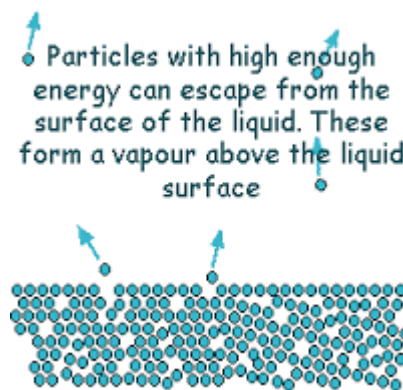


ใบความรู้ประกอบการเรียนบทปฏิบัติการ บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระเหยของของเหลว



1. การระเหย (Evaporation)

การระเหย เป็นกระบวนการที่โมเลกุลของของเหลวหลุดออกจากผิวหน้าของของเหลวกลายเป็นไอ การที่โมเลกุลของของเหลวหลุดออกจากผิวหน้าได้แสดงว่า โมเลกุลนั้นมีพลังงานมากเพียงพอที่จะทำลายแรงดึงดูดกับโมเลกุลอื่นๆที่เหลือนในของเหลว



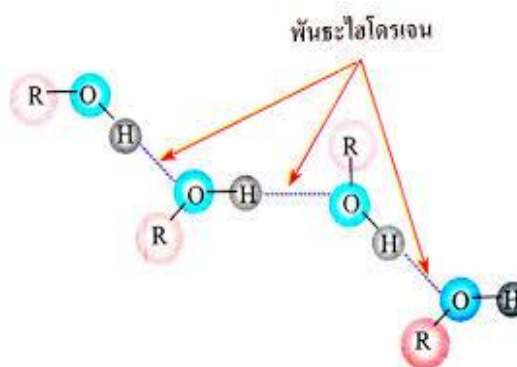
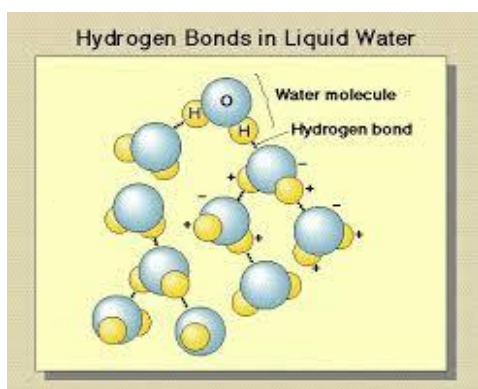
รูปที่ 1 แสดงโมเลกุลของของเหลวหลุดออกจากผิวหน้ากลายเป็นไอ

ที่มา : www.thaigoodview.com

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่ออัตราการระเหย คือ

1. พลังงานของโมเลกุลของเหลว ถ้าโมเลกุลของของเหลวมีพลังงานสูงก็สามารถหลุดออกจากผิวหน้าของของเหลวได้ ทำให้อัตราการระเหยสูง พลังงานของโมเลกุลของเหลว จะเพิ่มขึ้นเมื่อของเหลวได้รับความร้อน (อุณหภูมิสูงขึ้น)

2. ความแข็งแรงของพันธะ (แรงดึงดูด) ระหว่างโมเลกุลของของเหลว เช่น ในกรณีของน้ำซึ่งเป็นสารที่มีขั้ว แต่ละโมเลกุลของน้ำสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) ระหว่างกันได้ (ดังแสดงในรูปที่ 2) ทำให้มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลสูง การระเหยจึงต้องใช้พลังงานสูงเพื่อทำลายแรงดึงดูดนั้น ดังนั้นน้ำจึงมีอัตราการระเหยต่ำ ในขณะที่ n-hexane ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีขั้ว และไม่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของเหลวจึงน้อย การทำให้ระเหยจึงใช้พลังงานต่ำ ดังนั้น n-hexane จึงมีอัตราการระเหยสูงกว่าน้ำ



รูปที่ 2 แสดงพันธะไฮโดรเจนของน้ำ
ที่มา : www.thaigoodview.com

3. พื้นที่ผิวของของเหลว ถ้าพื้นที่ผิวมาก จำนวนโมเลกุลที่อยู่ผิวหน้าจะมาก ดังนั้นจำนวนโมเลกุลที่สามารถหลุดออกจากผิวหน้าก็จะมากตามไปด้วยทำให้อัตราการระเหยสูง
4. ในกรณีที่ของเหลวไม่ใช่สารบริสุทธิ์ แต่เป็นสารละลาย โดยที่ตัวถูกละลายเป็นสารชนิดไม่ระเหย (nonvolatile) อัตราการระเหยจะขึ้นกับปริมาณของตัวถูกละลาย โดยที่อัตราการระเหยของสารละลายจะต่ำกว่าอัตราการระเหยของสารบริสุทธิ์ สาเหตุเกิดจากบริเวณผิวหน้าของสารละลายมีโมเลกุลของตัวละลายปะปนอยู่ ทำให้มีจำนวนโมเลกุลของตัวทำละลายลดน้อยลง
5. ปัจจัยอื่นๆ เช่นความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เป็นต้น

การใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายปรากฏการณ์การระเหย

จากทฤษฎีจลน์ โมเลกุลของของเหลวเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา และเกิดการชนกันเอง ในการชนโมเลกุลของของเหลวจะมีการถ่ายเทพลังงานให้แก่กัน ภายหลังการชน บางโมเลกุลของของเหลวจะมีพลังงานจลน์น้อยลง และบางโมเลกุลมีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น ถ้าโมเลกุลที่มีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้นอยู่ที่ผิวหน้าของของเหลวหรือสารเคลื่อนที่มาอยู่ที่ผิวหน้าได้ และสามารถเอาชนะแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลก็จะหลุดออกจากผิวหน้าของของเหลวกลายเป็นไอ ซึ่งเรียกว่า การระเหย เนื่องจากโมเลกุลที่มีพลังงานจลน์สูงกลายเป็นไอ จึงทำให้พลังงานจลน์เฉลี่ยของของเหลวลดลง ของเหลวก็จะดูดพลังงานจากสิ่งแวดล้อมเข้ามาแทนที่พลังงานที่เสียไปกับโมเลกุลที่กลายเป็นไอ และการระเหยเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ทั้งอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ ตัวอย่างเช่น เมื่อเทเอทิลแอลกอฮอล์ใส่มือจะรู้สึกเย็น ทั้งนี้เพราะว่าเอทิลแอลกอฮอล์มีจุดเดือดต่ำระเหยได้ง่าย จึงดูดพลังงานความร้อนจากมือเราไปช่วยในการระเหย ทำให้มือเราเย็นลง

