ใบความรู้ประกอบการเรียนบทปฏิบัติการ
บทปฏิบัติการที่ 3
เรื่อง การหาความเข้มข้นของสารละลายโดยเทคนิคการชั่งน้ำหนัก

สาระสำคัญ

1. สารละลาย

คือ สารเนื้อเดียวที่ไม่บริสุทธิ์มีองค์ประกอบหลายชนิดรวมกัน โดยที่สามารถแยกองค์ประกอบออกจากกันได้ สารละลายมีทั้ง 3 สถานะ ได้แก่ สถานะของแข็ง สถานะของเหลว สถานะก๊าซ

องค์ประกอบของสารละลาย ประกอบด้วย

1. ตัวทำละลาย (solvent) เป็นองค์ประกอบในสารละลายที่มีปริมาณสารมากกว่า

2. ตัวละลาย (solute) เรียกอีกอย่างว่า ตัวละลาย เป็นองค์ประกอบในสารละลายที่มีปริมาณสารน้อยกว่า

สมบัติของสารละลาย มีดังนี้

1) ประกอบด้วยตัวทำละลายและตัวละลาย
2) มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันโดยตลอดทุกส่วน
3) สามารถแยกตัวทำละลายและตัวละลายได้โดยวิธีทางกายภาพ
4) มีจุดเดือด จุดหลอมเหลว และจุดเยือกแข็งไม่คงที่

2. วิธีทางกายภาพที่ใช้ในการ แยกตัวทำละลายและตัวละลาย

2.1 การกลายเป็นไอ หมายถึง การที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ เมื่อของเหลวได้รับพลังงานความร้อนพอที่จะให้โมเลกุลมีพลังงานจลน์สูงพอ จนเอาชนะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลได้ โมเลกุลก็จะหลุดออกจากของเหลวกลายเป็นไอ และถ้าไอคายพลังงานความร้อนออกมาโมเลกุลก็จะมีพลังงานจลน์น้อยลงทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่ช้าลง เกิดแรงยึดเหนียวโมเลกุลมากขึ้นจนโมเลกุลรวมกันเป็นสารในสถานะของเหลว การที่สารเปลี่ยนสถานะจากไอหรือก๊าซเป็นของเหลวเรียกว่า การควบแน่นหรือการกลั่นตัว

2.2 การระเหย หมายถึง การที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ อย่างช้าๆ และเกิดเฉพาะผิวหน้าของของเหลวเท่านั้น การระเหยเกิดขึ้นได้ทุกๆอุณหภูมิที่ยังมีของเหลวนั้นอยู่

2.3 การเดือด เมื่อของเหลวได้รับความร้อนจะทำให้โมเลกุลของของเหลวมีพลังงานจลน์สูงขึ้น จึงหลุดจากของเหลวกลายเป็นไอมากกว่าภาวะปกติ ถ้าให้ความร้อนแก่ของเหลวจนถึงระดับหนึ่งโมเลกุลที่มีพลังงานจลน์สูงถึงภาวะไอมีมากจนหลุดออกจากของเหลวทางผิวหน้าของเหลวไม่ทัน จึงเกิดฟองของไอภายในของเหลวตลอดทุกส่วนของของเหลว และฟองไอนี้จะมีขนาดโตมากขึ้นเรื่อยๆ ขณะที่ลอยตัวขึ้นสู่ ผิวหน้าของของเหลว แล้วหลุดไปจากของเหลวในที่สุด ปรากฏการณ์ดังกล่าว

เรียกว่า การเดือด และการเดือดจะเกิดขึ้นเมื่อความดันไอของเหลวเท่ากับความดันของบรรยากาศเท่านั้น ส่วนอุณหภูมิขณะที่ของเหลวเดือด เรียกว่า จุดเดือด

ประโยชน์ของการเปลี่ยนสถานะของสาร

1) ใช้ในการหล่อวัตถุ เช่น การนำแท่งเหล็กมาหลอมเหลวแล้วเทลงในแม่พิมพ์
2) การทำน้ำแข็ง โดยการทำให้ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง
3) การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังไอน้ำ โดยการนำน้ำมาต้มให้เดือดกลายเป็นไอ
4) การแยกสาร และการหาความเข้มข้นของสารละลาย

3. หน่วยความเข้มข้น (concentration units)

การศึกษาทางเคมีหรือทางวิทยาศาสตร์ว่ามีสารอะไรเป็นองค์ประกอบ จะต้องมีการบอกปริมาณ การระบุความเข้มข้นของสารละลาย มีการใช้หน่วยหลายแบบด้วยกันบางหน่วยก็บอกถึงปริมาณตัวถูกละลายในตัวทำละลาย บางหน่วยก็บอกถึงปริมาณตัวถูกละลายในสารละลาย ดังนี้

3.1 เปอร์เซ็นต์ (%) หรือร้อยละ

หมายถึง ปริมาณของตัวถูกละลายในสารละลาย 100 ส่วน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

2.1.1 เปอร์เซ็นต์โดยมวล (w/w) แสดงถึง มวลของตัวถูกละลายในสารละลาย 100 หน่วยเดียวกัน เช่น ทองเหลือง 30 % โดยมวล หมายความว่ามีทองแดง 30 หน่วยมวลในทองเหลือง 100 หน่วยมวลเดียวกัน

2.1.2 เปอร์เซ็นต์โดยมวลต่อปริมาตร (w/v) แสดงถึง มวลของตัวถูกละลายในสารละลาย100 หน่วยปริมาตร เช่น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 1 % โดยมวลต่อปริมาตร หมายความว่า มีโซเดียมคลอไรด์ 1 หน่วยมวลในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร

2.1.3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (v/v) แสดงถึง ปริมาตรของตัวละลายในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร เช่น สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 3 % โดยปริมาตร หมายความว่า สารละลาย 100 หน่วยปริมาตรจะมีกรดไฮโดรคลอริกละลายอยู่ 3 หน่วยปริมาตร

การคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายหน่วยเป็นร้อยละ

ในการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย สามารถคำนวณได้โดยวิธีการเทียบหรือใช้สูตรดังนี้

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

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

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

ตัวอย่างที่ 1 น้ำตาลทราย ($C_{12}H_{22}O_{11}$) 50 g ละลายในน้ำ 200 g จงหาความเข้มข้นของสารละลายเป็นร้อยละโดยมวล

วิธีทำ มวลของน้ำตาลทราย = 50 g

มวลของสารละลาย = มวลของน้ำ + มวลของน้ำตาลทราย

= 200 g + 50 g = 250 g

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

$$= \frac{50\ g}{250\ g} \times 100$$

$$= 20$$

สารละลายน้ำตาลทรายมีความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยมวล

