	+1	+1	3	1
6	+1	+1	+1	3	1	21	+1	+1	+1	3	1
7	+1	+1	+1	3	1	22	+1	+1	+1	3	1
8	+1	+1	+1	3	1	23	+1	+1	+1	3	1
9	+1	0	0	1	0.33	24	+1	+1	0	2	0.67
10	0	+1	0	1	0.33	25	+1	+1	+1	3	1
11	+1	+1	+1	3	1	26	+1	+1	+1	3	1
12	+1	+1	+1	3	1	27	+1	+1	+1	3	1
13	+1	+1	+1	3	1	28	+1	+1	+1	3	1
14	+1	+1	+1	3	1	29	+1	+1	+1	3	1
15	+1	+1	+1	3	1	30	+1	+1	0	2	0.67

Prince of Songkla University Pattani Campus

ค่าความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1*	0.53	0.65	21*	0.63	0.54
2*	0.53	0.54	22*	0.60	0.53
3*	0.43	0.76	23*	0.53	0.42
4	0.93	0.22	24	0.37	-0.07
5	0.70	0.67	25	0.80	0.21
6*	0.67	0.65	26*	0.50	0.53
7*	0.60	0.67	27*	0.60	0.19
8*	0.70	0.19	28*	0.53	0.31
9*	0.37	0.40	29*	0.50	0.65
10*	0.57	0.31	30	0.43	0.89
11*	0.53	0.78	31*	0.63	0.67
12*	0.47	0.43	32*	0.23	0.39
13*	0.53	0.65	33	0.37	0.88
14*	0.33	0.64	34*	0.50	0.65
15*	0.27	0.26	35*	0.63	0.54
16*	0.50	0.78	36*	0.33	0.63
17	0.47	-0.40	37	0.47	0.64
18	0.77	0.67	38*	0.37	0.64
19	0.80	0.10	39*	0.47	0.19
20*	0.70	0.56	40*	0.33	0.53

* ข้อที่คัดเลือกใช้ในการวิจัย

** ค่าความเชื่อมั่น มีค่าเท่ากับ 0.88

Prince of Songkla University Pattani Campus

คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

ตาราง 18 ผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางห้องเรียนกลับทางร่วมกับโมเดล T5 แบบกระดาษ

เลขที่	คะแนน (เต็ม 30 คะแนน)		เลขที่	คะแนน (เต็ม 30 คะแนน)	
	ก่อน การจัดการเรียนรู้	หลัง การจัดการเรียนรู้		ก่อน การจัดการเรียนรู้	หลัง การจัดการเรียนรู้
1	8	18	20	9	17
2	14	26	21	9	25
3	12	30	22	6	23
4	7	23	23	8	30
5	13	26	24	10	21
6	9	21	25	13	27
7	10	20	26	5	27
8	13	26	27	7	27
9	9	21	28	9	21
10	10	21	29	16	17
11	11	28	30	13	26
12	8	30	31	14	28
13	5	23	32	10	26
14	8	18	33	13	21
15	11	23	34	19	29
16	12	28	35	10	19
17	13	28	36	6	22
18	12	23	37	8	19
19	14	24	38	7	17

Prince of Songkla University Pattani Campus

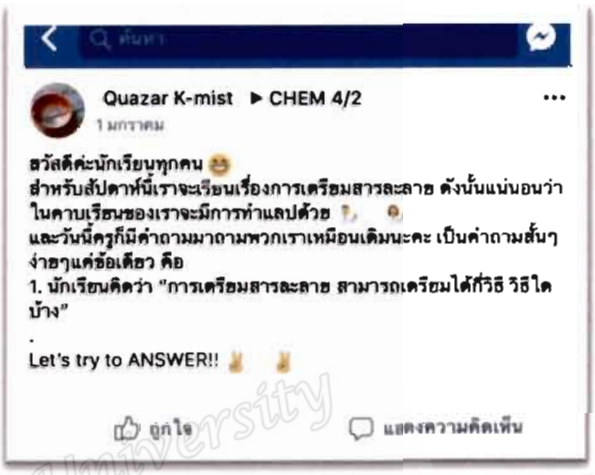
Prince of Songkla University
Pattani Campus