การระบุอัตราการระเหยของสารจะใช้การเปรียบเทียบกับอัตราการระเหยของ butyl acetate ถ้าตัวเลขยิ่งมาก หมายถึง อัตราการระเหยของสารนั้น สูงกว่าอัตราการระเหยของ butyl acetate มาก

ตารางที่ แสดงสมบัติของสารบางชนิด

สาร	มวลโมเลกุล	จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	ความดันไอ (mmHg)		อัตราการระเหย
			20 $^{\circ}\text{C}$	25 $^{\circ}\text{C}$	
Ethanol (100 %)	46.07	78.3	44.3	-	2.4
Iso – butanol	74.12	108	8.8	10	0.82
n-pentane	72.15	36	487.5	512.3	12.4
n-hexane	86.18	68.7	124	150	8.4

บทปฏิบัติการที่ 1

เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระเหยของของเหลว



อัตราการระเหยของของเหลว สามารถคำนวณได้จาก มวลของสารที่ระเหยไป หารด้วยเวลา ซึ่งถ้ากำหนดให้เวลาเท่ากัน ก็สามารถเปรียบเทียบอัตราการระเหยได้จากมวลของสารที่ระเหยไปได้โดยตรง และมวลของสารที่ระเหยไปคำนวณได้จากมวลของสารก่อนระเหย ลบด้วยมวลของสารหลังจากระเหย



จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดลองหาอัตราการระเหยของของเหลวชนิดต่างๆได้
2. อธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระเหยได้
3. คำนวณหาอัตราการระเหยของของเหลวได้
4. เข้าใจแนวคิดและหลักการทางวิทยาศาสตร์

เวลาที่ใช้ 3 ชั่วโมง

ตอนที่ 1 อัตราการระเหยของของเหลวชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 80°C

อุปกรณ์และสารเคมี

- | | | |
|---|---|-----|
| 1. ปีกเกอร์ ขนาด 150 mL | 1 | ใบ |
| 2. ขวดรูปกรวยขนาด 125 mL | 1 | อัน |
| 3. จุกยาง | 1 | อัน |
| 4. กระจกตวงขนาด 10 mL | 1 | อัน |
| 5. ถ้วยระเหย | 1 | ใบ |
| 6. แท่งแก้วคนสาร | | |
| 7. ซ้อนตักสาร | | |
| 8. ขาตั้ง (stand) และตัวหนีบยึด (clamp) | | |
| 9. เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) | | |
| 10. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) | | |
| 11. น้ำกลั่น | | |
| 12. น้ำประปา | | |
| 13. แอลกอฮอล์ | | |

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 อัตราการระเหยของของเหลวชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 80°C

- จัดตั้งอุปกรณ์ขาตั้งและตัวหนีบยึดให้เหมาะสมกับอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (ดังภาพ)
- ใช้กระจกตวง ตวงน้ำกลั่น 10 mL ลงในขวดรูปกรวยที่แห้งและสะอาด ปิดขวดรูปกรวยด้วยจุกยาง
- รีบชั่งขวดรูปกรวยที่บรรจุน้ำกลั่น พร้อมจุกยาง บันทึกค่ามวลลงในตาราง
- เมื่อชั่งขวดรูปกรวยพร้อมจุกยางแล้ว เปิดจุกยางแล้วเก็บไว้ นำขวดรูปกรวยไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 80°C โดยใช้ขาตั้งและตัวหนีบยึดขวดรูปกรวยไว้ เริ่มจับเวลา ตั้งไว้เป็นเวลา 15 นาที
- ปิดขวดรูปกรวยด้วยจุกยางอันเดิมที่เก็บไว้ แล้วนำขวดรูปกรวยออกจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เช็ดภายนอกขวดให้แห้ง นำไปชั่ง บันทึกผล
- คำนวณหามวลของของเหลวที่ระเหยไป
- ทำการทดลองเหมือนข้อ 1-6 ซ้ำอีก 2 ครั้ง คำนวณหาผลเฉลี่ย
- ทำการทดลองเหมือนข้อ 1-7 แต่เปลี่ยนสารเป็น น้ำประปา และ แอลกอฮอล์ ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการระเหย

ทำการทดลองเหมือนตอนที่ 1 โดยใช้สารเพียงชนิดเดียว คือ น้ำประปา แต่เปลี่ยนอุณหภูมิของน้ำในอ่างควบคุมอุณหภูมิเป็น 60°C

รายงานการทดลอง

เรื่อง

ชื่อผู้ทำการทดลอง ชั้น เลขที่

ชื่อผู้ร่วมทำการทดลอง ชั้น เลขที่

..... ชั้น เลขที่

..... ชั้น เลขที่

อาจารย์ผู้ควบคุม วันที่ทำการทดลอง.....

ปัญหาของการทดลอง

จุดประสงค์การทดลอง

1.....

2.....

