

THE LIBRARY
COLLEGE OF EDUCATION
BANGKOK, THAILAND

การสร้างและทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมสอนวิชาเคมีในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ปริญญานิพนธ์

(เปิดทดลอง)

ของ

บรรชา รัตนวัย

เสนอต่อวิทยาลัยวิชาการศึกษา
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

4 ธันวาคม 2516

การสร้างและทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมสอนวิชาเคมีในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔

บทคัดย่อ

ของ

บรรชา รัตนวัย

เสนอต่อวิทยาลัยวิชาการศึกษา

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

๔ ธันวาคม ๒๕๖๖

การสร้างและทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมสอนวิชาเคมีในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีความมุ่งหมายที่จะสร้างแบบเรียนโปรแกรมวิชาเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และทดสอบแบบเรียนที่สร้างขึ้นโดยนำไปทดลองใช้สอนเปรียบเทียบกับการสอนโดยวิธีปกติ นอกจากนี้ก็เพื่อเผยแพร่การสอนแบบโปรแกรม

เนื้อหาวิชาที่นำมาสร้างเป็นแบบเรียนโปรแกรมเป็นเนื้อหาวิชาเคมีตามหลักสูตรใหม่ ซึ่งได้ปรับปรุงโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เฉพาะเนื้อหาเรื่อง "สสารและพลังงาน" อันเป็นบทนำนักเรียนเข้าสู่การศึกษาวិชาเคมี โปรแกรมที่สร้างขึ้นเป็นโปรแกรมแบบตรง ชนิดที่นักเรียนสร้างคำตอบเอง พร้อมทั้งมีการปฏิบัติการควบคู่ไปกับการทดลองแบบเรียนโปรแกรมครั้งแรกทำการทดสอบแบบ "หนึ่งคู่หนึ่ง" ครั้งที่สองทดสอบแบบ "กลุ่มเล็ก" สำหรับการทดสอบภาคสนามดำเนินการพร้อมกับการทดลองสอนเปรียบเทียบการสอนแบบโปรแกรมกับการสอนโดยวิธีปกติ แบบเรียนโปรแกรมที่จะใช้ทดลองสอนประกอบด้วยกรวยจำนวน 460 กรวย และมีการทดลองรวมอยู่ 14 การทดลอง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประจำปีการศึกษา 2516 กลุ่มทดลองเป็นนักเรียนโรงเรียนสมาคมโรงเรียนราษฎร์ จำนวน 40 คน สอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม กลุ่มควบคุมเป็นนักเรียนโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย จำนวน 43 คน สอนโดยวิธีปกติ นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีผลการเรียนจากชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ใกล้เคียงกัน และจากผลการทดสอบครั้งแรกก็ปรากฏว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มมีความรู้ในวิชาเคมีไม่แตกต่างกัน การทดลองได้กระทำในภาคเรียนที่หนึ่ง ปีการศึกษา 2516 ใช้เวลา 6 สัปดาห์ แล้วทำการทดสอบครั้งหลัง เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบครั้งหลัง โดยใช้คะแนนเฉลี่ย และ t -test ปรากฏว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการเปรียบเทียบผลการทดสอบครั้งแรกกับครั้งหลัง ปรากฏว่าทั้งนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น แบบเรียนโปรแกรมที่สร้างขึ้นมีอัตราความผิดพลาดเฉลี่ย 2.46 % อยู่ในราว 0.22 - 8.48 % การสอนแบบโปรแกรมครั้งนี้ใช้จำนวนชั่วโมงสอนมากกว่าการสอนโดยวิธีปกติ แบบเรียนโปรแกรมสามารถสอนให้นักเรียน

เรียน ทำการทดลอง และเขียนรายงานได้ จากการหาจำนวนร้อยละของผู้บริโภคในแต่ละ
กรรม และข้อมูลที่ไ้จากการสังเกต พบว่ามีบางส่วนของผู้เรียนโปรแกรมจะต้องได้รับการ
ปรับปรุงเพิ่มเติม

THE CONSTRUCTION AND EXPERIMENTATION TO USE
THE PROGRAMMED TEXTBOOK FOR TEACHING
CHEMISTRY IN MADHAYOM SUKSA IV.

ABSTRACT

BY

BANCHA RATTANAWAI

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education Degree
the College of Education

December 4, 1973.

The Construction and Experimentation to Use the Programmed Textbook for Teaching Chemistry in Madhayom Suksa 4

The purpose of this study was to construct the programmed text in chemistry for upper secondary school, and to evaluate the programme by comparing with the teaching by conventional method. Furthermore, it was aimed to develop a programmed text as one of the devices in teaching.

The subject developed was selected from the new chemistry curriculum by the Institute for the Promotion of the Teaching of Science and Technology, under the title "matter and energy". The programmed was linear-type, with laboratory experiments integrated through the programmed. The trial and revision of the programmed was carried out as follow: the first was "one to one testing", and the second was "small group testing". The final version of the programme consisted of 460 frames, and 14 laboratory experiments.

The subjects for experimentation comprised of eighty three students in M S 4 during the academic year 1973. Forty students of Samakomrong-reanrathra school were the experimental group, and forty three students of Samsenvithayalai school were the control group. These groups were matched as to their ability by using the M.S. 3 examination results, and the pre-test scores as the criterion. The experimental group studied by themselves from the programmed text, and the control group was taught by the conventional method. The experiment was carried out during the first quarter of the academic year 1973, and it was completed after six weeks at the end of which an achievement test was given.

The analysis of the post-test data, using mean scores and t-test, showed that there was no significant difference of the two groups in their achievements. The analysis between the pre-test and post-test showed that both groups were significantly higher in achievement. The mean error-rate of the programme was 2.46 %, ranging between 0.22 and 8.48 %. The time required by programme was a few periods greater than by conventional method. From the determination of the percentage error for each frame and the observation records, it was found that some parts of the programme have to be further revised to reduce errors.

งานวิจัยครั้งนี้ ได้รับทุนในด้านการพิมพ์ ทั้งแบบ ระเบียบโปรแกรมที่ใช้ทดลอง
และปริณิธานิพนธ์ รวมถึงอุปกรณ์การสอนต่าง ๆ จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี โดยการช่วยเหลือของอาจารย์ ดร. นิกา สะเพียรชัย

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิตของวิทยาลัย วิชาการศึกษาได้

ผศ. ศ. เกียรติยศ ประธาน

ผศ. อังกร ธรรมการ กรรมการ

ดร. วิเศษ ธรรมการ กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์เรื่องนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดีก็เนื่องจากผู้เขียนได้รับคำแนะนำและการช่วยเหลือจาก อาจารย์ ดร.นิตา สะเพียรชัย อาจารย์อังคณา ศายยศ และอาจารย์วนิดา อัครปรีดี จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่กรุณาให้ทุนและให้ยืมอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อใช้ในการวิจัย ขอขอบพระคุณอาจารย์ใหญ่โรงเรียนสมาคมโรงเรียนราษฎร์ อาจารย์ใหญ่โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย และอาจารย์สวัสดิ์ ศรีพิพัฒน์ ที่กรุณาช่วยเหลือเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่าง ขอขอบพระคุณอาจารย์ชงชัย จิวปรีชา ที่กรุณาช่วยเหลือแนะนำในด้านการสร้างแบบทดสอบ และขอขอบคุณนักเรียนชั้น ม.ศ. 4 โรงเรียนสมาคมโรงเรียนราษฎร์ และโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย ที่ได้ให้ความร่วมมือในการทดลองเป็นอย่างดี

บรรชา รัตนวัย

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
- ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการศึกษากันควา	3
ความสำคัญของการศึกษาคนควา	3
ขอบเขตของการศึกษาคนควา	4
สมมุติฐานของการศึกษาคนควา	4
คำจำกัดความและศัพท์เฉพาะ	5
2 เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
ลักษณะของการสอนแบบโปรแกรม	7
- แบบของโปรแกรม	8
การประเมินคุณค่าของโปรแกรม	10
การสอนแบบโปรแกรมในวิชาเคมี	10
การเปรียบเทียบการสอนแบบโปรแกรมกับการสอนโดยวิธีปกติ	14
การเปรียบเทียบการสอนแบบโปรแกรมกับการสอนโดยวิธีอื่น ๆ	17
การสอนแบบโปรแกรมในประเทศไทย	18
3 วิธีดำเนินการ	20
กลุ่มตัวอย่าง	20
เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล	21
วิธีการรวบรวมข้อมูล	25
การจัดกระทำกับข้อมูล	26
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	27

บทที่	หน้า
4 การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการทดลอง	29
การเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบครั้งแรก	29
การเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบครั้งแรกกับคะแนนการทดสอบครั้งหลัง	30
การเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบครั้งหลัง	31
การหาอัตราความผิดพลาดของแบบเรียนโปรแกรม	32
ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตขณะที่นักเรียนเรียนจากโปรแกรม	33
สิ่งที่จะต้องปรับปรุงในแบบเรียนโปรแกรมหลังจากการทดลอง	35
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	36
ความมุ่งหมายของการวิจัย	36
สมมุติฐานของการวิจัย	36
สรุปผลการวิจัย	38
อภิปรายผล	38
ข้อเสนอแนะ	41
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก	49
ภาคผนวก ก.	49
ภาคผนวก ข.	56
ภาคผนวก ค.	69