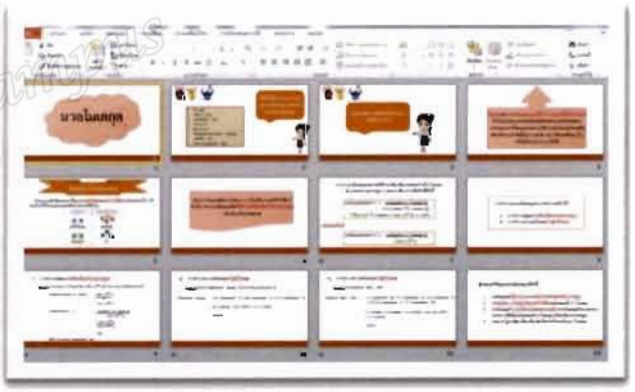
ภาคผนวก จ

ประมวลภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ภาพแสดงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทาง (Flipped Classroom)
ร่วมกับโมเดล T5 แบบกระดาษ (T5 Paper Model)
เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

ภาพประกอบ 10 ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ





Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาพประกอบ 11 ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาพประกอบ 12 ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

Prince of Songkla University Pattani Campus

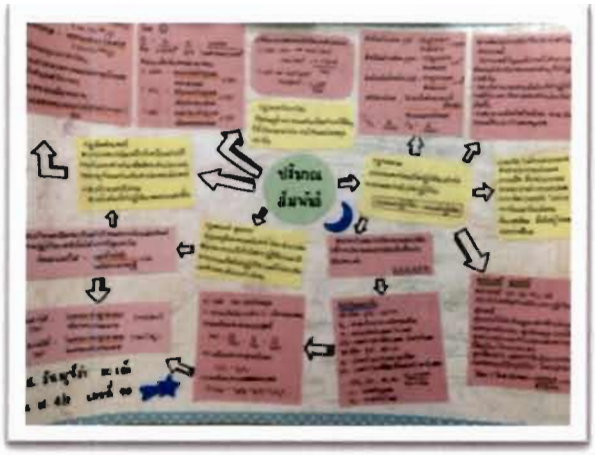
ภาพประกอบ 13 ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

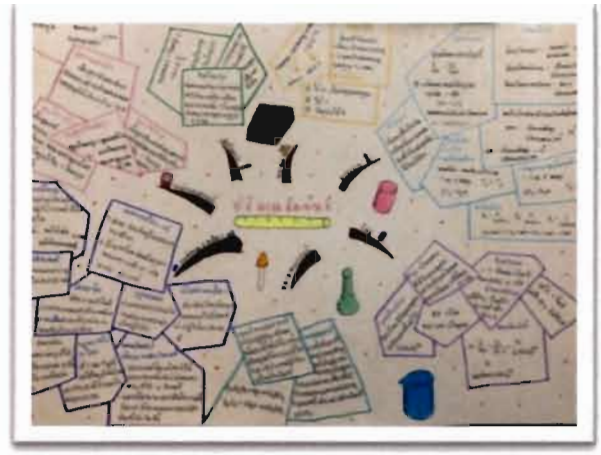
Prince of Songkla University Pattani Campus

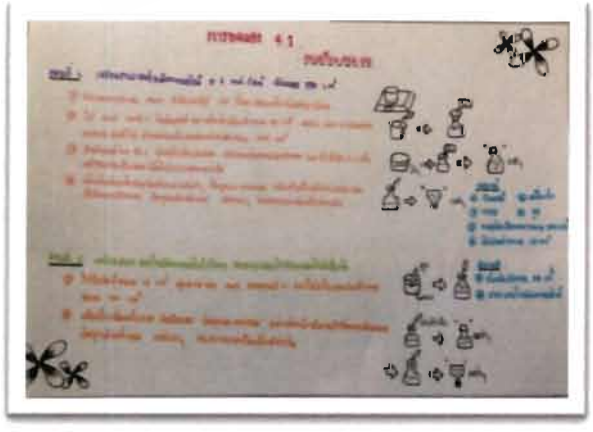
ภาพประกอบ 14 ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