สมมติฐาน การทดลองตอนที่ 1

ตัวแปร การทดลองตอนที่ 1

ตัวแปรต้น :

ตัวแปรตาม :

ตัวแปรควบคุม :

ผลการทดลอง ตอนที่ 1 อัตราการระเหยของของเหลวชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 80°C

อุณหภูมิของอ่างควบคุมอุณหภูมิ องศาเซลเซียส

เวลาที่ใช้ในการระเหย นาที

สาร	ครั้งที่	มวลก่อนระเหย (กรัม)	มวลหลังระเหย (กรัม)	มวลที่ระเหยไป (กรัม)
น้ำกลั่น	1			
	2			
	3			
	เฉลี่ย			
น้ำประปา	1			
	2			
	3			
	เฉลี่ย			
แอลกอฮอล์	1			
	2			
	3			
	เฉลี่ย			

สมมติฐาน การทดลองตอนที่ 2

ตัวแปร การทดลองตอนที่ 2

ตัวแปรต้น :

ตัวแปรตาม :

ตัวแปรควบคุม :

ผลการทดลอง ตอนที่ 2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการระเหย

อุณหภูมิของอ่างควบคุมอุณหภูมิ องศาเซลเซียส

เวลาที่ใช้ในการระเหย นาที

สาร	ครั้งที่	มวลก่อนระเหย (กรัม)	มวลหลังระเหย (กรัม)	มวลที่ระเหยไป (กรัม)
น้ำประปา	1			
	2			
	3			
	เฉลี่ย			

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

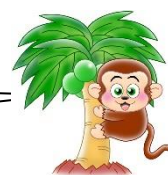
.....

.....

.....

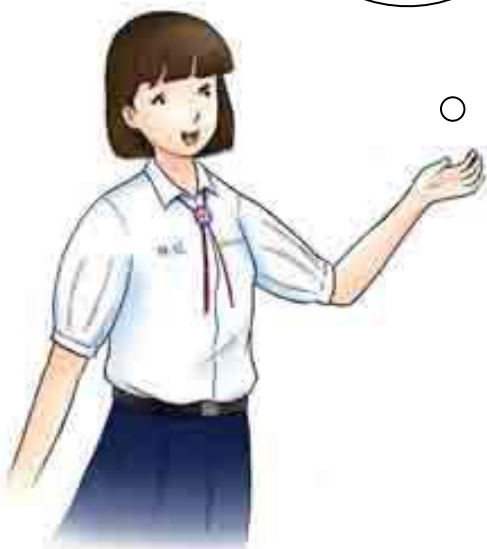
.....

ยังมีให้ทดลองต่อนะ



ตอนที่ 2 ลองคิด...ลองทำ

จากผลการทดลองนักเรียน สรุปได้
ว่าที่อุณหภูมิเดียวกัน สารต่างชนิด
กันมี อัตราการระเหยแตกต่างกัน
และสารชนิดเดียวกัน อุณหภูมิมีผล
ต่ออัตราการระเหย นะครับนักเรียน



เข้าใจแล้วค่ะคุณครู สนุก
จังเลยค่ะ หนูมีแนวคิดใน
การนำไปประยุกต์ใช้ใน
การทำโครงการแล้วค่ะ

ดีมากค่ะนักเรียน แล้วถ้า !!!! ครู
นำน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลายบริสุทธิ์ละลาย
เกลือแกง และน้ำตาล ได้สารละลาย
เกลือแกง กับสารละลายน้ำตาล นำมา
ทดลองด้วยวิธีเดียวกัน นักเรียนคิดว่า
อัตราการระเหยของน้ำ จะเป็นอย่างไร



ตัวอย่างรายงานการทดลอง

เทคนิคปฏิบัติการทางเคมีที่ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

ชื่อผู้ทำการทดลอง ชั้น เลขที่

ชื่อผู้ร่วมทำการทดลอง ชั้น เลขที่

..... ชั้น เลขที่

..... ชั้น เลขที่

อาจารย์ผู้ควบคุม วันที่ทำการทดลอง.....

ปัญหาของการทดลองการเปรียบเทียบอัตราการระเหยของสารทำได้อย่างไร.....

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทดลองหาอัตราการระเหยของของเหลวชนิดต่างๆได้
2. อธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระเหยได้

สมมติฐานการทดลอง

.....อุณหภูมิ และสารที่ต่างกันมีอัตราการระเหยต่างกัน.....

ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 อัตราการระเหยของของเหลวชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 80 °C

อุณหภูมิของอ่างควบคุมอุณหภูมิ80..... องศาเซลเซียส

เวลาที่ใช้ในการระเหย15..... นาที

สาร	ครั้งที่	มวลก่อนระเหย (กรัม)	มวลหลังระเหย (กรัม)	มวลที่ระเหยไป (กรัม)
น้ำกลั่น	1	135.837	134.417	1.420
	2	137.421	136.012	1.409
	3	140.649	139.283	1.366
	เฉลี่ย	137.969	136.571	1.398
น้ำประปา	1	134.174	132.728	1.446
	2	135.923	134.502	1.421
	3	139.481	138.092	1.389
	เฉลี่ย	136.526	135.107	1.419
แอลกอฮอล์	1	141.430	139.248	2.182
	2	138.903	136.974	1.929
	3	137.287	135.173	2.114
	เฉลี่ย	139.207	137.132	2.075

ผลการทดลอง

ตอนที่ 2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการระเหย

อุณหภูมิของอ่างควบคุมอุณหภูมิ60..... องศาเซลเซียส

เวลาที่ใช้ในการระเหย15..... นาที

สาร	ครั้งที่	มวลก่อนระเหย (กรัม)	มวลหลังระเหย (กรัม)	มวลที่ระเหยไป (กรัม)
น้ำประปา	1	137.842	137.521	0.321
	2	140.429	140.113	0.316
	3	139.063	138.735	0.328
	เฉลี่ย	139.111	138.790	0.322

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

..... ตอนที่ 1 น้ำกลั่นและน้ำประปามีอัตราการระเหยที่ไม่แตกต่างกัน สาเหตุเกิดจาก
น้ำมีพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลทำให้ต้องใช้พลังงานสูงในการระเหย เพราะต้องทำลายพันธะ
ไฮโดรเจนก่อน ส่วนแอลกอฮอล์ มีอัตราการระเหยที่สูงกว่าน้ำ เพราะไม่มีพันธะไฮโดรเจน จึงใช้
พลังงานต่ำกว่าการระเหย ดังนั้นจึงมีอัตราการระเหยที่สูงกว่าน้ำกลั่นและน้ำประปา

..... ตอนที่ 2 อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการระเหย ถ้ายิ่งอุณหภูมิสูง อัตราการระเหยจะสูง
สาเหตุเกิดจากอุณหภูมิสูง (อุณหภูมิของน้ำในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ) จะมีพลังงานถ่ายเทให้กับ
ของเหลวได้มาก ดังนั้นจำนวนโมเลกุลที่ระเหยออกไปก็จะสูง



คำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 1 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระเหยของของเหลว

1. ความแตกต่างของการระเหย และการเดือด คืออะไร

.....