ตัวอย่างที่ 2 น้ำส้มสายชู 50 กรัม มีกรดแอซีติก ละลายอยู่ 4 กรัม ถ้าน้ำส้มสายชูมีความหนาแน่น 1.13 g/cm^3 น้ำส้มสายชูนี้เข้มข้นร้อยละโดยมวลต่อปริมาตรเท่าใด

วิธีทำ น้ำส้มสายชูมีความหนาแน่น 1.13 g/cm^3 หมายความว่าน้ำส้มสายชู 1.13 g มีปริมาตร 1 cm^3

$$\text{น้ำส้มสายชู 50 g} = \frac{50\ cm^3}{1.13}$$

$$= 44.25\ cm^3$$

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

$$= \frac{4}{44.25} \times 100$$

$$= 9.04$$

น้ำส้มสายชูเข้มข้นร้อยละ 9.04 โดยมวลต่อปริมาตร

ตัวอย่างที่ 3 สายละลายกรดไนตริก เข้มข้นร้อยละ 0.2 โดยปริมาตร จำนวน 500 cm^3 จะมีกรดไนตริกปริมาตรเท่าใด

วิธีทำ

สารละลายกรดไนตริก เข้มข้นร้อยละ 0.2 โดยปริมาตร

สารละลายกรดไนตริก ปริมาตร 500 cm^3

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

$$0.2 = \frac{\text{ปริมาตรของกรดไนตริก}}{500} \times 100$$

$$\text{ปริมาตรของกรดไนตริก} = \frac{0.2 \times 500}{100}$$

$$= 1\ cm^3$$

สารละลายกรดไนตริกเข้มข้นร้อยละ 0.2 โดยปริมาตร จำนวน 500 cm^3 มีกรดไนตริกละลายอยู่ 1 cm^3

3.2 โมลาริตี (molarity, M)

หมายถึง จำนวนกรัมโมเลกุลหรือจำนวนโมลของตัวถูกละลายที่มีในสารละลาย 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร หรือ 1 ลิตร เช่น สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต มีความเข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร หรือ 0.5 M หมายความว่ามีโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 0.5 โมลในสารละลาย 1 ลิตร

ตัวอย่างที่ 4 ละลาย NaOH จำนวน 18 กรัม ในน้ำจนได้ปริมาตรของสารละลายทั้งหมดเป็น 500 cm^3 สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นกี่โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
(กำหนดให้ มวลอะตอม Na = 23, O = 16, H = 1)

วิธีทำ หามวลของ NaOH ในสารละลาย 1 dm^3 หรือ 1000 cm^3 ทำได้ดังนี้

สมมติให้สารละลาย NaOH 1000 cm^3 มี NaOH a g

$$\text{ดังนั้น} \quad \frac{\text{NaOH } 18\ g}{\text{ปริมาตรสารละลาย } 500\ cm^3} = \frac{\text{NaOH } a\ g}{\text{ปริมาตรสารละลาย } 1000\ cm^3}$$

$$\text{NaOH } a\ g = \frac{\text{NaOH } 18\ g \times \text{สารละลาย } 1000\ cm^3}{\text{สารละลาย } 500\ cm^3}$$

$$= 36\ g$$

แสดงว่าในสารละลาย 1000 cm^3 หรือ 1 dm^3 จะมี NaOH 36 g

มวลโมเลกุลของ NaOH = (23 × 1) + (16 × 1) + (1 × 1)

= 40

สมมติให้ NaOH 36 g มีจำนวนโมล a mol

ดังนั้น $\frac{\text{NaOH 1 mol}}{\text{NaOH 40 g}} = \frac{\text{NaOH a mol}}{\text{NaOH 36 g}}$

NaOH a mol $= \frac{\text{NaOH 1 mol} \times \text{NaOH 36 g}}{\text{NaOH 40 g}}$

= 0.9 mol

สารละลาย NaOH มีความเข้มข้น 0.9 mol/dm^3

3.3 โมแลลิตี (molality, m)

หมายถึง จำนวนโมลของตัวถูกละลายในตัวทำละลาย 1,000 กรัม เช่น สารละลายยูเรีย 1 โมแลล หมายความว่า มียูเรีย 1 โมลในน้ำ 1,000 กรัม

ตัวอย่างที่ 5 โซเดียมคลอไรด์ 58.5 กรัม ละลายในน้ำ 500 กรัม จงหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลต่อกิโลกรัม (กำหนดมวลอะตอม Na = 23, Cl = 35.5)

วิธีทำ มวลโมเลกุลของ NaCl = (23×1) + (35.5×1)

= 58.5

ขั้นที่ 1 เปลี่ยนมวลของโซเดียมคลอไรด์ให้เป็นโมล

สมมติให้ NaCl 5.85 g คิดเป็นปริมาณ a mol

$\frac{\text{NaCl 1 mol}}{\text{NaCl 58.5 g}} = \frac{\text{NaCl a mol}}{\text{NaCl 5.85 g}}$

NaCl a mol $= \frac{\text{NaCl 1 mol} \times \text{NaCl 5.85 g}}{\text{NaCl 58.5 g}}$

= 0.1 mol

แสดงว่า ในน้ำ 500 g มี NaCl ละลายอยู่ 0.1 mol

ขั้นที่ 2 **หาจำนวนโมลของ NaCl ที่ละลายในน้ำ 1000 กรัม หรือ 1 กิโลกรัม**

สมมติให้มี NaCl a mol ละลายในน้ำ 1000 g

$$\frac{\text{NaCl } 0.1 \text{ mol}}{\text{น้ำ } 500 \text{ g}} = \frac{\text{NaCl } a \text{ mol}}{\text{น้ำ } 1000 \text{ g}}$$

$$\text{NaCl } a \text{ mol} = \frac{\text{NaCl } 0.1 \text{ mol} \times \text{น้ำ } 1000 \text{ g}}{\text{น้ำ } 500 \text{ g}}$$

$$= 0.2 \text{ mol}$$

สารละลาย NaCl นี้ความเข้มข้น 0.2 mol/kg หรือ 0.2 m

ตัวอย่างที่ 6 จงหามวลของน้ำในสารละลายแคลเซียมไนเตรต ($Ca(NO_3)_2$) ซึ่งมีความเข้มข้น 2.5 m ถ้าในสารละลายนั้นมี ($Ca(NO_3)_2$) 8.2 g

(กำหนดมวลอะตอม Ca = 40, N = 14, O = 16)