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามเพศ	20
2 คำนัยสำคัญของคะแนนวิชาเคมีก่อนการเรียนรู้ของนักเรียน ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	21
3 คำนัยสำคัญของคะแนนวิชาเคมีก่อนการเรียนรู้ของนักเรียน ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	30
4 คำนัยสำคัญของคะแนนการทดสอบครั้งแรกกับคะแนนการทดสอบ ครั้งหลัง ของนักเรียนในกลุ่มทดลอง	30
5 คำนัยสำคัญของคะแนนการทดสอบครั้งแรกกับคะแนนการทดสอบ ครั้งหลัง ของนักเรียนในกลุ่มควบคุม	31
6 คำนัยสำคัญของคะแนนการทดสอบครั้งหลังระหว่างนักเรียน ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	32
7 แสดงจำนวนชั่วโมงที่ใช้สอนในเนื้อหาแต่ละตอนของบทเรียน	34

ภูมิหลัง

การจัดการศึกษาในปัจจุบันต้องประสบกับปัญหาต่าง ๆ มากมาย เป็นต้นว่า การเพิ่มจำนวนของประชากรอย่างรวดเร็ว จำนวนครูไม่พอเพียง งบประมาณทางการศึกษามีจำนวนจำกัด ความต้องการการศึกษาในชั้นสูงเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วทางวิทยาการต่าง ๆ (Hartley, 1972 : 1) ทำให้เราจำเป็นต้องนำเทคโนโลยีและแนวคิดใหม่ ๆ มาช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ ทั้งยังจะช่วยปรับปรุงการจัดการศึกษาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

การสอนแบบโปรแกรม (Programmed Instruction) จัดเป็นเทคโนโลยีอย่างหนึ่งในทางการศึกษา เป็นการสอนแบบใหม่ซึ่งอาจช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ เช่น อาจช่วยสอนแรงครู และสอนนักเรียนได้คราวละมาก ๆ ทำให้นักเรียนมีโอกาสเรียนกันได้มากขึ้นโดยไม่ต้องเพิ่มจำนวนครูมากนัก นอกจากนี้ยังอาจช่วยปรับปรุงคุณภาพของการสอนให้ดียิ่งขึ้น ดังที่สมิธ (Smith, 1962 : v) กล่าวว่า การสอนแบบโปรแกรมนับว่าเป็นเทคนิคใหม่ทางการศึกษาอันเป็นความพยายามของนักการศึกษาที่จะพัฒนาและปรับปรุงการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและกำลังมีบทบาทมากในวงการศึกษาระดับโลกปัจจุบัน

การสอนแบบโปรแกรม เป็นการสอนแบบเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนด้วยตนเองเป็นส่วนใหญ่ โปรแกรมจะจัดประสบการณ์และกิจกรรมให้นักเรียนแต่ละคนได้ทำเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ นักเรียนแต่ละคนเรียนรู้ได้เร็วช้าไปตามความสามารถของตน ดังนั้นการสอนแบบนี้จึงคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล นอกจากนี้การสอนแบบโปรแกรมจัดว่าเป็นระบบการสื่อสารความหมายสองทาง (Two-way communication system) (Hartley, 1972 : 12) ซึ่งมีการติดต่อโดยตรงระหว่างผู้สื่อความหมายและผู้รับ จึงทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นและได้มีส่วนร่วมในการเรียนตลอดเวลา

ในการสอนแบบโปรแกรมนี้นี้ เนื้อหาภายในโปรแกรมจะถูกแตกออกเป็นชั้นเล็ก ๆ เรียกว่ากรอบ (frame) แต่ละกรอบจะมีคำถามให้นักเรียนตอบ เมื่อตอบเสร็จแล้วก็จะมีการเฉลยคำตอบไว้ด้วย เพื่อให้ นักเรียนได้เปรียบเทียบกับคำตอบของตน แล้วจึงก้าว

ไปสู่กรอบต่อไป ซึ่งเนื้อหาภายในแต่ละกรอบจะเรียงลำดับต่อเนื่องกันไปเสมอ โปรแกรมที่สอนนักเรียนนี้แบ่งเป็นสองแบบตามวิธีการที่จะนำเสนอให้นักเรียน คือ แบบที่ใช้กับเครื่องสอน (Teaching Machine) และแบบที่อยู่ในรูปของหนังสือเรียกว่าแบบเรียนโปรแกรม (Programmed Textbook) การสอนแบบโปรแกรมนี้อาจใช้เป็นการสอนในชั่วโมงเรียนโดยตรง ใช้สำหรับเตรียมตัวนักเรียนล่วงหน้า หรือใช้สำหรับช่วยเหลือนักเรียนที่เรียนไม่ทันนักเรียนส่วนใหญ่ก็ได้

✓วิชาเคมีเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้จัดให้มีการเรียนตั้งแต่ในโรงเรียนจนถึงมหาวิทยาลัยก็ด้วยจุดมุ่งหมายหลายประการ (Toban, 1967 : 54) เช่น เพื่อให้นักเรียนได้มีพื้นฐานในวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้ดำรงชีวิตอยู่ในโลกแห่งวิทยาศาสตร์สมัยใหม่นี้ด้วยดี และจะคอยช่วยกันป้องกันปัญหาต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในสังคมอันเนื่องมาจากผลผลิตของวิทยาศาสตร์ ประการต่อไปก็เพื่อให้ผู้เรียนมีพื้นฐานในวิชาเคมีพอที่จะไปศึกษาในวิชาชีพเฉพาะของตนซึ่งต้องใช้วิชาเคมีเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ประการสุดท้ายก็เพื่อฝึกผู้ที่จะเป็นนักเคมีในภายหน้าให้มีความรู้ความสามารถพอเพียง แต่การสอนวิชาเคมีเท่าที่นานมาปรากฏว่าไม่บรรลุจุดมุ่งหมายที่กล่าวแล้วเท่าที่ควร ส่วนใหญ่จะเน้นหนักแต่ในด้านความรู้ข้อเท็จจริง (factual knowledge) เท่านั้น (Ibid) ดังนั้นจึงได้มีการเคลื่อนไหวเพื่อที่จะปรับปรุงการสอนวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1959 เป็นต้นมา (นิตา สะเพียรชัย , 2511 : 1) ในสหรัฐอเมริกาได้ตั้งโครงการ CBA (Chemical Bond Approach) และ Chem study ในอังกฤษก็มีโครงการ Nuffield Foundation Project ส่วนทางเอเชียประเทศญี่ปุ่นก็ได้ตั้งโครงการ ABC โครงการเหล่านี้ตั้งขึ้นเพื่อปรับปรุงการสอนเคมีในระดับมัธยมให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยเน้นหนักไปในทางการทดลอง (Experimental Approach)

สำหรับประเทศไทย นับตั้งแต่มี UNESCO Pilot Project for Chemistry Teaching เริ่มมาดำเนินการในประเทศไทย ก็ได้มีการเคลื่อนไหวในการที่จะปรับปรุงการสอนวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมากขึ้น มีการส่งมอบสอนเคมีทุกระดับ ทำให้มองเห็นความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงหลักสูตร เนื้อหา วิธีสอน และวิธีการวัดผลเสียใหม่ เพื่อให้เห็นต่อเหตุการณ์ปัจจุบันและสอดคล้องกับความเจริญก้าวหน้าทางวิชาการของวิชาเคมี (นิตา สะเพียรชัย , 2514 : 1) ต่อมาก็ได้มีสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยีดำเนินงานด้านปรับปรุงการสอนวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ พ.ศ. 2514 เป็นต้นมา และขณะนี้ (2516) สถาบันฯ ใ้ค่นำหลักสูตรวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้ปรับปรุงขึ้นออกฯทดลองใช้

ในการสอนวิชาเคมี ถ้าเนื้อหาหรือหลักการเบื้องต้นที่จะน่านักเรียนเข้าสู่วิชาเคมีได้แตกออกเป็นขั้นเล็ก ๆ และเรียงลำดับต่อเนื่องกันไปให้ง่ายแก่การเข้าใจและง่ายต่อการสร้างสั้กับ มีการทดลองควบคู่กันไปเพื่อน่านักเรียนไปสู่การแก้ปัญหา การค้นพบ และสรุปกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ด้วยตนเอง มีการส่งเสริมให้กำลังใจและเป็นไปตามความสามารถของแต่ละบุคคลรวมทั้งนักเรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนการสอนตลอดเวลา ซึ่งสิ่งเหล่านี้ การสอนแบบโปรแกรมที่ควบคู่ไปกับการทดลองน่าจะช่วยให้จัดให้นักเรียนได้ ถ้าเป็นดังนี้ก็จะทำให้ผลของการเรียนการสอนดียิ่งขึ้น

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้เลือกการสร้างแบบเรียนโปรแกรมในวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้เนื้อหาในหลักสูตรวิชาเคมีที่ทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ปรับปรุงขึ้น แล้วนำแบบเรียนโปรแกรมที่ได้สร้างขึ้นให้ทดลองสอนเปรียบเทียบกับการสอนโดยวิธีปกติ ซึ่งถ้าได้ผลดีก็จะได้นำไปใช้เพื่อเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่จะช่วยในด้านการสอนวิชาเคมีต่อไป

ความมุ่งหมายในการศึกษาครั้งนี้

1. เพื่อสร้างแบบเรียนโปรแกรมวิชาเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง "สสารและพลังงาน"
2. เพื่อทดสอบแบบเรียนโปรแกรมที่สร้างขึ้น
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาเคมี เมื่อใช้วิธีสอนแบบโปรแกรมกับวิธีสอนตามปกติ

ความสำคัญของการศึกษาครั้งนี้

1. ผลจากการศึกษาครั้งนี้เรื่องนี้ จะทำให้เกิดแบบเรียนโปรแกรมเรื่อง "สสารและพลังงาน" สำหรับใช้ประกอบการสอนวิชาเคมีในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. ผลของการศึกษาครั้งนี้ จะทำให้ทราบว่าแบบเรียนโปรแกรมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเพียงใด

3. ผลของการศึกษาค้นคว้า เป็นการตรวจสอบคุณภาพของวิธีสอนแบบโปรแกรมว่าให้ผลดีต่อการสอนวิชาเคมีเพียงใด

4. การศึกษาค้นคว้าเรื่องนี้ เป็นการเผยแพร่วิธีการสร้างและการใช้แบบเรียนโปรแกรมในการเรียนการสอนโดยทั่วไป

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. เนื้อหาที่ใช้สร้างแบบเรียนโปรแกรมและเนื้อหาที่ใช้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นเนื้อหาวิชาเคมีตามหลักสูตรใหม่ เฉพาะเรื่อง 'สสารและพลังงาน'

2. กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประจำปีการศึกษา 2516 ซึ่งแบ่งเป็นสองกลุ่ม คือ

- กลุ่มทดลอง เป็นนักเรียนโรงเรียนสมาคมโรงเรียนราษฎร์ จำนวน 40 คน สอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม ผู้วิจัยเป็นผู้สอน

- กลุ่มควบคุม เป็นนักเรียนโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย จำนวน 43 คน สอนโดยวิธีปกติ มีอาจารย์วิชาเคมีของโรงเรียนเป็นผู้สอน

3. ระยะเวลาที่ทำการสอน คือภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2516

4. การประเมินประสิทธิภาพของแบบเรียนโปรแกรมที่สร้างขึ้น ใช้เกณฑ์ต่อไปนี้สำหรับพิจารณา

- ผลการทดสอบครั้งหลัง (post-test) เปรียบเทียบกับผลการทดสอบครั้งแรก (pre-test) เฉพาะกลุ่มทดลอง

- ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองเปรียบเทียบกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มควบคุม

- อัตราความผิดพลาด (error-rate)

สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

1. ผลจากการทดสอบครั้งหลังทั้งของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมน่าจะสูงกว่าผลการทดสอบครั้งแรก

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองน่าจะสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มควบคุม

คำจำกัดความและศัพท์เฉพาะ

1. แบบเรียนโปรแกรม หมายถึงแบบเรียนโปรแกรมวิชาเคมี เรื่อง "สสารและพลังงาน" ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น
2. นักเรียน หมายถึงนักเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง
3. ครู หมายถึงผู้วิจัย และอาจารย์ที่สอนกลุ่มควบคุม
4. วิธีสอนตามปกติ คือการสอนของอาจารย์ที่สอนวิชาเคมีในกลุ่มควบคุม ไม่ใช่แบบเรียนโปรแกรม แต่ใช้คู่มือครูและเนื้อหาเดียวกันกับผู้วิจัยนำมาสร้างเป็นแบบเรียนโปรแกรม
5. วิธีสอนแบบโปรแกรม คือการสอนของผู้วิจัยต่อกลุ่มทดลอง สอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม นักเรียนเรียนด้วยตนเอง

เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เป็นที่ยอมรับกันว่าการสอนแบบโปรแกรมมีจุดเริ่มต้นมาจากการประดิษฐ์เครื่องสอนของศาสตราจารย์เพรสซี (Sydney L. pressey) แห่งมหาวิทยาลัยโอไฮโอ (Ohio State University) ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 1920 พร้อมทั้งได้เขียนบทความเกี่ยวกับเครื่องสอนของเขาลงในวารสาร ชื่อ School and Society ใน ค.ศ. 1926 (Fry, 1963 : 17) แต่เครื่องสอนของเพรสซีนีไม่เหมือนกับเครื่องสอนสมัยปัจจุบัน คือ คล้ายกับเครื่องมือสำหรับทดสอบนักเรียนซึ่งสามารถตรวจคำตอบและให้คะแนนได้ เนื่องจากสมัยนั้นคนทั่วไปยังไม่เคยเห็นความจำเป็นของเครื่องสอน จึงไม่พัฒนาไปเท่าที่ควร (Sam and Epstein, 1961 : 35) หลังจากนั้นมาราว 30 ปี นักจิตวิทยาได้ค้นพบทฤษฎีการเรียนรู้ใหม่ ๆ เช่น สกินเนอร์ (B.F. Skinner) แห่งมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด (Harvard University) ได้นำหลักการเรียนรู้ที่ค้นพบมาทดลองใช้กับเครื่องสอนที่เขาประดิษฐ์ขึ้น ทำให้เกิดหลักการเขียนโปรแกรมแบบที่ผู้เรียนสร้างคำตอบเอง และมีการประดิษฐ์เครื่องสอนแบบใหม่ขึ้น หลังจากที่เขาได้เขียนบทความ ชื่อ "The Science of Learning and the Art of Teaching" ลงในวารสารชื่อ Harvard Educational Review ในปี ค.ศ. 1954 (Smith, 1962 : V) ทำให้การสอนแบบโปรแกรมได้รับความสนใจและแพร่หลายมากขึ้น เครื่องสอนของสกินเนอร์ก็ได้รับการพัฒนาไปสู่แบบต่าง ๆ ที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น มีหลักการเขียนโปรแกรมแบบใหม่ รวมทั้งมีการนำเสนอโปรแกรมในรูปของแบบเรียน ซึ่งเรียกว่าแบบเรียนโปรแกรม มีการนำการเรียนการสอนแบบโปรแกรมไปใช้ ทั้งในระบบการศึกษาและการฝึกหัดบุคคลากรในวงการอุตสาหกรรม ธุรกิจ และในกองทัพ รวมทั้งมีองค์การและสมาคมต่าง ๆ ที่ทำการเผยแพร่และวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนแบบโปรแกรม เช่น National Centre for Programmed Learning ที่มหาวิทยาลัยเบอร์มิงแฮม Association for Programmed Learning ในลอนดอน Center for Programmed Instruction ที่มหาวิทยาลัยโคลัมเบีย และ National Society for Programmed Instruction ที่มหาวิทยาลัย Trinity เป็นต้น (Leith, 1966 ; 135) ปัจจุบันการเรียนการสอนแบบโปรแกรมก็ได้แพร่หลายไปทั่วโลก

ลักษณะของการสอนแบบโปรแกรม

ฟราย (Fry, 1963 : 2) ได้กล่าวถึงลักษณะของการสอนแบบโปรแกรมไว้ดังนี้

1. เนื้อหาวิชาได้ถูกแตกออกเป็นหน่วยเล็ก ๆ เรียกว่ากรอบ (frame) ซึ่งกรอบเหล่านี้มีขนาดแตกต่างกัน ตั้งแต่หนึ่งประโยคจนถึงตอน (paragraph)
2. ภายในแต่ละกรอบจะต้องให้นักเรียนมีการตอบสนอง (response) เช่น ตอบคำถามหรือเติมข้อความลงในช่องว่าง ทำให้นักเรียนแต่ละคนได้มีส่วนร่วมในการเรียนกิจกรรมต่าง ๆ ที่ให้นักเรียนทำก็เพื่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหา
3. นักเรียนได้รับการเสริมแรงแบบตอบกลับทันที (immediate feedback reinforcement) คือจะได้ทราบคำตอบที่ถูกทันที ซึ่งถ้าเขาตอบถูกก็จะเป็นการให้รางวัลหรือเป็นการเสริมแรง แต่ถ้าตอบผิดก็จะไ้แก้ความเข้าใจที่ผิดได้ทันที
4. หน่วยต่าง ๆ ได้ถูกจัดเรียงลำดับต่อเนื่องกันไป เนื่องจากเนื้อหาถูกแตกออกเป็นหน่วยเล็ก ๆ ผู้เขียนโปรแกรมจึงต้องคิดอย่างรอบคอบเกี่ยวกับลำดับขั้นของการเรียนรู้ ผลก็คือทำให้ลำดับขั้นของการนำเสนออย่างแก่การเข้าใจยิ่งขึ้น
5. โปรแกรมบีคักนักเรียนเป็นศูนย์กลาง คือโปรแกรมแต่ละเรื่องที่จะเขียนขึ้นจะต้องได้นำไปทดลองกับนักเรียนจำนวนหนึ่ง เพื่อหาข้อบกพร่องและปรับปรุงส่วนที่เป็นปัญหารวมทั้งเชื่อแน่ว่าสอนนักเรียนได้ผลตามจุดมุ่งหมาย แล้วจึงนำออกใช้
6. โดยปกตินักเรียนมีอิสระที่จะเรียนไปตามอัตราเร็วในการเรียนของตัวเอง ไม่ขึ้นกับคนอื่น

แบบของโปรแกรม

ถ้ายิ่คชนิดของการตอบสนอง แบ่งโปรแกรมได้เป็นสองประเภท คือ แบบที่ผู้เรียนสร้างคำตอบเอง (Constructed-response) และแบบที่มีคำตอบไว้ให้เลือก (Multiple-choice) ซึ่งแบบแรกขึ้นกับความสามารถของนักเรียนที่จะนึกได้ (recall) ส่วนแบบหลังขึ้นกับความสามารถที่จะจำได้ (recognition) แต่ถาแบ่งตามเทคนิคการเรียนโปรแกรม ก็แบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้สองประเภท คือโปรแกรมแบบตรง (Linear) และโปรแกรมแบบสาขา (Branching) โดยปกติแล้วโปรแกรมแบบตรงมักใช้การตอบสนอง