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่าขบวนการที่นำมาใช้ในการทดลอง หากมีขนาดต่างกัน อัตราการระเหยจะต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

3. อัตราการระเหยของของเหลว ขึ้นกับปัจจัยอื่นๆที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่นความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ หากทำการทดลองในวันที่มีความชื้นต่ำ อัตราการระเหยจะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

4. ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่ออัตราการระเหย ได้แก่

.....

.....

.....

5. จากข้อมูลแสดงสมบัติของสารบางชนิด

สาร	มวลโมเลกุล	จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	ความดันไอ (mmHg)		อัตราการระเหย
			20 $^{\circ}\text{C}$	25 $^{\circ}\text{C}$	
Ethanol (100 %)	46.07	78.3	44.3	-	2.4
Iso – butanol	74.12	108	8.8	10	0.82
n-pentane	72.15	36	487.5	512.3	12.4
n-hexane	86.18	68.7	124	150	8.4

นักเรียนคิดว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการระเหยที่ต่างกันของ Iso – butanol และ n-pentane คืออะไร ทั้งที่สารทั้งสองมีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน

.....

.....

.....



เฉลยคำถามท้ายบทปฏิบัติการ บทปฏิบัติการที่ 1 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระเหยของของเหลว

1. ความแตกต่างของการระเหย และการเดือด คืออะไร

การระเหย เกิดขึ้นที่ผิวของเหลวเนื่องจากโมเลกุลของเหลวที่ผิวแต่ละตัวมีพลังงานจลน์ไม่เท่ากัน บางตัวก็มีพลังงานจลน์สูงกว่าพลังงานจลน์เฉลี่ยมากจนสามารถเอาชนะพลังงานที่ ยึดเหนี่ยวมันไว้กับผิวของเหลวได้ ดังนั้นการระเหยจึงทำให้พลังงานจลน์เฉลี่ยของของเหลวลดลงและอุณหภูมิลดลง

การเดือด เกิดขึ้นกับของเหลวทั่วทั้งภาชนะบรรจุเกิดขึ้นในกรณีที่ความดันไอของเหลวเท่ากับ ความดันสิ่งแวดล้อมหากมีการเติมพลังงานให้กับของเหลว ก็จะทำให้ของเหลวเดือดที่อุณหภูมิคงตัวได้แต่หากให้ของเหลวเดือดโดยการลดความดันสิ่งแวดล้อมลงและไม่เพิ่มพลังงานพลังงานภายในของเหลวจะถูกใช้ไปในการเดือดทำให้ของเหลวเย็นลงเรื่อย ๆ จนในที่สุดก็ทำให้ของเหลวเดือดจนแห้งไปเลยก็ได้

2. นักเรียนคิดว่าขนาดรูปกรวยที่นำมาใช้ในการทดลอง หากมีขนาดต่างกัน อัตราการระเหยจะต่างกันหรือไม่ อย่างไร

ขนาดของขวดรูปกรวยมีผลต่ออัตราการระเหย เนื่องจากการระเหยจะเกิดบริเวณผิวหน้าของของเหลว ดังนั้นอัตราการระเหยจึงขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของของเหลว ซึ่งก็ขึ้นกับภาชนะที่บรรจุ ขวดรูปกรวยที่มีขนาดใหญ่จะมีพื้นที่ผิวหน้ามาก อัตราการระเหยจะสูงกว่าขวดรูปกรวยที่มีขนาดเล็ก

3. อัตราการระเหยของของเหลว ขึ้นกับปัจจัยอื่นๆที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่นความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ หากทำการทดลองในวันที่มีความชื้นต่ำ อัตราการระเหยจะเป็นอย่างไร

ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity, RH) คือ อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศต่อปริมาณไอน้ำอิ่มตัวที่สภาวะความดันและอุณหภูมิเดียวกัน

หากอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จะทำให้อุณหภูมิของกระเปาะเปียกต่ำกว่าอุณหภูมิของกระเปาะแห้ง แต่ถ้าอากาศมีความชื้นสูง อัตราการระเหยการเป็นไอของน้ำของกระเปาะเปียกจะน้อยลง ทำให้การนำพาความร้อนออกไปได้น้อยลง

ดังนั้นวันที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ อัตราการระเหยจะสูง เนื่องจากมี น้ำจะสามารถระเหยกลายเป็นไอน้ำได้มากและรวดเร็ว

4. ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่ออัตราการระเหย ได้แก่

1. ชนิดของพันธะ
2. อุณหภูมิ
3. ปริมาณของตัวละลาย
4. พื้นที่ผิว
5. ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ
6. เวลา
7. ความเข้มข้น

5. จากข้อมูลแสดงสมบัติของสารบางชนิด

สาร	มวลโมเลกุล	จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	ความดันไอ (mmHg)		อัตราการระเหย
			20 $^{\circ}\text{C}$	25 $^{\circ}\text{C}$	
Ethanol (100 %)	46.07	78.3	44.3	-	2.4
Iso – butanol	74.12	108	8.8	10	0.82
n-pentane	72.15	36	487.5	512.3	12.4
n-hexane	86.18	68.7	124	150	8.4

นักเรียนคิดว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการระเหยที่ต่างกันของ Iso – butanol และ n-pentane คืออะไร ทั้งที่สารทั้งสองมีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน

ชนิดของพันธะ ในโมเลกุลของ Iso – butanol มีพันธะไฮโดรเจน ทำให้มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลสูง การระเหยจึงต้องใช้พลังงานสูงเพื่อทำลายแรงดึงดูดนั้น