วิธีทำ มวลสูตรของ $Ca(NO_3)_2$ $= (40 \times 1) + 2\,[14 + (16 \times 3)]$

$= 164$

ดังนั้น $Ca(NO_3)_2$ 8.2 g จะมีจำนวนโมล

$$= \frac{Ca(NO_3)_2\ 1 \text{ mol} \times Ca(NO_3)_2\ 8.2 \text{ g}}{Ca(NO_3)_2\ 164 \text{ g}}$$

$$= 0.05 \text{ mol}$$

$$\text{จากโมแลล} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย (mol)}}{\text{มวลของตัวละลาย } 1{,}000 \text{ กรัม}}$$

$$2.5 \text{ mol/kg} = \frac{Ca(NO_3)_2\ 0.05 \text{ mol}}{\text{มวลของน้ำ (kg)}}$$

$$\text{มวลของน้ำ (kg)} = \frac{Ca(NO_3)_2\ 0.05 \text{ mol}}{2.5 \text{ mol/kg}}$$

$$= 0.02 \text{ kg}$$

สารละลาย $Ca(NO_3)_2$ 2.5 m ซึ่งมี $Ca(NO_3)_2$ 8.2 g จะมีน้ำ 0.02 kg หรือ 20 g

3.4 ปริมาณตัวถูกละลายในสารละลาย 1 ล้านส่วน (parts per million ; ppm)

หมายถึง ปริมาณของตัวถูกละลายในสารละลายล้านส่วน เช่น ความกระด้างของน้ำกำหนดจากปริมาณ $CaCO_3$ มากเกิน120 ppm จึงจัดเป็นน้ำกระด้าง หมายความว่าในน้ำ 1 kg ที่มี $CaCO_3$ ละลายอยู่เกิน120mg จัดว่าเป็นน้ำกระด้าง

ตัวอย่างที่ 7 เมื่อละลาย $Pb(NO_3)_2$ 0.331 กรัม ในน้ำ 500 กรัม สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้นกี่ส่วนในล้านส่วน

วิธีทำ จาก ppm

$$= \frac{\text{มวลของตัวละลาย (g)}}{\text{มวลของสารละลาย (g)} \times 10^6}$$

$$= \frac{Pb(NO_3)_2\ 0.331\ g}{H_2O\ 500\ g + Pb(NO_3)_2\ 0.331 \times 10^6\ g}$$

$$= \frac{Pb(NO_3)_2\ 0.331\ g}{\text{มวลของสารละลาย } Pb(NO_3)_2\ 500.331 \times 10^6\ g}$$

$$= 6.615 \times 10^2$$

สารละลาย $Pb(NO_3)_2$ นี้มีความเข้มข้น 6.615×10^2 ppm

3.5 ปริมาณตัวถูกละลายในสารละลายพันล้านส่วน (parts per billion ; ppb)

หมายถึง ปริมาณของตัวถูกละลายในสารละลาย 1,000 ล้านส่วน เช่น มีการวิเคราะห์พบว่าโดยเฉลี่ยในน้ำทะเลมีปริมาณปรอท 0.1 ppb หมายความว่า น้ำทะเล 1,000 kg จะมีปรอทอยู่0.1 mg

จาก ppb

$$= \frac{\text{มวลของตัวละลาย (g)}}{\text{มวลของสารละลาย (g)} \times 10^9}$$

บทปฏิบัติการที่ 3
เรื่อง การหาความเข้มข้นของสารละลายโดยเทคนิคการชั่งน้ำหนัก

สสารสามารถเปลี่ยนสถานะหนึ่งไปสู่ อีกสถานะหนึ่งได้โดยการเปลี่ยนอุณหภูมิ การเปลี่ยนสถานะโดยการเปลี่ยนอุณหภูมินั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น แต่อาจมีการเปลี่ยนแปลงสีได้

สารละลายที่มีตัวละลายเป็นของแข็ง สามารถนำมาหาของแข็งที่ละลายอยู่ในของเหลว ได้โดยการระเหยเอาของเหลว หรือตัวทำละลายนั้นออกไป การระเหยเกิดขึ้นได้ทุกๆอุณหภูมิที่ยังมีของเหลวนั้นอยู่ เมื่อทราบมวล หรือปริมาตรของสารละลายก็สามารถหาความเข้มข้นของสารละลายนั้นได้

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการหาปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่ในของเหลวได้
2. นำหลักการของการเปลี่ยนสถานะของสารไปใช้ประโยชน์ในการหาความเข้มข้นของสารละลายได้
3. คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่างๆได้
4. เข้าใจแนวคิดและหลักการทางวิทยาศาสตร์

เวลาที่ใช้ 2 **ชั่วโมง**

ตอนที่ 1 การหาปริมาณตัวถูกละลาย (ของแข็ง) ที่อยู่ในสารละลาย (ของเหลว)
(Total Dissolved Solids ; TDS)

อุปกรณ์และสารเคมี

1. บีกเกอร์ ขนาด 25 mL 2 ใบ
2. ปิเปต ขนาด 5 mL 1 อัน
3. จุกยาง 1 อัน
4. กรวยกรอง 1 อัน
5. ถ้วยระเหย 1 ใบ
6. กระดาษกรองสาร
7. เครื่องชั่ง
8. ตู้อบ
9. เครื่องอังไอน้ำ (Water bath)
10. โถดูดความชื้น (Desiccator)
11. สารละลายตัวอย่างโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

วิธีการทดลอง

1. นำสารละลายตัวอย่างโซเดียมคลอไรด์ซึ่งไม่ทราบความเข้มข้น กรองผ่านกระดาษกรองสาร

2. นำถ้วยระเหยไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 – 105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นใน Desiccator (ขั้นตอนนี้ครูจัดเตรียมให้) นำถ้วยระเหยมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผล

3 ใช้ปิเปตขนาด 5 mL ดูดสารละลายตัวอย่างโซเดียมคลอไรด์ที่กรองแล้ว ปริมาตร 3 mL เทลงในถ้วยระเหย นำสารละลายตัวอย่างไปชั่งน้ำหนัก บันทึกผล

4 นำชามระเหยซึ่งบรรจุสารละลายตัวอย่างไประเหยบนเครื่องอังไอน้ำ (Water bath) ที่อุณหภูมิ 100°C จนแห้ง

5 นำชามระเหยเข้าอบในตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 103 - 105°C เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง

6. นำชามระเหยออกจากตู้อบ ปล่อยทิ้งให้เย็นใน Desiccator ชั่งน้ำหนัก

7. ทำซ้ำข้อ 5 - 6 จนได้น้ำหนักคงที่

8. คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างโซเดียมคลอไรด์ในหน่วยร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร

รายงานการทดลอง

เทคนิคปฏิบัติการทางเคมีที่ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ .....
ชื่อผู้ทำการทดลอง ..... ชั้น ..... เลขที่ .....
ชื่อผู้ร่วมทำการทดลอง ..... ชั้น ..... เลขที่ .....
..... ชั้น ..... เลขที่ .....
..... ชั้น ..... เลขที่ .....
อาจารย์ผู้ควบคุม .....วันที่ทำการทดลอง.....