แบบสร้างคำตอบเอง ส่วนโปรแกรมแบบสาขามักใช้การตอบสนองแบบเลือกคำตอบซึ่งมีไว้ให้แล้ว

โปรแกรมแบบตรง (Linear Programme) โปรแกรมแบบนี้พัฒนามาจากผลงานของสกินเนอร์และคูราวมงาน เช่น ฮอลล์แลนด์ (James Holland) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 มีลักษณะดังนี้ (Fry, 1963 : 4)

1. ใช้หน่วยเล็ก ๆ (หรือกรอบ) เฉลี่ยแล้วมีความยาวประมาณสองประโยค
2. ต้องการให้นักเรียนตอบสนองโดยการเขียนคำตอบสั้น ๆ
3. ใช้ชั้นเล็ก ๆ ง่าย ๆ ในการเสนอข้อความรู้
4. โดยทั่วไปแล้วจัดเรียงลำดับแบบเส้นตรง (linear arrangement)

สกินเนอร์และฮอลล์แลนด์เชื่อว่าถ้าให้นักเรียนตอบผิดน้อยจะทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น เพราะการที่นักเรียนตอบถูกเป็นรางวัลหรือการเสริมแรง นั่นคือการที่นักเรียนรู้ว่าเขาตอบถูกจะเป็นการทำให้เขาได้ทำการตอบสนองต่อไปอีก ดังนั้นอัตราความผิดพลาด (error-rate) ควรจะต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ แต่ผู้เขียนโปรแกรมรุ่นหลัง ๆ ที่รับหลักการนี้เชื่อว่าควรจะให้มีความผิดพลาดน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์

สโกลูว์ (Stolurrow, 1961 : 12) ได้กล่าวถึงลักษณะของโปรแกรมแบบตรงว่า โปรแกรมแบบนี้จัดลำดับของกรอบปัญหาให้นักเรียนเป็นแบบตายตัว นักเรียนจะต้องทำตั้งแต่กรอบแรกไปจนถึงกรอบสุดท้ายตามลำดับ ไม่มีการข้ามกรอบใด ๆ เลย ทุก ๆ คนไม่ว่าจะมีระดับสติปัญญาแตกต่างกันอย่างไรก็ต้องทำเหมือนกัน เพราะผู้สร้างโปรแกรมชนิดนี้ถือว่าผู้ที่เรียนจากโปรแกรมแล้วจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทัดเทียมกัน ส่วนความแตกต่างที่จะปรากฏออกมาโดยเฉพาะในเรื่องช่วงเวลาในการเรียน ตัวอย่างของโปรแกรมแบบนี้ซึ่งสร้างขึ้นในรูปของแบบเรียนโปรแกรมในสมัยแรก ๆ คือ แบบเรียนชื่อ "The Analysis of Behavior" ของฮอลล์แลนด์และสกินเนอร์ "English 2600" ของ Blumenthal (Fry, 1963 : 23) ต่อมาก็ได้มีเทคนิคการเขียนโปรแกรมแบบตรงวิธีใหม่ขึ้น เรียกว่า Ruleg system ซึ่งพัฒนาโดย อีวานส์ กดาเซอร์ และโฮมมิ่ง แห่งมหาวิทยาลัยเพิตส์เบิร์ก (Fry, 1963 : 48) มีหลักพื้นฐานเหมือนแบบของสกินเนอร์ แบ่งเนื้อหาทั้งหมดออกเป็นสองพวก คือ (1) กฎที่จะเรียน ใช้ตัวย่อ RUL (2) ตัวอย่างหรือขยายความ ใช้ตัวย่อ EGs เมื่อรวมกันจึงเกิด RULEG system

โปรแกรมแบบสาขา (Branching Programme) โปรแกรมแบบนี้บางที

เรียกว่า Intrinsic Programme หรือ Crowderian Programme พัฒนามาจากผลงานของโครว์เดอร์ (N.A. Crowder) นักจิตวิทยาของกองทัพอากาศสหรัฐ ซึ่งให้ความสำคัญของความแตกต่างทางระดับสติปัญญาในระหว่างผู้เรียนด้วยกัน ฉะนั้นการตอบสนองของผู้เรียนในโปรแกรมจึงใช้แบบเลือกคำตอบ จากการเลือกคำตอบของผู้เรียนนี้แต่ละคนจะก้าวหน้าไปในลักษณะที่แตกต่างกัน ผู้เรียนที่ตอบสนองได้ถูกต้องแสดงว่ามีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนแล้ว ก็อาจจะข้ามกรอบปัญหาบางกรอบที่ไม่จำเป็นสำหรับเขาไปได้ ทำให้ทุนเวลาในการเรียนได้มากยิ่งขึ้น ส่วนผู้ที่ตอบไม่ถูก ซึ่งแสดงว่ายังไม่เข้าใจบทเรียนในกรอบใดกรอบหนึ่งนั้น โปรแกรมก็จะนำเขาไปสู่กรอบปัญหาซึ่งจัดไว้เพื่อชี้แจงว่าทำไมเขาจึงตอบผิด แล้วจึงกลับมาตอบปัญหาในกรอบเดิมให้ถูกต้องเสียก่อนที่จะก้าวไปสู่กรอบปัญหาที่ต้องการต่อไป (Stoluraw, 1961 : 13) ดังนั้นกรอบปัญหาในโปรแกรมแบบสาขาจึงมีสองชนิด คือ กรอบป็นซึ่งเป็นกรอบที่ต้องการสอนเนื้อหานั้น ๆ และกรอบสาขา ซึ่งเป็นกรอบที่ช่วยแก้ไขความเข้าใจของนักเรียนให้ถูกต้อง

โปรแกรมแบบสาขาที่พัฒนามาจากผลงานของโครว์เดอร์นั้น ใช้ได้ทั้งกับเครื่องสอนและในรูปของหนังสือแบบเรียน ถ้าอยู่ในรูปของหนังสือ เรียกว่า Scrambled Books ตัวอย่างเช่น "A Theorem in Number Theory" ของโครว์เดอร์ (Fry, 1963 : 5)

ต่อมาได้มีการสร้างโปรแกรมที่รวมทั้งแบบสร้างคำตอบเอง และแบบสาขาเข้าด้วยกันเรียกว่า Sheffield System ซึ่งพัฒนาโดยแผนกจิตวิทยาของมหาวิทยาลัย Sheffield ซึ่งใช้ได้ทั้งในเครื่องสอนและในรูปของแบบเรียน (Austwick, 1964 : 20)

ในระยะหลัง ๆ การสอนแบบโปรแกรมก็ได้รับการพัฒนาไปสู่แนวทางใหม่ ๆ ขึ้น ผู้เขียนโปรแกรมพยายามที่จะไม่ยึดหลักของโปรแกรมแบบตรงหรือแบบสาขาเป็นเกณฑ์ตายตัวในการเขียน คือเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม การเขียนโปรแกรมมีความโน้มเอียงที่จะใช้วิธีการวิเคราะห์งาน (Task Analysis) เกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ทางหลักจิตวิทยาเป็นเครื่องนำทาง (Leith, 1966 : 97) และแทนที่จะใช้คำภาษากับสัญลักษณ์เท่านั้นในการสอน ก็พยายามรวมกิจกรรมต่าง ๆ ที่จะต้องทำในการเรียนการสอนโดยปกติเข้าเตรียมเป็นบทเรียนในโปรแกรม จึงมีการนำอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ามาใช้ในการนอกจากนี้ก็ได้มีการรวมการทดลองเข้าโปรแกรมด้วย

การประเมินคุณค่าของโปรแกรม

การตัดสินคุณค่าของโปรแกรมเป็นงานที่ยาก ต้องอาศัยการพิจารณาหลายด้าน ประการที่สำคัญก็คือต้องรู้ว่าโปรแกรมสามารถช่วยนักเรียนให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการหรือไม่ ดังที่ เปรื่อง กุมุข (เปรื่อง กุมุข , 2515 : 123) กล่าวไว้ว่าสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งของการสอนแบบโปรแกรมก็คือ โปรแกรมที่สร้างขึ้นนั้นเขาสร้างด้วยจุดมุ่งหมายที่เฉพาะเจาะจง ดังนั้นก็ต้องดูว่าจุดมุ่งหมายต่าง ๆ เหล่านั้นนักเรียนสามารถทำให้บรรลุไปได้เพียงใดหรือไม่ ก็ต้องมีการทดสอบกัน ซึ่งทำได้โดยการนำข้อสอบที่สามารถวัดนักเรียนตามจุดมุ่งหมายไปทดสอบนักเรียนหลังจากที่เรียนจบแล้ว นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสิน

นอกจากผลการทดสอบแล้วผู้ที่นำโปรแกรมไปใช้ก็ต้องพิจารณารายละเอียดอื่น ๆ ของโปรแกรมด้วย ซึ่งสิ่งเหล่านี้ผู้สร้างโปรแกรมจะต้องแสดงไว้คู่กับโปรแกรม เช่น ความมุ่งหมายและเนื้อหาของโปรแกรม โปรแกรมที่สร้างขึ้นเหมาะกับใคร เทคนิคการเขียน และแบบของการตอบสนองต้องใช้เครื่องมืออะไรบ้างประกอบการเรียน ใช้ครูสอนด้วยหรือไม่ ใช้สำหรับสอนในช่วงเวลาเรียนโดยตรงหรือใช้สำหรับให้นักเรียนไปเรียนที่บ้าน ผลการทดลองใช้โปรแกรมได้ผลอย่างไร เกี่ยวกับ เวลา ความสนใจของนักเรียน และอัตราความผิดพลาด (error-rate) เป็นต้น