แบบทดสอบวัดความรู้ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระเหยของของเหลว



คำชี้แจง

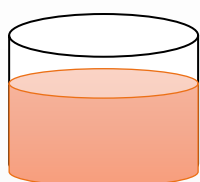
- ข้อสอบวัดความรู้ในบทปฏิบัติการนี้ จะกำหนดสถานการณ์ให้ แล้วให้นักเรียนตอบคำถามหลังอ่านสถานการณ์จบ ลักษณะข้อสอบเป็นแบบเขียนตอบแบบสั้น/ปิด โดยมีแนวการตอบและเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Scoring Guideline) โดยแยกองค์ประกอบเป็น 2 ด้าน คือ การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ และ สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 ข้อ เวลา 15 นาที
- ให้นักเรียนเติมคำตอบที่ถูกต้อง ลงในช่องว่าง

จากสถานการณ์ต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถาม ข้อ 1 – 5

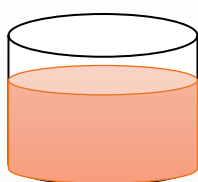
จ๊อบ และเพื่อนๆทำการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระเหยของสาร พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการอัตราการระเหยของสาร ได้แก่ ชนิดของสารละลาย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ พื้นที่ผิว เวลา ปริมาณสาร จ๊อบต้องการศึกษาปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่ออัตราการระเหยของของเพิ่มเติม จึงทำการทดลอง และได้ผลการทดลอง ดังนี้

นำน้ำหวานสีแดงยี่ห้อ Hale's Blue Boy มาละลายน้ำกลั่น ด้วยปริมาตรที่แตกต่างกันดังภาพ

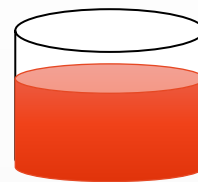
สารละลายน้ำหวานสีแดง Hale's Blue Boy



น้ำหวาน 10 mL
น้ำ 50 mL



น้ำหวาน 30 mL
น้ำ 150 mL



น้ำหวาน 20 mL
น้ำ 50 mL

แล้วนำสารละลายใส่ในขวดรูปกรวยขนาดและปริมาตรสารละลายเท่ากัน จำนวน 3 ขวด นำไปตั้งน้ำบนหม้อต้มสุก หลังจากนั้นเปิดจุกยางแล้วเก็บไว้ นำขวดรูปกรวยไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 80 °C โดยใช้ชาตั่งและตัวหนีบยึดขวดรูปกรวยไว้ เริ่มจับเวลา ตั้งไว้เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นปิดขวดรูปกรวยด้วยจุกยางอันเดิมที่เก็บไว้ แล้วนำขวดรูปกรวยออกจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เช็ดภายนอกขวดให้แห้ง นำไปชั่ง ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำทุกสารละลาย ได้ผลการทดลอง ดังนี้

สารละลายน้ำหวานสีแดง	ครั้งที่	มวลที่ระเหยไป (กรัม)
น้ำหวาน 10 mL น้ำ 50 mL	1	2.0
	2	2.0
	3	2.0
น้ำหวาน 30 mL น้ำ 150 mL	1	2.1
	2	1.9
	3	2.0
น้ำหวาน 20 mL น้ำ 50 mL	1	1.2
	2	1.2
	3	1.2

คำถาม

1. จากสถานการณ์ การศึกษาเรื่อง “ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระเหยของสาร ” ของจ๊อบแจจและเพื่อนๆ จงระบุสมมติฐาน ของการทดลอง

รหัส

023	คะแนน
012	

2. จากการทดลองของจ๊อบแจจ เพื่อศึกษา “ ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระเหยของสาร ” จงระบุตัวแปรจากการศึกษา

รหัส

021	คะแนน
012	

2.1 ตัวแปรต้น :

ตัวแปรตาม : อัตราการระเหยของสารละลายน้ำหวานสีแดง

2.2 ตัวแปรควบคุม :

รหัส

021	คะแนน
012	

3. จากผลการทดลองของจ๊อบแจจ และเพื่อนๆ

รหัส

023	คะแนน
011	

3.1 อัตราการระเหยของสารละลายน้ำหวานสีแดง สูงสุด คือ.....

3.2 อัตราการระเหยของสารละลายน้ำหวานสีแดง ต่ำสุด คือ

4. จากผลการทดลองของจ๊อบแจจ และเพื่อนๆ เพราะเหตุใดอัตราการระเหยของสารละลายน้ำหวานสีแดง จึงไม่เท่ากัน

รหัส

023	คะแนน
012	

5. จงสรุปผลการทดลองของจ๊อบแจจและเพื่อนๆ

รหัส

023	คะแนน
011	

เฉลยแบบทดสอบวัดความรู้ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระเหยของของเหลว



คำชี้แจง

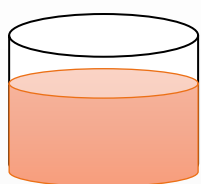
1. ข้อสอบวัดความรู้ในบทปฏิบัติการนี้ จะกำหนดสถานการณ์ให้ แล้วให้นักเรียนตอบคำถามหลังอ่านสถานการณ์จบ ลักษณะข้อสอบเป็นแบบเขียนตอบแบบสั้น/ปิด โดยมีแนวการตอบและเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Scoring Guideline) โดยแยกองค์ประกอบเป็น 2 ด้าน คือ การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ และ สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ จำนวน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

จากสถานการณ์ต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถาม ข้อ 1 – 5

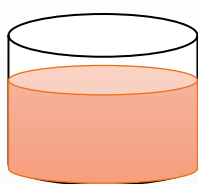
จ๊อบแจง และเพื่อนๆทำการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระเหยของสาร พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการอัตราการระเหยของสาร ได้แก่ ชนิดของสารละลาย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ พื้นที่ผิว เวลา ปริมาณสาร จ๊อบแจงต้องการศึกษาปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่ออัตราการระเหยของของเพิ่มเติม จึงทำการทดลอง และได้ผลการทดลอง ดังนี้