ปัญหาของการทดลอง .....

จุดประสงค์การทดลอง

1.....
2.....
3.....

สมมติฐานการทดลอง

.....
.....

ผลการทดลอง

ปริมาตรสารละลายตัวอย่างโซเดียมคลอไรด์ ..... mL

มวลโมเลกุลโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) .....

	น้ำหนักก่อนการระเหยแห้ง (g)	น้ำหนักหลังการระเหยแห้ง และอบ (g)				
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
ถ้วยระเหย						
ถ้วยระเหย + NaCl						
NaCl						

น้ำหนักของ NaCl ที่ได้ ..... g

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ คือ ร้อยละ.....โดยมวลต่อปริมาตร

แสดงวิธีการคำนวณ

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 ลองคิด...ลองทำ

จากหลักการแยกตัวทำละลายและตัวละลาย สิ่งที่เหลือจากการระเหยสารละลายตัวอย่างโซเดียมคลอไรด์ หรือสารละลายเกลือแกง ก็คือเกลือ มีสถานะเป็นของแข็งสีขาว ซึ่งเราสามารถนำสารที่ได้มาหาปริมาณ แล้วนำไปคำนวณความเข้มข้นของสารละลายดังกล่าวได้ ...

ขอบคุณค่ะคุณครู ความเข้มข้นที่เราหาได้เป็นการบอกมวลเป็นกรัมของเกลือที่อยู่ในน้ำ ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือเราเรียกว่าความเข้มข้นร้อยละโดยมวลต่อปริมาตรค่ะ

เก่งมากเลยค่ะ....ลองคิดดูว่า..... จากผลการทดลองที่นักเรียนได้ ถ้าจะหาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างโซเดียมคลอไรด์ในหน่วยโมลต่อกิโลกรัม หรือโมแลล จะมีความเข้มข้นเท่าใด ? มันเกี่ยวกับน้ำหนักของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ครูให้ชั่งนั่นแหละจ๊ะ

คำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 3 การหาความเข้มข้นของสารละลายโดยเทคนิคการระเหย

1. เพราะเหตุใด NaCl จึงไม่ระเหยไปพร้อมกับน้ำ

.....

.....

.....

2. สิ่งที่สำคัญในการหาปริมาณของของแข็งที่ละลายในของเหลว (Total Dissolved Solids ; TDS) คืออะไร

.....

.....

.....

3. ถ้าต้องการหาความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายในของเหลว ในหน่วยความเข้มข้นแบบ ส่วนในล้านส่วน (ppm) จากการทดลองนี้ จะมีค่าเท่าใด อธิบายความสัมพันธ์

.....

.....

.....

4. จากการทดลองทราบได้อย่างไรว่าไม่มีน้ำอยู่ในโซเดียมคลอไรด์แล้ว

.....

.....

.....

5. จากการทดลองหาความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายในของเหลว สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณในหน่วยความเข้มข้นแบบใดได้อีก พร้อมอธิบาย

.....

.....

.....

เฉลยคำถามท้ายบทปฏิบัติการ
บทปฏิบัติการที่ 2.1 การหาความเข้มข้นของสารละลายโดยเทคนิคการระเหย

1. เพราะเหตุใด NaCl จึงไม่ระเหยไปพร้อมกับน้ำ

.....เพราะ การใช้เครื่องอังไอน้ำ เป็นการให้ความร้อนผ่านตัวกลางคือน้ำ ทำให้สารละลายเกิดการเดือดอย่างช้าๆ โดยอุณหภูมิที่ทำให้น้ำระเหยไปอย่างช้าๆ นั้นเป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่า จุดเดือดของโซเดียมคลอไรด์ จึงทำให้ความร้อนไม่สามารถทำลายแรงยึดเหนี่ยวภายในโมเลกุลของโซเดียมคลอไรด์ได้ จึงไม่ระเหยไปพร้อมน้ำ .....

2. สิ่งที่สำคัญในการหาปริมาณของของแข็งที่ละลายในของเหลว (Total Dissolved Solids ; TDS) คืออะไร

.....สิ่งสำคัญในการหาปริมาณตัวละลาย(ของแข็ง) ที่ละลายอยู่ในตัวทำละลาย (ของเหลว) คือ ต้องทราบปริมาณของสารละลายที่นำมาใช้ในการหาปริมาณตัวละลาย อาจเป็นปริมาณในรูปของมวล หรือ ในรูปของปริมาตรก็ได้ แล้วแต่หน่วยความเข้มข้นที่เราต้องการหา เช่น หากเป็นความเข้มข้นในหน่วยร้อยละโดยมวล สิ่งสำคัญคือมวลของสารละลาย หากเป็นความเข้มข้นในหน่วยร้อยละโดยปริมาตร และร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร สิ่งสำคัญคือ ปริมาตรของสารละลาย .....

3. ถ้าต้องการหาความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายในของเหลว ในหน่วยความเข้มข้นแบบ ส่วนในล้านส่วน (ppm) จากการทดลองนี้ จะมีค่าเท่าใด อธิบายความสัมพันธ์

.....ความเข้มข้นในหน่วย ส่วนในล้านส่วน (ppm) คือ ปริมาณของตัวถูกละลายในสารละลายล้านส่วน

$$\text{ppm} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย (g)}}{\text{มวลของสารละลาย (g)}} x10^6$$

เมื่อจะหาความเข้มข้นในหน่วยส่วนในล้านส่วน ต้องทราบมวลของสารละลาย ซึ่งจากการทดลองนี้เราได้ชั่งน้ำหนักรวมของสารละลายพร้อมภาชนะ ดังนั้น หากต้องการทราบมวลของสารละลาย ให้นำน้ำหนักรวม – น้ำหนักของภาชนะ = น้ำหนักสารละลาย แล้วค่าที่ได้แทนในสมการการหาความเข้มข้นในหน่วยส่วนในล้านส่วน แล้วคูณด้วย 10^6 .....

4. จากการทดลองทราบได้อย่างไรว่าไม่มีน้ำอยู่ในโซเดียมคลอไรด์แล้ว

.....การชั่งน้ำหนักสารละลายซ้ำ แล้วน้ำหนักคงที่แสดงว่าน้ำระเหยไปหมดแล้ว.....

5. ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้ สามารถนำไปหาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ในหน่วยความเข้มข้นแบบใดได้บ้าง อย่างไร

1. ร้อยละโดยมวล
2. ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร
3. โมลาริตี
4. โมแลลิตี
5. ส่วนในล้านส่วน
6. ส่วนในพันล้านส่วน

แบบทดสอบวัดทักษะการรู้เรื่อง
เรื่อง การหาความเข้มข้นของสารละลายโดยเทคนิคการชั่งน้ำหนัก

คำชี้แจง 1. ข้อสอบวัดทักษะการรู้เรื่องในบทปฏิบัติการนี้ จะกำหนดสถานการณ์ให้ แล้วให้นักเรียนตอบคำถามหลังอ่านสถานการณ์จบ ลักษณะข้อสอบเป็นแบบเขียนตอบแบบสั้น/ปิด โดยมีแนวการตอบและเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Scoring Guideline) โดยแยกองค์ประกอบเป็น 2 ด้าน คือ การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ และ สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 ข้อ เวลา 15 นาที

2. ให้นักเรียนเติมคำตอบที่ถูกต้อง ลงในช่องว่าง

จากสถานการณ์ต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถาม ข้อ 1 – 5

ปุ๊กโกะ , นุ้ย และ มดดำ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความสนใจและตั้งใจ ที่จะทำโครงงานวิทยาศาสตร์ พยายามศึกษาเอกสารและหาข้อมูล รวมถึงสอบถามผู้รู้ เพื่อนำมาประกอบการเลือกหัวข้อในการทำโครงงาน

วันหนึ่ง คุณครูตุ๊กตา เตรียมสารละลายน้ำตาลกลูโครส จำนวน 3 ความเข้มข้น ให้นักเรียนทดลองเพื่อศึกษา “ การใช้สารละลายน้ำตาลกลูโครส ชะลอการเหี่ยวของดอกกุหลาบ “ โดยใช้เวลาและการหลุดของกลีบดอกกุหลาบ เป็นตัววัดประสิทธิภาพการชะลอการเหี่ยว ผลการศึกษาพบว่า สารละลายน้ำตาลกลูโครส ความเข้มข้นที่ 2 ช่วยชะลอการเหี่ยวของดอกกุหลาบได้ดีที่สุด และผลการทดลองแตกต่างจากทุกความเข้มข้นอย่างเห็นได้ชัด

จากผลการทดลองที่ได้ ปุ๊กโกะ และเพื่อนๆต้องการทราบความเข้มข้นที่ช่วยชะลอการเหี่ยวของดอกกุหลาบ เพื่อนำความเข้มข้นจากการทดลองนี้ ไปทดลองกับโครงงานของตนเอง แต่ติดปัญหาคือ ไม่ทราบความเข้มข้น จึงขอแบ่งสารละลายน้ำตาลกลูโครส ความเข้มข้นที่ 2 นำมาหาความเข้มข้นโดยเทคนิคการชั่งน้ำหนัก ได้ผลการทดลองดังนี้

ข้อมูลการทดลองของปุ๊กโกะ และเพื่อนๆ

ปริมาตรสารละลายน้ำตาลกลูโครสความเข้มข้นที่ 2 = 10 mL

มวลโมเลกุลกลูโครส ($C_6H_{12}O_6$) = 180

น้ำหนักของชามระเหย = 24 กรัม

น้ำหนักของสารละลายน้ำตาลกลูโครส + น้ำหนักชามระเหย = 30 กรัม

น้ำหนักของน้ำตาลกลูโครส + น้ำหนักชามระเหย หลังการอบให้ความร้อน (กรัม)						
ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7
29.5	29	28	28	27.5	27.5	27.5

คำถาม

1. จากสถานการณ์ การศึกษาเรื่อง " การใช้สารละลายน้ำตาลกลูโครส ชะลอการเหี่ยวของดอกกุหลาบ "ของครูตุ๊กตา จงระบุสมมติฐาน ของการทดลอง

รหัส 023 012 คะแนน

.....

2. จากการทดลองของครูตุ๊กตา เพื่อศึกษา " การใช้สารละลายน้ำตาลกลูโครส ชะลอการเหี่ยวของดอกกุหลาบ " จงระบุตัวแปรจากการศึกษา

รหัส 021 012 คะแนน

ตัวแปรต้น : .....

รหัส 021 012 คะแนน

ตัวแปรตาม : .....

.....

ตัวแปรควบคุม : ปริมาตรของสารละลายน้ำตาลกลูโคส , จำนวน-ขนาด-สายพันธุ์ของดอกกุหลาบ , ภาชนะ , สถานที่ในการทดลอง , อุณหภูมิ

รหัส 023 011 คะแนน

3. จากผลการทดลองของปุ๊กโกะ และเพื่อนๆ

มวลของสารละลายน้ำตาลกลูโครส ก่อนการทดลองมีค่า = ... กรัม

รหัส 023 011 คะแนน

และมวลของกลูโครส หลังการทดลอง = ... กรัม

4. จากผลการทดลองของปุ๊กโกะ และเพื่อนๆ สารละลายน้ำตาลกลูโครส (ความเข้มข้นที่ 2) มีความเข้มข้นเท่าไร ในหน่วยร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร

รหัส 023 011 คะแนน

.....

.....

5. ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลกลูโครส จากผลการทดลองของปุ๊กโกะ ในหน่วยส่วนในล้านส่วน มีความเข้มข้นเท่าไร

รหัส 023 011 คะแนน

.....

.....

เฉลยแบบทดสอบวัดทักษะการรู้เรื่อง
เรื่อง การหาความเข้มข้นของสารละลายโดยเทคนิคการชั่งน้ำหนัก

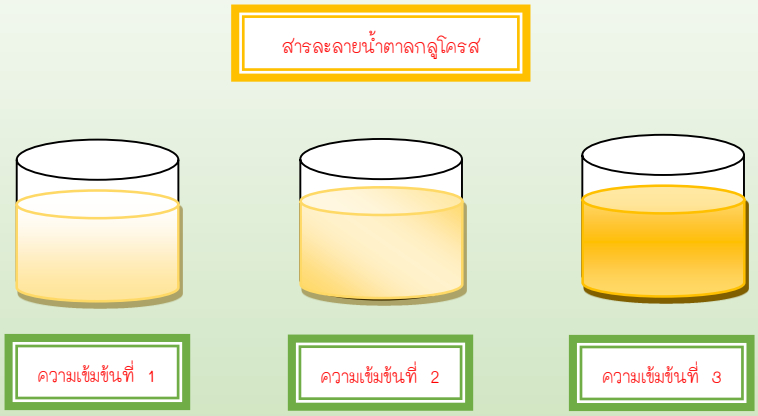
คำชี้แจง 1. ข้อสอบวัดทักษะการรู้เรื่องในบทปฏิบัติการนี้ จะกำหนดสถานการณ์ให้ แล้วให้นักเรียนตอบคำถามหลังอ่านสถานการณ์จบ ลักษณะข้อสอบเป็นแบบเขียนตอบแบบสั้น/ปิด โดยมีแนวการตอบและเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Scoring Guideline) โดยแยกองค์ประกอบเป็น 2 ด้าน คือ การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ และ สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 ข้อ เวลา 10 นาที