การสอนแบบโปรแกรมในวิชาเคมี

มีความเคลื่อนไหวเกี่ยวกับการสอนแบบโปรแกรมในวิชาเคมีตั้งแต่ปี ค.ศ. 1959 เมื่อ เจย์ (Jesse H. Day) ได้เขียนบทความเรื่อง "Theaching Machine" เสนอต่อ Division of Chemical Education ในการประชุมครั้งที่ 135 ของ American Chemical Society (Day, 1959 : 591) บทความเรื่องนี้ได้อธิบายเรื่องราวเกี่ยวกับเครื่องสอนและโปรแกรม และได้กล่าวถึงการทดลองสอนแบบโปรแกรมของเขาด้วย ในระยะที่การสอนแบบโปรแกรมกำลังแพร่หลายออกไปนี้ ทางมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกา ก็มีโครงการขึ้น เช่น Earlham Project เป็นโครงการ 3 ปีที่จะทดลองใช้การสอนแบบโปรแกรม ในวิชา ภาษาอังกฤษ ภาษารัสเซีย ภาษาสเปน พันธุศาสตร์ และสถิติ และโครงการต่อมา คอวิชา เคมี คนตรี และจิตวิทยา ที่ Hamilton College ก็มีโครงการทดลองใช้การสอนแบบโปรแกรม ซึ่งเมื่อเริ่มโครงการได้สองปี ก็ปรากฏว่าครอบคลุมไปหลายสาขา

วิชา (Ibid) ต่อมาใน ค.ศ. 1961 ยัง (Jay A. Young) แห่ง King's College ได้เขียนบทความเรื่อง "Programmed Instruction in Chemistry" (Young, 1961 : 463) เพื่อส่งเสริมให้ครูที่สอนวิชาเคมีได้สร้างโปรแกรม และนำไปใช้ให้แพร่หลาย จากการสำรวจของฟราย (Fry, 1963 : 115) ในสหรัฐอเมริกา ค.ศ. 1961 พบว่าได้มีการสร้างโปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์มากที่สุด รองลงมาคือวิชาภาษาอังกฤษและจิตวิทยา ส่วนโปรแกรมวิชาเคมีมีเพียง 3 เล่ม ซึ่งตรงกับคำกล่าวของเดย์ว่าในขณะนี้โปรแกรมวิชาเคมียังมีน้อย (Day, 1962 : 50) ต่อมาใน ค.ศ. 1962 ในการประชุมของ American Chemical Society ที่ Atlantic City รัฐนิวเจอร์ซีย์ ก็ได้มีการอภิปรายเกี่ยวกับการสอนแบบโปรแกรมขึ้นอีก (J. Chem. Educ., 1962 : 11) มีการเสนอบทความและผลการทดลองเกี่ยวกับการสอนแบบโปรแกรมหลายเรื่อง หลังจากนั้นมาก็ได้มีการทดลอง วิจัย เกี่ยวกับการสอนแบบโปรแกรมในวิชาเคมีเพิ่มขึ้น สำหรับในประเทศอังกฤษในปี ค.ศ. 1966 ก็มีหนังสือชื่อ "Programmes in Print 1966" ของสมาคม Association for Programmed Learning ซึ่งได้รวบรวมรายชื่อของโปรแกรมที่มีอยู่กว่า 1200 ชุด ซึ่งในจำนวนนี้เป็นโปรแกรมวิชาเคมีประมาณ 56 ชุด (Tobin, 1967 : 52) นอกจากนี้ ในการประชุมของ The Royal Institute of Chemistry ที่ Oxford ใน ค.ศ. 1966 ก็ได้มีการอภิปรายเกี่ยวกับการสอนแบบโปรแกรมในวิชาเคมีด้วย (Farago, 1967 : 41) ในระยะเดียวกันนี้ ทาง Unesco Pilot Project for Chemistry Teaching in Asia ซึ่งเริ่มมาดำเนินการในประเทศไทย ก็ได้สร้างแบบเรียนโปรแกรมขึ้นหนึ่งเล่ม เป็นแบบเรียนโปรแกรมวิชาเคมี เรื่อง "Introduction to Chemical Reactions" (The Unesco Pilot Project for Chemistry Teaching in Asia, 1965 - 1966) สร้างขึ้นเพื่อให้นักเรียนใช้เรียนและทำการทดลองด้วยตนเอง

เพาเวลล์ (Powell, 1963 : 23) ได้สร้างแบบเรียนโปรแกรมแบบตรงเรื่อง การคำนวณน้ำหนักโมเลกุล แล้วใช้สอนนักเรียนที่เรียนวิชาเคมีในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ Niskayana High School กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่มีอายุแตกต่างกันระหว่าง 14 - 18 ปี ซึ่งเรียนอยู่ในชั้นเดียวกันพบว่า

3. นักเรียนพอใจที่จะเรียนจากโปรแกรม

ผู้วิจัยได้ให้ข้อคิดเห็นว่า ผลในข้อ 1 นั้นแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของนักเรียนแต่ละคนเกี่ยวกับอัตราเร็วในการอ่านความสามารถทางคณิตศาสตร์และแบบของการเรียน ส่วนผลในข้อ 2 ที่ว่านักเรียนเข้าใจเนื้อหาดียิ่งขึ้นเป็นเพราะนักเรียนก้าวไป ความขั้นเล็ก ๆ และเรียงลำดับความเป็นเหตุเป็นผลต่อเนื่องกันไป และเนื่องจากโปรแกรม ได้ฝึกให้นักเรียนแก้ปัญหาต่าง ๆ จึงทำให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นในหลักและวิธีการ ส่วน ผลในข้อ 3 นั้นเป็นเพราะโปรแกรมดึงดูดความสนใจของนักเรียน

รีอูชและคาร์เนล (Reusch and Carnell, 1963 : 27) ได้สร้างแบบเรียน โปรแกรมวิชาเคมีในเรื่อง กฎการสมดุลเคมี การเปลี่ยนสมดุลและการคำนวณเกี่ยวกับ สมดุล และได้ปรับปรุงจนมีอัตราความผิดพลาด น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปทดลอง ใช้นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ของมหาวิทยาลัยมิชิแกน ซึ่งมีพื้นฐานความรู้วิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลายแตกต่างกันมาก แล้วสอบถามความคิดเห็น ผลก็คือนักเรียนรู้สึกว่าการสอนแบบ โปรแกรมในเรื่องนี้เป็นการสอนที่ดี และนักเรียนส่วนมากยินดีที่จะเป็นอาสาสมัครทดลอง ใช้นแบบเรียนโปรแกรมในวิชาเคมีทั่วไปอีก

วอช (Carnes and Others, 1967-68 : 386) ได้ทดลองสอนวิชาเคมีใน ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้โปรแกรม เพื่อคุณลักษณะทางการเรียนและปัญหาด้านการ คำเนินการในการให้นักเรียนแต่ละคนทำการทดลอง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในลำดับขั้นของโปรแกรม ผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์สูงเมื่อใช้นแบบเรียนโปรแกรมซึ่งมีการทดลองรวมอยู่ด้วย สรุปได้ว่าการสอนแบบโปรแกรมในวิชาปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์นี้เป็นไปได้และไม่มีปัญหาคำนการดำเนินการ

ลิวาเชฟ (Levashev, 1969 : 395) ได้ทดลองสอนแบบโปรแกรมในวิชาเคมี หลายวิธีดังนี้

1. ใช้สอนเนื้อหาใหม่ ใน ค.ศ. 1964-65 ได้ใช้โปรแกรมเรื่อง "เคมีและ เกมตรรกกรรม" สอนนักเรียนชั้น 8 (อายุระหว่าง 15 - 16 ปี) ผลปรากฏว่านักเรียน ได้คะแนนสูงในหัวข้อ "ปฏิกิริยาอินทรีย์" ผู้ทดลองได้สรุปว่าจากประสบการณ์ 2 ปี ในการสอน ใช้นการสอนแบบโปรแกรมได้ผลดี และอาจได้รับความนิยมสำเร็จ ในการยกระดับความรู้ของนักเรียนในหัวเรื่องเหล่านี้

2. การรวมบทเรียนโปรแกรมกับบทเรียนธรรมดา เช่นในเรื่อง "เคมีและเกษตรกรรม" ซึ่งแบ่งเป็น 13 หัวข้อ เป็นบทเรียนธรรมดา 3 หัวข้อ ส่วนอีก 10 หัวข้อ เป็นบทเรียนโปรแกรม และในเรื่อง "คุณสมบัติของกรด เบส เกลือ และออกไซด์" มีทั้งหมด 13 หัวข้อ เป็นบทเรียนธรรมดา 7 หัวข้อ ส่วนหัวข้อที่เหลือเป็นบทเรียนโปรแกรม ผลการทดลองใช้สอนปรากฏว่าใกล้เคียง ทั้งพร้อมทั้งประหยัดเวลาได้พอควร ผู้ทดลองได้สรุปว่าตำราควรจะมีทั้งเนื้อหาที่เขียนเป็นโปรแกรมและที่เป็นบทเรียนธรรมดาปนกัน

/ วิลคอก (Tobin, 1967 : 63) ได้พยายามสร้างโปรแกรมวิชาเคมี ซึ่งรวมทฤษฎีและการทดลองไว้ด้วยกัน เป็นโปรแกรมเรื่อง "How fast is a Chemical reaction" ซึ่งเป็นบทนำไปสู่ Chemical Kinetics ขณะที่เรียนจากโปรแกรมนักเรียนทำการทดลองไปด้วย แล้วไขผลจากการทดลองตอบคำถามรวมทั้งเขียนกราฟด้วย การทดลองเรื่องนี้เป็นการศึกษาผลการเปลี่ยนความเข้มข้นของสารตั้งต้นต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยา โดยใช้เปอร์ซัลเฟตไอออนไปออกซิไดส์ไอโอไดค์ไอออน และเปลี่ยนความเข้มข้นของเปอร์ซัลเฟต การสร้างโปรแกรมทำดังนี้