นำน้ำหวานสีแดงยี่ห้อ Hale's Blue Boy มาละลายน้ำกลั่น ด้วยปริมาตรที่แตกต่างกันดังภาพ

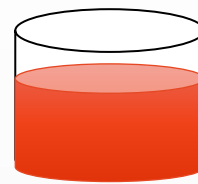
สารละลายน้ำหวานสีแดง Hale's Blue Boy



น้ำหวาน 10 mL
น้ำ 50 mL



น้ำหวาน 30 mL
น้ำ 150 mL



น้ำหวาน 20 mL
น้ำ 50 mL

แล้วนำสารละลายใส่ในขวดรูปกรวยขนาดและปริมาตรสารละลายเท่ากัน จำนวน 3 ขวด นำไปตั้งน้ำบนหม้อต้มสุก หลังจากนั้นเปิดจุกยางแล้วเก็บไว้ นำขวดรูปกรวยไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 80 °C โดยใช้ชาตั่งและตัวหนีบยึดขวดรูปกรวยไว้ เริ่มจับเวลา ตั้งไว้เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นปิดขวดรูปกรวยด้วยจุกยางอันเดิมที่เก็บไว้ แล้วนำขวดรูปกรวยออกจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เช็ดภายนอกขวดให้แห้ง นำไปชั่ง ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำทุกสารละลาย ได้ผลการทดลอง ดังนี้

ขวดรูปกรวยที่	สารละลายน้ำหวานสีแดง	ครั้งที่	มวลที่ระเหยไป (กรัม)
1	น้ำหวาน 10 mL น้ำ 50 mL	1	2.0
		2	2.0
		3	2.0
2	น้ำหวาน 30 mL น้ำ 150 mL	1	2.1
		2	1.9
		3	2.0
3	น้ำหวาน 20 mL น้ำ 50 mL	1	1.2
		2	1.2
		3	1.2

คำถาม

1. จากสถานการณ์ การศึกษาเรื่อง “ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระเหยของสาร ” ของจ๊อบแจจและเพื่อนๆ จงระบุสมมติฐาน ของการทดลอง

รหัส

023	คะแนน
012	

- สารละลายที่มีตัวทำละลายชนิดเดียวกัน แต่ความเข้มข้นของสารละลายต่างกัน จะมีอัตราการระเหยต่างกัน
- สารละลายที่มีตัวทำละลายบริสุทธิ์ชนิดเดียวกัน มีปริมาณตัวถูกละลาย และตัวละลายต่างกัน จะมีอัตราการระเหยต่างกัน

2. จากการทดลองของจ๊อบแจจ เพื่อศึกษา “ ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระเหยของสาร ” จงระบุตัวแปรจากการศึกษา

รหัส

021	คะแนน
012	

2.1 ตัวแปรต้น : สารละลายน้ำหวานสีแดงที่มีความเข้มข้นต่างกัน หรือ สารละลายน้ำหวานสีแดง 3 ความเข้มข้น หรือ สารละลายน้ำหวานสีแดงความเข้มข้น 20 , 20 และ 40 %v/v

ตัวแปรตาม : อัตราการระเหยของสารละลายน้ำหวานสีแดง

2.2 ตัวแปรควบคุม : ปริมาตรสารละลายน้ำหวานสีแดง อุณหภูมิ เวลา ขนาดขวดรูปกรวย ความชื้นสัมพัทธ์ เครื่องชั่งสาร

รหัส

021	คะแนน
012	

3. จากผลการทดลองของจ๊อบแจจ และเพื่อนๆ

รหัส

023	คะแนน
011	

3.1 อัตราการระเหยของสารละลายน้ำหวานสีแดง สูงสุด คือ น้ำหวานสีแดง ขวดที่ 1 และ 2 ความเข้มข้น 20 %v/v หรือ

สารละลายที่มีน้ำหวาน 10 mL น้ำ 50 mL กับ สารละลายที่มีน้ำหวาน 30 mL น้ำ 150 mL

3.2 อัตราการระเหยของสารละลายน้ำหวานสีแดง ต่ำสุด คือ

น้ำหวานสีแดง ขวดที่ 3 ความเข้มข้น 40 %v/v หรือ สารละลายที่มีน้ำหวาน 20 mL น้ำ 50 mL

4. จากผลการทดลองของจ๊อบแจง และเพื่อนๆ เพราะเหตุใดอัตราการระเหยของสารละลายน้ำหวานสีแดง จึงไม่เท่ากัน

เพราะเมื่อของเหลวบริสุทธิ์มีสิ่งเจือปนกลายเป็นสารละลาย จะทำให้อัตราการระเหยลดลง สาเหตุเกิดจากโมเลกุลของตัวละลาย (น้ำหวานสีแดง Hale's Blue Boy) จะทำให้จำนวนพันธะไฮโดรเจนระหว่างน้ำลดลง

รหัส

023	คะแนน
012	

5. จงสรุปผลการทดลองของจ๊อบแจงและเพื่อนๆ

จากการทดลองสรุปได้ว่า สารละลายที่มีตัวทำละลายบริสุทธิ์ชนิดเดียวกัน แต่มีความเข้มข้นต่างกัน สารละลายที่มีความเข้มข้นมากจะมีอัตราการระเหยน้อยกว่า สารละลายที่มีความเข้มข้นน้อย ทั้งนี้เพราะสารละลายที่มีตัวละลายมากจะทำให้จำนวนพันธะไฮโดรเจนระหว่างน้ำลดลง

รหัส

023	คะแนน
011	

เกณฑ์การให้คะแนน ข้อสอบวัดความรู้และการจำแนกหัวข้อการประเมิน
 บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระเหยของของเหลว

ข้อสอบ	น้ำหนักคะแนน	หัวข้อการประเมินความรู้				
		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					

คำอธิบายรหัสการประเมินความรู้

รหัส		หัวข้อการประเมินความรู้
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