2. ให้นักเรียนเติมคำตอบที่ถูกต้อง ลงในช่องว่าง

จากสถานการณ์ต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถาม ข้อ 1 – 5

ปุ๊กโกะ , นุ้ย และ มดดำ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความสนใจและตั้งใจ ที่จะทำโครงงานวิทยาศาสตร์ พยายามศึกษาเอกสารและหาข้อมูล รวมถึงสอบถามผู้รู้ เพื่อนำมาประกอบการเลือกหัวข้อในการทำโครงงาน

วันหนึ่ง คุณครูตุ๊กตา เตรียมสารละลายน้ำตาลกลูโครส จำนวน 3 ความเข้มข้น ให้นักเรียนทดลองเพื่อศึกษา “ การใช้สารละลายน้ำตาลกลูโครส ชะลอการเหี่ยวของดอกกุหลาบ “ โดยใช้เวลาและการหลุดของกลีบดอกกุหลาบ เป็นตัววัดประสิทธิภาพการชะลอการเหี่ยว ผลการศึกษาพบว่าสารละลายน้ำตาลกลูโครส ความเข้มข้นที่ 2 ช่วยชะลอการเหี่ยวของดอกกุหลาบได้ดีที่สุด และผลการทดลองแตกต่างจากทุกความเข้มข้นอย่างเห็นได้ชัด



จากผลการทดลองที่ได้ ปุ๊กโกะ และเพื่อนๆต้องการทราบความเข้มข้นที่ช่วยชะลอการเหี่ยวของดอกกุหลาบ เพื่อนำความเข้มข้นจากการทดลองนี้ ไปทดลองกับโครงงานของตนเอง แต่ติดปัญหาคือ ไม่ทราบความเข้มข้น จึงขอแบ่งสารละลายน้ำตาลกลูโครส ความเข้มข้นที่ 2 นำมาหาความเข้มข้นโดยเทคนิคการชั่งน้ำหนัก ได้ผลการทดลองดังนี้

ข้อมูลการทดลองของปุ๊กโกะ และเพื่อนๆ

ปริมาตรสารละลายน้ำตาลกลูโครสความเข้มข้นที่ 2 = 10 mL

มวลโมเลกุลกลูโครส ($C_6H_{12}O_6$) = 180

น้ำหนักของชามระเหย = 24 กรัม

น้ำหนักของสารละลายน้ำตาลกลูโครส + น้ำหนักชามระเหย = 30 กรัม

น้ำหนักของน้ำตาลกลูโครส + น้ำหนักชามระเหย หลังการอบให้ความร้อน (กรัม)						
ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7
29.5	29	28	28	27.5	27.5	27.5

คำถาม

1. จากสถานการณ์ การศึกษาเรื่อง " การใช้สารละลายน้ำตาลกลูโครส ชะลอการเหี่ยวของดอกกุหลาบ "ของครูตุ๊กตา จงระบุสมมติฐาน ของการทดลอง

แนวการตอบ "สารละลายน้ำตาลกลูโครสที่มีความเข้มข้นต่างกัน สามารถชะลอการเหี่ยวของดอกกุหลาบได้ต่างกัน"

หรือ "สารละลายน้ำตาลกลูโครส ช่วยชะลอการเหี่ยวของดอกกุหลาบได้"

2. จากการทดลองของครูตุ๊กตา เพื่อศึกษา " การใช้สารละลายน้ำตาลกลูโครส ชะลอการเหี่ยวของดอกกุหลาบ " จงระบุตัวแปรจากการศึกษา

2.1 ตัวแปรต้น : สารละลายน้ำตาลกลูโครส 3 ความเข้มข้น

2.2 ตัวแปรตาม : ผลการชะลอการเหี่ยวของดอกกุหลาบ โดยวัดจาก เวลา และการหลุดของกลีบดอกกุหลาบ

ตัวแปรควบคุม : ปริมาตรของสารละลายน้ำตาลกลูโคส , จำนวน-ขนาด-สายพันธุ์ของดอกกุหลาบ , ภาชนะ , สถานที่ในการทดลอง , อุณหภูมิ

3. จากผลการทดลองของปุ๊กโกะ และเพื่อนๆ

3.1 มวลของสารละลายน้ำตาลกลูโครส ก่อนการทดลองมีค่า = ...6..... กรัม

3.2 มวลของกลูโครส หลังการทดลอง = ...3.5..... กรัม

4. จากผลการทดลองของปุ๊กโกะ และเพื่อนๆ สารละลายน้ำตาลกลูโครส (ความเข้มข้นที่ 2) มีความเข้มข้นเท่าไร ในหน่วยร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร

.....สารละลายน้ำตาลกลูโคสมีความเข้มข้นร้อยละ 58.3 โดยมวลต่อปริมาตร.....

5. ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลกลูโครส จากผลการทดลองของปุ๊กโกะ ในหน่วยส่วนในล้านส่วน มีความเข้มข้นเท่าไร

.....สารละลายน้ำตาลกลูโคสมีความเข้มข้น 0.583×10^6 ส่วนในล้านส่วน

หรือ 5.83×10^5 ส่วนในล้านส่วน .....

เกณฑ์การให้คะแนน รหัสการประเมินทักษะการรู้เรื่อง และการจำแนกหัวข้อการประเมิน
บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่องการหาความเข้มข้นของสารละลายโดยใช้เทคนิคการไทเทรต

ข้อสอบ	น้ำหนักคะแนน	หัวข้อการประเมินทักษะการรู้เรื่อง				
		01		02		
		011	012	021	022	023
ข้อที่ 1	2 คะแนน		✓			✓
ข้อที่ 2						
ข้อที่ 2.1	1 คะแนน		✓	✓		
ข้อที่ 2.2	1 คะแนน		✓	✓		
ข้อที่ 3						
ข้อที่ 3.1	1 คะแนน	✓				✓
ข้อที่ 3.2	1 คะแนน	✓				✓
ข้อที่ 4	2 คะแนน	✓				✓
ข้อที่ 5	2 คะแนน	✓				✓
รวม	10 คะแนน					