Prince of Songkla University Pattani Campus

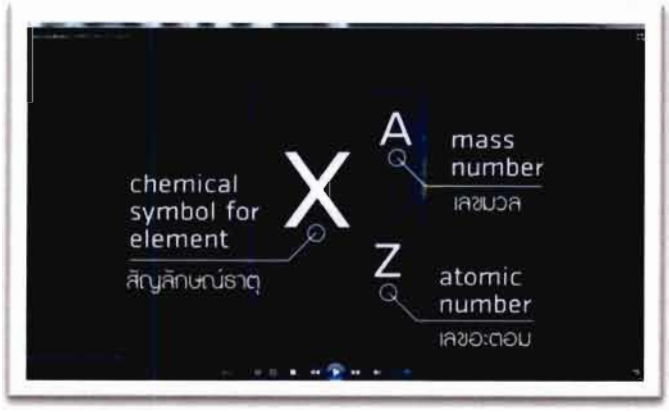
ภาพประกอบ 15 ตัวอย่างการจดบันทึก (Learning Journal) ของนักเรียน

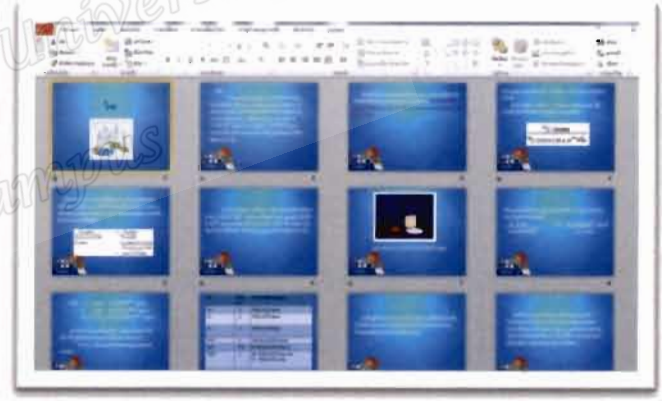


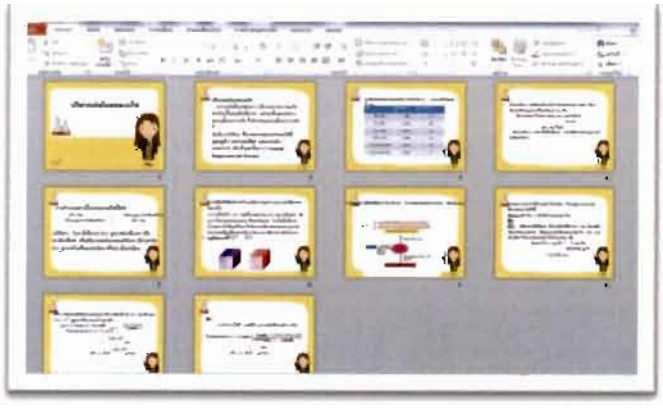




ภาพประกอบ 16 ตัวอย่างชิ้นงานของนักเรียน

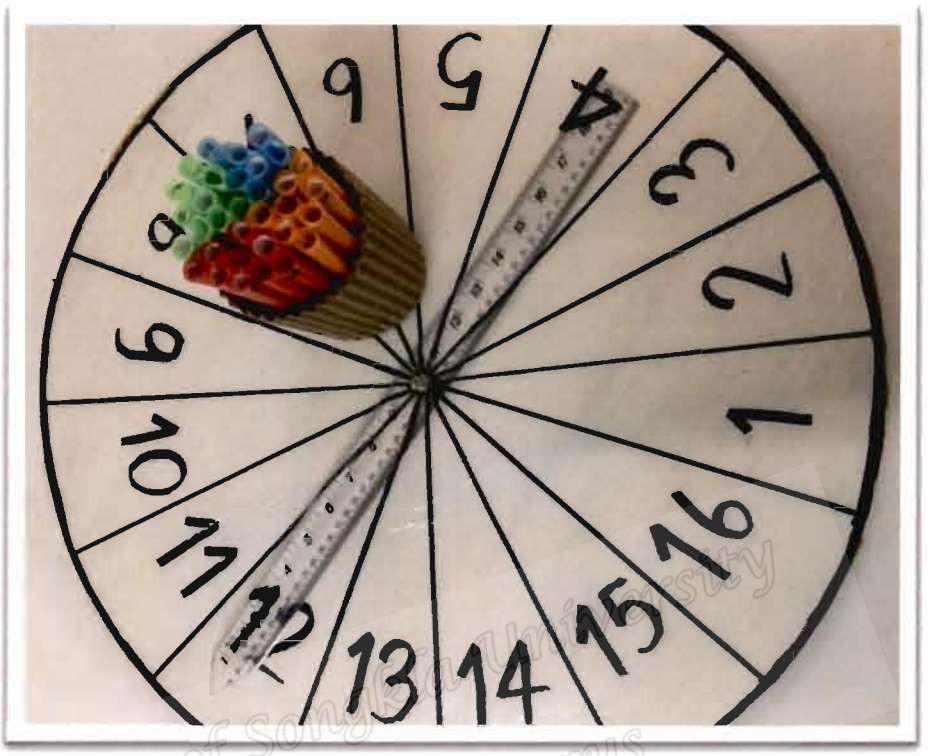






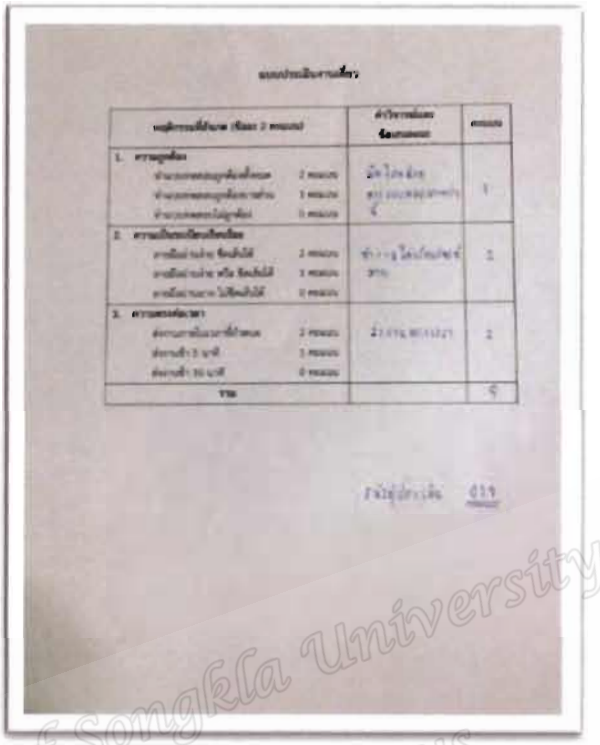