ข้อ 1) จากสถานการณ์ การศึกษาเรื่อง “ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระเหยของสาร ” ของจ๊อบแจจและเพื่อนๆ จงระบุสมมติฐาน ของการทดลอง รหัส 023/012		
คะแนนเต็ม (2)	คะแนนบางส่วน (1)	ไม่ได้คะแนน (0)
คำตอบอ้างอิงสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างกัน แต่มีตัวทำละลายบริสุทธิ์ชนิดเดียวกัน • สารละลายที่มีตัวทำละลายชนิดเดียวกัน แต่ความเข้มข้นของสารละลายต่างกัน จะมีอัตราการระเหยต่างกัน • สารละลายที่มีตัวทำละลายบริสุทธิ์ชนิดเดียวกัน มีปริมาณตัวถูกละลาย และตัวละลายต่างกัน จะมีอัตราการระเหยต่างกัน อาจจะไปถึงผลที่เกิด จากความเข้มข้นที่ต่างกัน เช่น สารละลายที่มีตัวทำละลายบริสุทธิ์ชนิดเดียวกัน แต่มีความเข้มข้นต่างกัน สารละลายที่มีความเข้มข้นมากจะมีอัตราการระเหยน้อยกว่า สารละลายที่มีความเข้มข้นน้อย	คำตอบไม่มีการระบุตัวทำละลายเป็นสารชนิดเดียวกัน	คำตอบอื่น ไม่เฉพาะเจาะจง หรือลอกข้อคำถาม หรือ ไม่ตอบ

ข้อ 2) จากการทดลองของจ๊อบแจจ เพื่อศึกษา “ ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระเหยของสาร ” จงระบุตัวแปรจากการศึกษา 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

ข้อ 2.1) ตัวแปรต้น รหัส 021/012		
คะแนนเต็ม (1)	คะแนนบางส่วน (0.5)	ไม่ได้คะแนน (0)
สารละลายน้ำหวานสีแดงที่มีความเข้มข้นต่างกัน หรือ สารละลายน้ำหวานสีแดง 2 ความเข้มข้น หรือ สารละลายน้ำหวานสีแดงความเข้มข้น 20 , 20 และ 40 %v/v คำตอบอ้างอิงการใช้สารละลายน้ำหวาน Hale's Blue Boy ที่มีความเข้มข้นต่างกัน หรือ ระบุการใช้สารละลายน้ำหวาน Hale's Blue Boy 2 ความเข้มข้น	คำตอบสารละลายน้ำหวานสีแดง 3 ความเข้มข้น เพราะสารละลายน้ำหวานสีแดงขวดที่ 1 และ 2 มีความเข้มข้นเท่ากัน	คำตอบอื่น ไม่เฉพาะเจาะจง หรือลอกข้อคำถามหรือ ไม่ตอบ

ข้อ 2.2) น้ำหนักคะแนน 1 คะแนน

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

สมรรถนะวิทยาศาสตร์ : การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์

การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ : การรู้เรื่องเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ลักษณะของข้อสอบ : เขียนตอบแบบสั้น/ปิด

การให้คะแนน แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ คะแนนเต็ม คะแนนบางส่วน และ ไม่ได้คะแนน

ข้อ 2.2) ตัวแปรควบคุม รหัส 021/012		
คะแนนเต็ม (1)	คะแนนบางส่วน (0.5)	ไม่ได้คะแนน (0)
คำตอบระบุตัวแปร 1.ปริมาตรสารละลายน้ำหวานสีแดง 2.อุณหภูมิ 3.เวลา 4.ขนาดขวดรูปกรวย 5.ความเข้มข้นสัมพัทธ์ และ 6.เครื่องชั่งสาร โดยมีตัวแปรควบคุมครบทุก 6 แปร และอาจมีเพิ่มเติม เช่น ผู้ทำการทดลอง , อ่างควบคุมอุณหภูมิ หรือคำอื่นๆที่แสดงถึงปัจจัย ข้างต้น เช่น พื้นที่ผิวสัมผัสใช้แทนขนาดขวดรูปกรวยได้	คำตอบบอกตัวแปรควบคุมมาอย่างน้อย 4 ตัวแปร	คำตอบอื่น ไม่เฉพาะเจาะจง หรือลอกข้อคำถามหรือ ไม่ตอบ

ข้อ 3) จากผลการทดลองของจ๊อบแจง และเพื่อนๆ 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

ข้อ 3.1) อัตราการระเหยของสารละลายน้ำหวานสีแดง สูงสุด รหัส 023/011		
คะแนนเต็ม (1)	คะแนนบางส่วน (0.5)	ไม่ได้คะแนน (0)
คำตอบกล่าวถึง น้ำหวานสีแดง ขวดที่ 1 และ 2 หรือ กล่าวถึงความเข้มข้น 20 %v/v เนื่องจาก มีความเข้มข้นเท่ากัน หรือคำตอบอาจอธิบายถึงอัตราการระเหยเท่ากันคือ 2.0 กรัม / 15 นาที หรือ 0.133 กรัม / นาที	คำตอบกล่าวถึงขวดที่ 1 หรือ ขวดที่ 2 เพียงอย่างเดียว	คำตอบอื่น ไม่เฉพาะเจาะจง หรือลอกข้อคำถาม หรือ ไม่ตอบ

ข้อ 3.2) น้ำหนักคะแนน 1 คะแนน

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

สมรรถนะวิทยาศาสตร์ : การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ทางวิทยาศาสตร์

การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ : การรู้เรื่องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

ลักษณะของข้อสอบ : เขียนตอบแบบสั้น/ปิด

การให้คะแนน แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ คะแนนเต็ม และ ไม่ได้คะแนน

ข้อ 3.2) อัตราการระเหยของสารละลายน้ำหวานสีแดง ต่ำสุด รหัส 023/011	
คะแนนเต็ม (1)	ไม่ได้คะแนน (0)
คำตอบกล่าวถึง น้ำหวานสีแดง ขวดที่ 3 หรือ คำตอบบอกความเข้มข้น 40 %v/v หรือคำตอบอาจอธิบายถึงอัตราการระเหยคือ 1.2 กรัม / 15 นาที หรือ 0.080 กรัม / นาที	คำตอบอื่น ไม่เฉพาะเจาะจง หรือ ลอกข้อคำถาม หรือ ไม่ตอบ