คำอธิบายรหัสการประเมินทักษะการรู้เรื่อง

รหัส		หัวข้อการประเมินทักษะการรู้เรื่อง
รหัสหลัก	รหัสย่อย	
01		1. การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์
	011	1.1 การรู้เรื่องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
	012	1.2 การรู้เรื่องเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
02		2. สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์
	021	2.1 การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์
	022	2.2 การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์
	023	2.3 การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ทางวิทยาศาสตร์

เกณฑ์การให้คะแนน

ข้อ 1) น้ำหนักคะแนน 2 คะแนน

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ **สมรรถนะวิทยาศาสตร์ :** การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ทางวิทยาศาสตร์ **การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ :** การรู้เรื่องเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ **ลักษณะของข้อสอบ :** เขียนตอบแบบสั้น/ปิด

การให้คะแนน แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ คะแนนเต็ม คะแนนบางส่วน และ ไม่ได้คะแนน

คะแนนเต็ม (2)

รหัส 023/012 คำตอบอ้างถึงการใช้สารละลายน้ำตาลกลูโครส ในการชะลอการเหี่ยว / การยืดอายุของดอกกุหลาบ

- **การใช้สารละลายน้ำตาลกลูโครส ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการชะลอการเหี่ยว / ยืดอายุของดอกกุหลาบ วัดได้จากระยะเวลา และการหลุดของกลีบดอกกุหลาบ**
- **สารละลายน้ำตาลกลูโครส ช่วยชะลอการเหี่ยว / ยืดอายุของดอกกุหลาบได้**
- **สารละลายน้ำตาลกลูโครส ที่มีความเข้มข้นต่างกัน สามารถชะลอการเหี่ยว / ยืดอายุของดอกกุหลาบได้**

อาจระบุถึงผลที่เกิด หรือบอกประสิทธิภาพในการใช้สารละลายนั้น นอกเหนือจากข้อมูลในการทดลอง โดยต้องเป็นเกณฑ์ที่สามารถทดลองได้ เช่น การบอกสี การวัดปริมาณน้ำ การวัดอัตราการหายใจ การวัดปริมาณแก๊ส เป็นต้น

คะแนนบางส่วน (1)

รหัส 023/012 คำตอบไม่มีการระบุว่ากลูโครส อยู่ในรูปของสารละลาย

ไม่ได้คะแนน (0)

รหัส 023/012 คำตอบอื่น ไม่เฉพาะเจาะจง หรือลอกข้อคำถาม	**รหัส 023/012 ไม่ตอบ**

ข้อ 2) น้ำหนักคะแนน 2 คะแนน

ข้อ 2.1) น้ำหนักคะแนน 1 คะแนน

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ **สมรรถนะวิทยาศาสตร์ :** การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ **การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ :** การรู้เรื่องเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ **ลักษณะของข้อสอบ :** เขียนตอบแบบสั้น/ปิด

การให้คะแนน แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ คะแนนเต็ม คะแนนบางส่วน และ ไม่ได้คะแนน

คะแนนเต็ม (1)

รหัส 021/012 สารละลายน้ำตาลกลูโครส 3 ความเข้มข้น คำตอบอ้างถึงการใช้สารละลายน้ำตาลกลูโครส ที่มีความเข้มข้นต่างๆ หรือ ระบุการใช้สารละลายน้ำตาลกลูโครส 3 ความเข้มข้น

คะแนนบางส่วน (0.5)

รหัส 021/012 คำตอบไม่ใช้คำว่าสารละลายน้ำตาลกลูโครส แต่ใช้คำว่าน้ำตาลกลูโครส

ไม่ได้คะแนน (0)

รหัส 021/012 คำตอบอื่น ไม่เฉพาะเจาะจง หรือลอกข้อคำถาม	รหัส 021/012 ไม่ตอบ

ข้อ 2.2) น้ำหนักคะแนน 1 คะแนน

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ **สมรรถนะวิทยาศาสตร์ :** การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ **การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ :** การรู้เรื่องเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ **ลักษณะของข้อสอบ :** เขียนตอบแบบสั้น/ปิด

การให้คะแนน แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ คะแนนเต็ม คะแนนบางส่วน และ ไม่ได้คะแนน

คะแนนเต็ม (1)

รหัส 021/012 ผลการชะลอการเหี่ยวของดอกกุหลาบ โดยวัดจาก เวลา และการหลุดของกลีบดอกกุหลาบ คำตอบบอกถึงผลที่เกิดจากการใช้สารละลายน้ำตาลกลูโครส คือ ช่วยชะลอการเหี่ยวของดอกไม้ ซึ่งต้องระบุพืชที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้ให้ถูกต้อง อาจมีการกำหนดเกณฑ์อื่นๆที่ใช้วัดขยายความลักษณะของการเหี่ยวในดอกไม้ เช่น ระยะเวลา , น้ำหนักที่ลดลง , ปริมาณแก๊ส , สีของดอก เป็นต้น

คะแนนบางส่วน (0.5)

รหัส 021/012 คำตอบบอกผลที่เกิดจากการศึกษา แต่ไม่ระบุว่าเป็นดอกกุหลาบ หรือมีการกำหนดเกณฑ์อื่นๆนอกเหนือจาก ระยะเวลา และการหลุดของกลีบกุหลาบ แต่เป็นเกณฑ์ที่ปฏิบัติการทดลองหรือใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อธิบายไม่ได้

ไม่ได้คะแนน (0)

รหัส 021/012 คำตอบอื่น ไม่เฉพาะเจาะจง หรือลอกข้อคำถาม	รหัส 021/012 ไม่ตอบ

ข้อ 3) น้ำหนักคะแนน 2 คะแนน

ข้อ 3.1) น้ำหนักคะแนน 1 คะแนน

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ **สมรรถนะวิทยาศาสตร์ :** การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ทางวิทยาศาสตร์ **การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ :** การรู้เรื่องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ **ลักษณะของข้อสอบ :** เขียนตอบแบบสั้น/ปิด

การให้คะแนน แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ คะแนนเต็ม คะแนนบางส่วน และ ไม่ได้คะแนน

คะแนนเต็ม (1)

รหัส 023/011 คำตอบและหน่วยถูกต้องคือ **6** กรัม มวลของสารละลายน้ำตาลกลูโครส ก่อนการทดลอง หาได้จาก มวล สลล.น้ำตาลกลูโครส = (น้ำหนักของ สลล.+น้ำหนักชามระเหย) – (น้ำหนักของชามระเหย) ก่อนการทดลอง = 30 – 24 กรัม = 6 กรัม

คะแนนบางส่วน (0.5)

รหัส 023/011 คำตอบถูก แต่ไม่ระบุหน่วย

ไม่ได้คะแนน (0)