Prince of Songkla University Pattani Campus

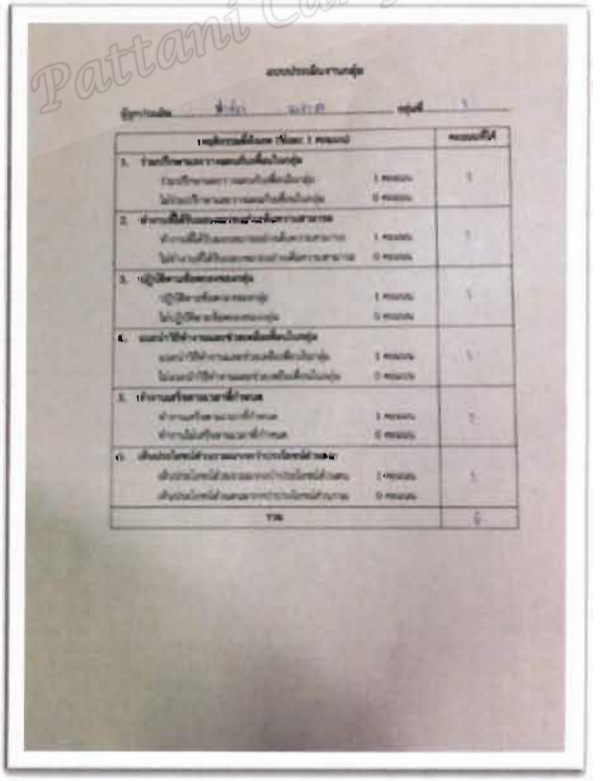
ภาพประกอบ 17 ตัวอย่างเกมที่ใช้ในการประเมินความเข้าใจในเนื้อหา



Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาพประกอบ 18 ตัวอย่างแบบประเมินงานเดี่ยวและงานกลุ่ม (นักเรียนเป็นผู้ประเมิน)





Prince of Songkla University Pattani Campus