ข้อ 4) น้ำหนักคะแนน 2 คะแนน

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

สมรรถนะวิทยาศาสตร์ : การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ทางวิทยาศาสตร์

การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ : การรู้เรื่องเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ลักษณะของข้อสอบ : เขียนตอบแบบสั้น/ปิด

การให้คะแนน แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ คะแนนเต็ม คะแนนบางส่วน และ ไม่ได้คะแนน

ข้อ 4) จากผลการทดลองของจ๊อบแจง และเพื่อนๆ เพราะเหตุใดอัตราการระเหยของสารละลาย น้ำหวานสีแดง จึงไม่เท่ากัน รหัส 023/012		
คะแนนเต็ม (2)	คะแนนบางส่วน (1)	ไม่ได้คะแนน (0)
คำตอบอธิบายถึงตัวทำละลายบริสุทธิ์ เมื่อ มีตัวละลายในปริมาณที่ต่างกันจะทำให้อัตราการ ระเหยต่างกัน (ความเข้มข้นแตกต่างกันก็ได้) หรือคำตอบอาจอธิบายเหตุผลที่ทำให้สาร ที่มีความเข้มข้นมากมีอัตราการระเหยน้อย เกี่ยวกับเรื่องโมเลกุลและพันธะไฮโดรเจนระหว่าง โมเลกุลของน้ำลดลง	คำตอบไม่อธิบายเรื่องตัว ทำละลายชนิดเดียวกัน	คำตอบอื่น ไม่ เฉพาะเจาะจง หรือลอก ข้อคำถาม หรือ ไม่ตอบ

ข้อ 5) นำหนักคะแนน 2 คะแนน

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

สมรรถนะวิทยาศาสตร์ : การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ทางวิทยาศาสตร์

การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ : การรู้เรื่องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

ลักษณะของข้อสอบ : เขียนตอบแบบสั้น/ปิด

การให้คะแนน แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ คะแนนเต็ม คะแนนบางส่วน และ ไม่ได้คะแนน

ข้อ 5) จงสรุปผลการทดลองของจ๊อบแจงและเพื่อนๆ รหัส 023/011		
คะแนนเต็ม (2)	คะแนนบางส่วน (1)	ไม่ได้คะแนน (0)
คำตอบอธิบายเกี่ยวกับความเข้มข้น คือ ปัจจัยที่ทำให้สารมีอัตราการระเหยที่แตกต่างกัน หรือ คำตอบอธิบายว่าสารละลายที่มีความ เข้มข้นมากจะมีอัตราการระเหยน้อย หรือสารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยจะมี อัตราการระเหยมาก	คำตอบอธิบายตัวเลขจาก การทดลอง แต่ไม่อธิบายว่า ความเข้มข้นมีผลต่ออัตราการ ระเหย	คำตอบอื่น ไม่ เฉพาะเจาะจง หรือลอก ข้อคำถาม หรือ ไม่ตอบ

บรรณานุกรม

กนกศักดิ์ ทองตั้ง. เทคนิคบางประการในการจัดการประเมินผลภาคปฏิบัติ วิชาวิทยาศาสตร์.

กรุงเทพฯ:สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2536.

กระทรวงศึกษาธิการ.เคมี เล่ม 1.กรุงเทพฯ:องค์การคำ สกสค , 2554.

กานต์วิ ใจงาม. การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง การผลิตก๊าซโซลล์จากพืชในท้องถิ่น. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา).

กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2545. ถ่ายเอกสาร

ขรรค์ชัย คงเสนห์. ทักษะพิสัย:การจัดการปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ:

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2537.

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ตัวอย่างการ

ประเมินผลการวิเคราะห์นานาชาติ : PISA และ TIMSS. กรุงเทพฯ : อรุณการพิมพ์, 2551

จิรพรรณ ทะเขียว. การเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์

วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ :

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2543. ถ่ายเอกสาร.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. สื่อการสอนกับนักเรียนมัธยมศึกษา. เอกสารประกอบการสอนชุดวิชาสื่อการสอน

ระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคลสามเจริญพานิช, 2525.

ทบวงมหาวิทยาลัย. เคมี เล่ม 1. กรุงเทพฯ ฯ: อักษรเจริญทัศน์, 2541.

————. เคมี เล่ม 2. กรุงเทพฯ ฯ: อักษรเจริญทัศน์, 2541.

นิพนธ์ ดังคณานุรักษ์และคณิดา ดังคณานุรักษ์. คู่มือเคมี เล่ม 2 ว 036. กรุงเทพฯ ฯ. สำนักพิมพ์แม็ค

จำกัด, มปป.

บุญชม ศรีสะอาด. การพัฒนาการสอน. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์, 2537.

พรยมล บัวศิริ. การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียน

ช่วงชั้นที่ 3. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2546. ถ่ายเอกสาร.

ไมตรี ศรีชะภูมิ และรัชนีนารด จารุอดุลย์. แนวการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็น

ศูนย์กลาง. อุบลราชธานี: อุบลยงสวัสดิ์คือฟเซท, 2539.

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

ศึกษาธิการ, กระทรวง. สำนักงานทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ. การวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อพัฒนา

การเรียนรู้การสอน. เอกสารอำนวยการประกอบการประชุมปฏิบัติการพัฒนาแบบวัดมาตรฐาน
เพื่อประเมินคุณภาพทางการศึกษา ระดับภูมิภาค, 2540.

- คู่มือการสร้างเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติวิชาชีพวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ:
โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2539.
- หลักการเขียนข้อสอบ. เอกสารอำนวยการประกอบการประชุมปฏิบัติการพัฒนา
แบบวัดมาตรฐาน เพื่อประเมินคุณภาพทางการศึกษา ระดับภูมิภาค, 2540.