รหัส 023/011 คำตอบอื่น ไม่เฉพาะเจาะจง หรือลอกข้อคำถาม	รหัส 023/011 ไม่ตอบ

ข้อ 3.2) น้ำหนักคะแนน 1 คะแนน

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ **สมรรถนะวิทยาศาสตร์ :** การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ทางวิทยาศาสตร์ **การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ :** การรู้เรื่องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ **ลักษณะของข้อสอบ :** เขียนตอบแบบสั้น/ปิด

การให้คะแนน แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ คะแนนเต็ม คะแนนบางส่วน และ ไม่ได้คะแนน

คะแนนเต็ม (1)

รหัส 023/011 คำตอบและหน่วยถูกต้อง **คือ 3.5** กรัม มวลของกลูโครส หลังการทดลอง หาได้จาก มวลกลูโครส = (น้ำหนักของ สลล.+น้ำหนักชามระเหย)หลังการอบให้ความร้อน - น้ำหนักชามระเหย = 27.5 – 24 กรัม = 3.5 กรัม

คะแนนบางส่วน (0.5)

รหัส 023/011 คำตอบถูก แต่ไม่ระบุหน่วย

ไม่ได้คะแนน (0)

รหัส 023/011 คำตอบอื่น ไม่เฉพาะเจาะจง หรือลอกข้อคำถาม	รหัส 023/011 ไม่ตอบ

ข้อ 4) น้ำหนักคะแนน 2 คะแนน

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ **สมรรถนะวิทยาศาสตร์ :** การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ทางวิทยาศาสตร์ **การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ :** การรู้เรื่องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ **ลักษณะของข้อสอบ :** เขียนตอบแบบสั้น/ปิด

การให้คะแนน แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ คะแนนเต็ม คะแนนบางส่วน และ ไม่ได้คะแนน

คะแนนเต็ม (2)

รหัส 023/011 คำตอบและหน่วยถูกต้อง คือ สารละลายน้ำตาลกลูโคสมีความเข้มข้นร้อยละ 58.3 โดยมวลต่อปริมาตร

$$\text{ร้อยละโดยมวล} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{มวลของสารละลาย}} x\ 100$$

$$= \frac{3.5}{6} x100$$

ดังนั้นสารละลายน้ำตาลกลูโครสความเข้มข้นที่สองที่นำมาทดลองมีความเข้มข้นร้อยละ 58.3 โดยมวลต่อปริมาตร

คะแนนบางส่วน (1)

รหัส 023/011 คำตอบถูก แต่ไม่ระบุหน่วย

ไม่ได้คะแนน (0)

รหัส 023/011 คำตอบอื่น ไม่เฉพาะเจาะจง หรือลอกข้อคำถาม	รหัส 023/011 ไม่ตอบ

ข้อ 5) น้ำหนักคะแนน 2 คะแนน

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ
สมรรถนะวิทยาศาสตร์ : การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ทางวิทยาศาสตร์
การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ : การรู้เรื่องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
ลักษณะของข้อสอบ : เขียนตอบแบบสั้น/ปิด

การให้คะแนน แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ คะแนนเต็ม คะแนนบางส่วน และ ไม่ได้คะแนน

คะแนนเต็ม (2)

รหัส 023/011 คำตอบและหน่วยถูกต้อง คือ สารละลายน้ำตาลกลูโคสมีความเข้มข้น 0.583 x 10^6 ส่วนในล้านส่วน

หรือ สารละลายน้ำตาลกลูโคสมีความเข้มข้น 5.83 x 10^5 ส่วนในล้านส่วน

ความเข้มข้นส่วนใน 1 ล้านส่วน ppm $= \frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{มวลของสารละลาย}} x10^6$

$= \frac{3.5}{6} x10^6$

$= 5.83 \times 10^5$

ดังนั้นสารละลายน้ำตาลกลูโครสความเข้มข้นที่สองที่นำมาทดลองมีความเข้มข้น 5.83 x 10^5 ส่วนในล้านส่วน

คะแนนบางส่วน (1)

รหัส 023/011 คำตอบถูก แต่ไม่ระบุหน่วย

ไม่ได้คะแนน (0)

รหัส 023/011 คำตอบอื่น ไม่เฉพาะเจาะจง หรือลอกข้อคำถาม	รหัส 023/011 ไม่ตอบ

บรรณานุกรม

กนกศักดิ์ ทองตั้ง. **เทคนิคบางประการในการจัดการประเมินผลภาคปฏิบัติ วิชาวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพฯ:สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2536.

กาต์นรวี ใจงาม. **การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การผลิตก๊าซโซฮอล์จากพืชในท้องถิ่น**. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2545. ถ่ายเอกสาร

ขรรค์ชัย คงเสน่ห์. **ทักษะพิสัย:การวัดการปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์**. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2537.

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **ตัวอย่างการประเมินผลการวิเคราะห์นานาชาติ : PISA และ TIMSS**. กรุงเทพฯ : อรุณการพิมพ์ , 2551

จิรพรรณ์ ทะเขียว. **การเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู**. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2543. ถ่ายเอกสาร.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. **สื่อการสอนกับนักเรียนมัธยมศึกษา**. เอกสารประกอบการสอนชุดวิชาสื่อการสอนระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคลสามเจริญพานิช, 2525.

ทบวงมหาวิทยาลัย. **เคมี เล่ม 1**. กรุงเทพ ฯ: อักษรเจริญทัศน์, 2541.

———. **เคมี เล่ม 2**. กรุงเทพ ฯ: อักษรเจริญทัศน์, 2541.

นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์. **คู่มือเคมี เล่ม 2 ว 036**. กรุงเทพ ฯ. สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด, มปป.

บุญชม ศรีสะอาด. **การพัฒนาการสอน**. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์, 2537.

พรยมล บัวคีรี. **การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3**. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2546. ถ่ายเอกสาร.

ไมตรี ศรีษะภูมิ และรัชนีนารถ จารุอดุลย์. **แนวการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง.** อุบลราชธานี: อุบลยงสวัสดิ์ออฟเซท, 2539.

วินัย วิทยาลัย. **เคมี ม. 4 เล่ม 2 ว 036**. กรุงเทพ ฯ: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2542.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. สำนักงานทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ. **การวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน**. เอกสารอัดสำเนาประกอบการประชุมปฏิบัติการพัฒนาแบบวัดมาตรฐานเพื่อประเมินคุณภาพทางการศึกษา ระดับภูมิภาค, 2540.

———. **คู่มือการสร้างเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2539.

———. **หลักการเขียนข้อสอบ**. เอกสารอัดสำเนาประกอบการประชุมปฏิบัติการพัฒนาแบบวัดมาตรฐาน เพื่อประเมินคุณภาพทางการศึกษา ระดับภูมิภาค, 2540.