1. นักเรียนแต่ละคนทำการทดลองโดยมีครูควบคุมประจำตัวนักเรียนแต่ละคน ครูจะถามนักเรียนเพื่อทดสอบว่านักเรียนเข้าใจเทคนิคและทฤษฎีเบื้องหลังของการทดลองหรือไม่ ใช้เทปบันทึกทั้งคำถามและคำตอบไว้ตลอดเวลา

2. เปิดเทปฟังแล้วเขียนเป็นโปรแกรมครั้งแรกในรูปของโปรแกรมแบบตรง แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียน ทำการวิเคราะห์การตอบสนองของนักเรียนพร้อมทั้งนำข้อคิดเห็นของนักเรียนมาปรับปรุงโปรแกรมก็ได้โปรแกรมครั้งที่สองทำขึ้นเป็นหนังสือเล่มเล็ก ๆ

3. นำโปรแกรมที่ได้ไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มเล็กจำนวน 7 คน ซึ่งไม่มีพื้นฐานเกี่ยวกับ Chemical Kinetics

ปรากฏว่านักเรียนทุกคนทำการทดลองได้สำเร็จ และผลจากการทดลองก็เป็นที่น่าพอใจ หลังจากเรียนจบก็ทำการทดสอบในเนื้อหาทั้งทางทฤษฎีและวิธีการทดลอง ปรากฏว่าได้คะแนนเฉลี่ย 30 เปอร์เซนต์ (ช่วงระหว่าง 22 - 98 เปอร์เซนต์) อัตราความผิดพลาดโดยเฉลี่ยของโปรแกรม 7 เปอร์เซนต์ เวลาที่เรียนเฉลี่ย 115 นาที

วิลคอก (Ibid) ยังได้สร้างโปรแกรมแบบตรงเรื่องโครงสร้างผลึกของสารอนินทรีย์ที่เกี่ยวกับการจัดเรียงตัวของอะตอมชนิดเดียวกันในรูป hexagonal และ cubic close packing พร้อมกับยกตัวอย่างโลหะที่อะตอมมีการจัดเรียงตัวแบบนี้ โปรแกรม

อยู่ในรูปหนังสือเล่มเล็ก ๆ มีการให้นักเรียนสร้างโครงหุ่นเหล่านี้โดยใช้พลาสติกลูกทรงกลม ซึ่งทำให้นักเรียนเห็นโครงสร้างเหล่านี้ใน 3 มิติ ผู้วิจัยได้นำโปรแกรมนี้ไปสอนนักเรียน จำนวน 69 คน ผลปรากฏว่านักเรียนใช้เวลาเรียนเฉลี่ยประมาณ 90 นาที คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบครั้งแรกและครั้งหลัง 2.5 เปอร์เซนต์ และ 60 เปอร์เซนต์ตามลำดับ จำนวนนักเรียนร้อยละ 64 ได้คะแนนจากการทดสอบครั้งหลังสูงกว่า 60 เปอร์เซนต์ นักเรียนที่เรียนเร็ว กับนักเรียนที่เรียนช้าใช้เวลาต่างกันมากกว่า 1 ชั่วโมง ซึ่งแสดงว่านักเรียนมีความแตกต่างกันในด้านการรับรู้ เกี่ยวกับการจัดเรียงตัวใน 3 มิติ

การเปรียบเทียบการสอนแบบโปรแกรมกับการสอนโดยวิธีปกติ

การวิจัยเกี่ยวกับการเปรียบเทียบการสอนแบบโปรแกรมกับการสอนโดยวิธีปกติ มีมากและทำกันในหลายสาขาวิชา แต่ในที่นี้จะยกตัวอย่างเฉพาะในวิชาเคมีและวิทยาศาสตร์ สาขาอื่นบ้าง

เคย์ (Day, 1959 : 591) ได้ทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมแบบสาขา (Scrambled book) เรื่องทฤษฎีจลน์ ของกาซ สอนนักศึกษาของมหาวิทยาลัยโอไฮโอ จำนวน 3 ห้องเรียน เป็นนักศึกษาที่เรียนวิชาเคมีทั่วไป 2 ห้องเรียนและที่เรียนวิชา ฟิสิกส์เคมี 1 ห้องเรียน ในแต่ละห้องจะมีนักศึกษาจำนวนครึ่งหนึ่งที่เรียนโดยใช้โปรแกรม ส่วนนักศึกษาอีกครึ่งหนึ่งสอนโดยวิธีปกติ เมื่อสอบกลางเทอมปรากฏว่าพวกที่เรียนโดยใช้โปรแกรมได้คะแนนสูงกว่าพวกหลังราว 20 เปอร์เซนต์ และพวกที่เรียนจากโปรแกรมให้ ข้อคิดเห็นว่าบทเรียนนี้รู้สึกว่าง่ายเขาต้องการบทเรียนที่ยากกว่านี้

ซาเคอโคท (Sacerdote, 1962 : 390) ได้ทดลองสอนแบบโปรแกรมในวิชาเคมี ทั่วไปแก่นักศึกษาของมหาวิทยาลัย Fairleigh Dickenson กลุ่มทดลองสอนโดยใช้โปรแกรม กลุ่มควบคุมสอนโดยวิธีปกติ แต่ละกลุ่มมีนักเรียนจำนวน 46 คนเท่ากัน มี I.Q. เท่ากัน และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากปีก่อนเท่ากันในวิชา ภาษาอังกฤษ คณิตศาสตร์ และ ฟิสิกส์ การทดสอบย่อย (quiz) และสอบครั้งสุดท้ายใช้ข้อสอบเดียวกันปรากฏว่าผลการสอบของ ทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่นักศึกษากลุ่มทดลองสอบตก 1 คน ส่วนนักศึกษากลุ่มควบคุม สอบตก 5 คน ผู้วิจัยได้ให้ข้อคิดเห็นว่าการสอนแบบโปรแกรมนี้เป็นผลดีแก่นักศึกษาที่อยู่ใน ระดับปานกลาง และต่ำกว่าปานกลาง

มอริเบอร์ (Moriber, 1969 : 214) ได้สร้างแบบเรียนโปรแกรมในเรื่องที่เกี่ยวกับทฤษฎีอะตอมและพันธะเคมี แล้วนำไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่เคยเรียนวิชา College Chemistry ไปแล้ว จำนวน 10 คน นำโปรแกรมนั้นมาปรับปรุงใหม่ แล้วนำไปทดลองสอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 9 คน อีกครั้งหนึ่ง และปรับปรุงจนได้แบบเรียนโปรแกรมที่มีจำนวนกรอบ 536 กรอบ จึงนำแบบเรียนโปรแกรมนี้ไปใช้สอนนักศึกษาที่กำลังเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพในระดับวิทยาลัย กลุ่มทดลองสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม ส่วนกลุ่มควบคุมสอนโดยวิธีปกติ ทั้งสองกลุ่มมีนักศึกษา 120 คนเท่ากัน ใช้เวลาสอน 3 สัปดาห์แล้วสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ปรากฏว่ากลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

วอล์คเกอร์ (Walker, 1972 : 163) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสอนโดยใช้โปรแกรมในการปฏิบัติการเคมี เพื่อที่จะได้ผลบรรลุความมุ่งหมายที่ไม่ใช่เนื้อหา (non-content objective) ซึ่งเกี่ยวกับความเข้าใจในวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ก็เพียงใด โดยใช้วิธีการดังนี้

สร้างโปรแกรมสำหรับปฏิบัติการ และสร้างเกณฑ์การทดสอบโดยวัดตามจุดมุ่งหมาย แบ่งเป็นด้านความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องสมดุลเคมีและออกซิเดชัน-รีดักชัน ส่วนความมุ่งหมายที่ไม่ใช่เนื้อหาก็คือในด้านที่เกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โปรแกรมที่สร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบนำทางการค้นพบ (guided discovery) เช่นมีการรวบรวมข้อมูลจากการสังเกต การแปลผลจากข้อมูลเป็นต้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษา 100 คน ซึ่งเรียนวิชาเคมีทั่วไปที่ Pensacola Junior College แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 49 คน เขาห้องปฏิบัติการแบบปกติ กลุ่มทดลอง 51 คน ใช้โปรแกรมสำหรับปฏิบัติการซึ่งนักศึกษาทำงานด้วยตนเอง

ผลการวิจัยปรากฏว่ากลุ่มทดลองได้คะแนนเกี่ยวกับความมุ่งหมายที่ไม่ใช่เนื้อหาได้ดี

ดัทตัน (Dutton, 1973 : 24-2382) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการสอนแบบโปรแกรมกับการสอนโดยวิธีปกติในวิชา เสียง แสง และ ความร้อน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้น 4 จำนวน 111 คน ของโรงเรียนในรัฐเวอร์จิเนีย กลุ่มควบคุมใช้วิธีสอนแบบปกติ ส่วนกลุ่มทดลองใช้วิธีสอนแบบโปรแกรม ใช้เวลาสอน 5 สัปดาห์ แล้ววัดผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียน ผลปรากฏว่า

1. กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม
2. ทั้งครูและนักเรียนรู้สึกพอใจที่จะใช้แบบเรียนโปรแกรมในการเรียนมาก
3. นักเรียนแต่ละคนมีอัตราการเรียนได้เร็วช้าแตกต่างกัน และต้องการความช่วยเหลือจากครูน้อยลง
4. นักเรียนที่เรียนจากโปรแกรมสามารถดำเนินการทดลองได้ด้วยตนเอง โดยมีครูคอยแนะนำบ้างเพียงเล็กน้อย
5. การสอนแบบโปรแกรมช่วยสร้างสังกัดกับทางวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่าการสอนแบบธรรมดา

คอลลาแกน (Collagan, 1969 : 1070-A) ได้สร้างแบบเรียนโปรแกรมในวิชาคณิตศาสตร์ และเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์กายภาพ แล้วจัดให้นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ของ The Catholic University of America เรียน โดยแบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มทดลอง 77 คน กลุ่มควบคุม 77 คน เรียนในเนื้อหาเดียวกัน เวลาที่ใช้ทั้งหมดคือ คณิตศาสตร์ 10 สัปดาห์ คณิตศาสตร์ 6 สัปดาห์ และฟิสิกส์ 8 สัปดาห์ แล้วสอบวัดผลสัมฤทธิ์เปรียบเทียบกัน ปรากฏว่าทั้งทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์กายภาพ กลุ่มทดลองให้ผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้กลุ่มทดลองยังใช้เวลาในการทำข้อสอบได้เร็วกว่ากลุ่มควบคุมโดยเฉลี่ยอีกด้วย

ไวท์ (White, 1970 : 3373-A) ได้ศึกษาการใช้แบบเรียนโปรแกรมเพื่อปรับปรุงการสอนคณิตศาสตร์ระดับวิทยาลัย ทำการทดลองกับนักศึกษาซึ่งมีพื้นฐานวิชาคณิตศาสตร์อ่อนมาตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษา โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 73 คน สอนด้วยแบบเรียนโปรแกรม กลุ่มควบคุม 58 คน สอนโดยวิธีปกติ ทั้งสองกลุ่มสอนบททวนวิชาคณิตศาสตร์ในเนื้อเรื่องเดียวกัน นำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาเปรียบเทียบกัน ผลปรากฏว่ากลุ่มทดลองมีความสามารถทางคำนวณสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ทางด้านการแก้ปัญหาพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้เชรม (Schramm, 1964 : 5) ยังได้รวบรวมการวิจัยเกี่ยวกับการเปรียบเทียบการสอนแบบโปรแกรมกับการสอนโดยวิธีปกติ รวม 36 เรื่อง ซึ่งกระทำในระดับวิทยาลัย 16 เรื่อง ระดับมัธยม 4 เรื่อง ระดับประถม 5 เรื่อง นักศึกษาผู้ใหญ่

10 เรื่อง และเด็กที่เรียนซ้ำ 1 เรื่อง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 18 เรื่อง มี 17 เรื่องที่การสอนแบบโปรแกรมให้ผลดีกว่า และมี 1 เรื่องที่การสอนแบบปกติให้ผลดีกว่า และจากการสำรวจของ เคย์ , แอนเนท , และไลม์ (Leith, 1966 : 69) พบว่าในการวิจัย 39 เรื่อง มี 27 เรื่องที่การสอนแบบโปรแกรมให้ผลดีกว่าการสอนโดยปกติ มี 10 เรื่องที่ไม่มีความแตกต่างกัน และมี 2 เรื่องที่การสอนโดยปกติให้ผลดีกว่า

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าส่วนมากการสอนแบบโปรแกรมให้ผลดีกว่าหรือพอ ๆ กันกับการสอนโดยวิธีปกติ แสดงว่าเราสามารถนำมาใช้สอนแทนครูได้บ้างโดยที่คุณภาพของการเรียนการสอนไม่ลดลง จะใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาในอนาคตได้

การเปรียบเทียบการสอนแบบโปรแกรมกับการสอนโดยวิธีอื่น ๆ

กลาสและลัมไทน (Briggs and others, 1967 : 117) ได้สอนวิชาฟิสิกส์แก่นักเรียน 3 กลุ่ม สองกลุ่มแรกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองกลุ่มหนึ่งและกลุ่มควบคุมเรียนโดยใช้นักเรียนเรียน ศึกษาจากภาพยนตร์ ทำการทดลอง การสาธิตและฟังคำบรรยาย กลุ่มทดลองอีกกลุ่มหนึ่งเรียนโดยการใช้นักเรียนโปรแกรมภายในเนื้อหาขอบเขตเดียวกันทั้ง 3 กลุ่มในตอนหลังได้เพิ่มสมุดแบบฝึกหัดให้แก่กลุ่มทดลอง กลุ่มแรกเป็นการเพิ่มเติมจากกลุ่มควบคุม ผลปรากฏว่าเมื่อทำการวัดผลการเรียน กลุ่มที่เรียนจากโปรแกรมให้ผลสัมฤทธิ์สูงกว่าอีก 2 กลุ่ม และกลุ่มทดลองแรกที่ใช้สมุดแบบฝึกหัดให้ผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่มควบคุม

เทย์เลอร์ (Taylor, 1970 : 3843-A) ได้เปรียบเทียบผลจากการสอน 3 วิธี คือ วิธีสอนที่ 1 (1) โปรแกรมกับเครื่องสื่อความหมายหลายอย่าง (Programmed Multimedia) (2) แบบเรียนโปรแกรม (3) การบรรยายกับเครื่องสื่อความหมายหลายอย่างแล้วนำคะแนนจากการทดสอบครั้งแรก การทดสอบครั้งหลัง และการทดสอบความทรงจำ (retention test) เปรียบเทียบกันโดยใช้การวิเคราะห์แบบ Analysis of Variance ผลปรากฏว่าการสอนโดยวิธีที่ 1 กับวิธีที่ 2 ให้ผลดีกว่าวิธีที่ 3 แต่วิธีที่ 2 นักเรียนลืมน้อยกว่าวิธีที่ 1 จึงสรุปว่าถ้าจะให้การเรียนการสอนได้ผลดีจะต้องจัดการสอนแบบ Programmed Multimedia

การสอนแบบโปรแกรมในประเทศไทย

ในประเทศไทยก็ได้มีผู้เขียนบทความและตำรากล่าวถึงการเรียนการสอนแบบโปรแกรมมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2506 เช่น สมพงษ์ ศิริเจริญ (สมพงษ์ ศิริเจริญ และคณะ , 2506) ประทีป สยามชัย (ประทีป สยามชัย , 2510) วิจิตร ศรีสะอาด (วิจิตร ศรีสะอาด , 2512) สมควร อภัยพันธ์ (บุญเกลสกี , 2512) และเป็รื่อง กุมุข (เป็รื่อง กุมุข , 2515) เป็นต้น ส่วนแบบเรียนโปรแกรมที่ผลิตออกมาแล้วก็มี พีชคณิต ม.ศ. 1 Programmed Textbook (กรมวิชาการ , 2510) แบบเรียนโปรแกรมเรื่องการตั้งจุดมุ่งหมายในการสอน และแบบเรียนโปรแกรมเรื่องทฤษฎีเซต (เป็รื่อง กุมุข , 2512 และ 2513) ส่วนงานด้านการวิจัยเกี่ยวกับการสอนแบบโปรแกรมก็มีดังนี้

อุดม มุงเกษม (อุดม มุงเกษม , 2513) ได้ทดลองสอนภาษาอังกฤษในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 โดยใช้เครื่องสอนช่วยเปรียบเทียบกับการสอนโดยวิธีปกติ ผลปรากฏว่าทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการเรียนรู้วิชาภาษาอังกฤษไม่แตกต่างกัน แต่จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่าเมื่อใช้เครื่องสอนนักเรียนจะมีความกระตือรือร้นอยู่ในระเป็ยบกว่าการสอนแบบปกติ และนักเรียนบางคนใช้เวลาเรียนน้อยกว่าปกติ

นิกร วรวิทย์ (นิกร วรวิทย์ , 2515) ได้ทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมสอนการสะกดคำภาษาอังกฤษชั้น ม.ศ. 1 เปรียบเทียบกับระหว่างกลุ่มที่เรียนจากโปรแกรมแบบบอกคำตอบทันทีกับกลุ่มที่เรียนจากโปรแกรมแบบบอกคำตอบล่าช้า ผลปรากฏว่าทั้ง 2 กลุ่มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน

ปรีชา คุณวลี (ปรีชา คุณวลี , 2515) ได้ทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้น ประถมปีที่ 5 แก่นักเรียน 2 กลุ่ม กลุ่มทดลองเรียนจากแบบเรียนโปรแกรม กลุ่มควบคุมใช้วิธีสอนตามปกติ แล้วเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และความทรงจำของกลุ่มทั้งสอง ผลปรากฏว่าไม่แตกต่างกัน

วรรณา เจียมทะวงษ์ (วรรณา เจียมทะวงษ์ , 2515) ได้ทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมวิชาเลขคณิตสอนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เปรียบเทียบกับการสอนโดยวิธีปกติ ผลปรากฏว่านักเรียนที่เรียนจากแบบเรียนโปรแกรมกับนักเรียนที่เรียนจากการสอนตามปกติมีผลสัมฤทธิ์และความทรงจำไม่แตกต่างกัน แต่ผู้วิจัยพบว่าเมื่อสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมทำให้นักเรียนมีเวลาว่างสำหรับทำกิจกรรมอื่น และง่ายต่อการควบคุมชั้น

จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นว่า การเรียนการสอนแบบโปรแกรมในประเทศไทย
 ยังไม่แพร่หลายเท่าที่ควร และผลจากการวิจัยทั้ง 4 เรื่องที่กล่าวแล้วพบว่า การสอนแบบ
 โปรแกรมกับการสอนโดยวิธีปกติให้ผลในด้านการเรียนรู้ของนักเรียนไม่แตกต่างกัน แต่พบ
 ว่า การสอนแบบโปรแกรมมีข้อดีกว่าการสอนแบบปกติหลายประการ เช่น ช่วยลดแรงครู ง่าย
 ต่อการควบคุมชั้น แก้ปัญหาเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียนได้ สามารถสอน
 นักเรียนได้คราวละมาก ๆ เป็นต้น จึงควรจะได้มีการเผยแพร่วิธีการ มีการสร้างแบบ
 เรียน มีการทดลอง แล้วนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

1. กลุ่มตัวอย่าง

เนื่องจากโรงเรียนสามเสนวิทยาลัยมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนกวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ห้องเรียน ที่เรียนวิชาเคมีตามหลักสูตรใหม่ ผู้วิจัยจึงเลือกมา 1 ห้องเรียน เพื่อใช้เป็นกลุ่มควบคุม โดยเลือกเอาห้องที่นักเรียนทั้งหมดเพิ่งเข้าใหม่ คือ เรียนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มาจากโรงเรียนอื่น ๆ ทั้งนี้เพื่อต้องการให้มีลักษณะเหมือนกับนักเรียนในกลุ่มทดลอง กลุ่มทดลองนี้เลือกจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนกวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนสมาคมโรงเรียนราษฎร์ โดยเลือกเอาห้องที่นักเรียนภายในห้องมีผลการสอบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยเฉลี่ยใกล้เคียงกับผลการสอบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของนักเรียนในกลุ่มควบคุม ทั้งนี้เพื่อให้ ความรู้ความสามารถโดยทั่วไปของนักเรียนทั้งสองกลุ่มนี้ทัดเทียมกัน ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 83 คน มีรายละเอียดดังแสดงไว้ในตาราง 1

ตาราง 1 จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามเพศ

กลุ่มตัวอย่าง	ชาย	หญิง	รวม
กลุ่มทดลอง	24	16	40
กลุ่มควบคุม	32	11	43
รวม	56	27	83

จากตาราง 1. จะเห็นว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมี 83 คน เป็นนักเรียนชาย 56 คน นักเรียนหญิง 27 คน แยกเป็นกลุ่มทดลอง 40 คน เป็นชาย 24 คน หญิง 16 คน กลุ่มควบคุม 43 คน เป็นชาย 32 คน หญิง 11 คน

เพื่อวิเคราะห์ว่าพื้นฐานความรู้ของนักเรียนสองกลุ่มนี้แตกต่างกันหรือไม่ ก่อนทำการสอนผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาเคมีเรื่อง "สสารและพลังงาน" ตามหลักสูตรใหม่ที่ได้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ทำการทดสอบ แล้วนำมาวิเคราะห์หาคะแนนเฉลี่ยและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่ม ผลปรากฏดังแสดงไว้ในตาราง 2

ตาราง 2 คำนับสำคัญของคะแนนวิชาเคมีก่อนการเริ่มรู่ของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{X}$	S^2	t	P
กลุ่มทดลอง	40	14.10	10.246	-1.122	> .05
กลุ่มควบคุม	43	14.93	12.542		

จากตาราง 2 จะเห็นว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการเรียนวิชาเคมีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05 แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองนี้มีพื้นฐานความรู้ในเนื้อหาที่จะเรียนทัดเทียมกัน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

2.1 การสร้างแบบเรียนโปรแกรม

ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักและวิธีการเขียนแบบเรียนโปรแกรมแบบต่าง ๆ ศึกษาร่างหลักสูตรวิชาเคมีชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และศึกษาเนื้อหาในแบบเรียนวิชาเคมีชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เล่มหนึ่ง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2516) เพื่อให้เหมาะสมกับเวลาที่จะทำการทดลอง จึงเลือกเนื้อหาในบทที่ 1 เรื่อง "สสารและพลังงาน" อันเป็นบทนำนักเรียนเข้าสู่การศึกษาวิชาเคมี เมื่อคัดเลือกเนื้อหาแล้วก็ได้ศึกษาความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมและลำดับขั้นของการสอนในหัวข้อต่าง ๆ จากคู่มือครู (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2516) แล้วจึงเริ่ม

เขียนรายการสอนในรูปของโปรแกรมแบบตรง (linear) ชนิดที่ผู้เรียนสร้างคำตอบเอง (Constructed Response) เมื่อเขียนเสร็จแล้วปรากฏว่าลำดับขั้นตอนการสอนในแต่ละตอน ส่วนใหญ่จะเป็นดังนี้

- (1) อภิปรายความรู้ที่ใดเรียนมา และนำเข้าสู่เรื่องที่จะทดลอง
- (2) นักเรียนทำการทดลอง บันทึกผล และเขียนรายงานการทดลอง
- (3) อภิปรายถึงผลการทดลอง แล้วสรุป

ผู้วิจัยได้นำแบบเรียนโปรแกรมที่เขียนเสร็จแล้ว ส่งให้ผู้อำนวยการได้ตรวจทั้งในด้านความถูกต้องของเนื้อหาวิชา และวิธีการเขียนโปรแกรมแล้วนำมาแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ ก่อนที่จะนำออกทดลองใช้

2.2 การทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรม

นำแบบเรียนโปรแกรมที่ได้จากข้อ 2.1 ไปทดลองใช้กับนักเรียนในระดับใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการวิจัย และทำการปรับปรุงเป็นลำดับขั้นดังนี้

(1) การทดสอบแบบหนึ่งต่อหนึ่ง ใช้นักเรียนที่เพิ่งเรียนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 คน เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยทดลองให้เรียนครั้งละคน ผู้วิจัยได้สังเกตอย่างใกล้ชิดเพื่อบันทึกตอนที่นักเรียนสงสัย หรือทำการทดลองผิดไปพร้อมทั้งให้คำชี้แจง เมื่อนักเรียนเรียนจบแต่ละตอนแล้วก็ตรวจคำตอบและรายงานการทดลองของนักเรียน พร้อมทั้งซักถามนักเรียนเพื่อหาสาเหตุว่าส่วนที่เป็นปัญหภายในแบบเรียนโปรแกรมนี้อะไร เกิดจากอะไร แล้วทำการแก้ไขปรับปรุง

(2) การทดสอบแบบกลุ่มเล็ก จัดพิมพ์แบบเรียนโปรแกรมที่ได้แก้ไขปรับปรุงจากข้อ (1) จำนวน 5 ชุด นำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 คน ดำเนินการพร้อมกันโดยให้นักเรียนแต่ละคนใช้กระดาษแข็งปิดส่วนที่เป็นคำตอบ และเลื่อนอ่านได้ครั้งละ 1 กรอบ นักเรียนเรียนและทำการทดลองโดยใช้อุปกรณ์ที่ได้จัดไว้ให้แล้วด้วยตนเอง ผู้วิจัยนั่งสังเกตและบันทึก เช่นเดียวกับวิธีการในข้อ (1) แต่ให้คำชี้แจงนักเรียนน้อยลง และเมื่อเรียนจบตอนหนึ่ง ๆ ก็ได้ซักถามนักเรียนเพื่อทำความเข้าใจเนื้อหาในเรื่องที่ใดเรียนไปหรือไม่ ปรากฏว่านักเรียนตอบข้อซักถามได้ถูกต้อง จึงนำแบบเรียนทั้งหมดมาตรวจดู แล้วสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับข้อความในกรอบที่นักเรียนตอบผิดกันมาถามรวมทั้งข้อบกพร่องต่าง ๆ ขณะทำการทดลอง เพื่อหาสาเหตุว่าเป็นเพราะแบบเรียนมีความบกพร่องเรื่องใดบ้าง แล้วนำแบบเรียนมาแก้ไขปรับปรุงอีกครั้งหนึ่ง

(3) การทดสอบภาคสนาม จัดพิมพ์แบบเรียนโปรแกรมที่ได้ปรับปรุงจากข้อ (2) ขึ้นใหม่ แต่ได้ดัดแปลงเอาคำตอบไว้ในหน้าถัดไป เพื่อให้ผู้เรียนจะได้ไม่ต้องใช้กระดาษแข็งปิดส่วนที่เป็นคำตอบและเพื่อป้องกันนักเรียนบางคน ซึ่งอาจดูคำตอบก่อนที่จะตอบคำถามในกรอบนั้น ๆ แบบเรียนนี้จะใช้สำหรับทดสอบภาคสนาม ซึ่งดำเนินการคราวเดียวกันกับการสอนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการสอนแบบโปรแกรมกับการสอนโดยวิธีปกติ

แบบเรียนโปรแกรมที่จะใช้สำหรับการทดสอบภาคสนาม และการวิจัยครั้งนี้มีเนื้อหาและจำนวนกรอบ ดังนี้

1.1 สมบัติของสาร 17 กรอบ

การทดลองที่ 1.1

1.2 การจำแนก สารออกเป็นหมวดหมู่ 15 กรอบ

การทดลองที่ 1.2

1.2.1 สารเนื้อเดียวและสารเนื้อผสม 9 กรอบ

1.2.2 สารละลายและสารบริสุทธิ์ 24 กรอบ

การทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของสารบริสุทธิ์ เช่น
การเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อน

จุดหลอมเหลว จุดเดือด การละลาย

การนำไฟฟ้าและความเป็นกรด 114 กรอบ

การทดลองที่ 1.3 - 1.7

1.2.3 การทำสารให้บริสุทธิ์ขึ้น

ศึกษาวิธีการและเทคนิคต่าง ๆ เช่น การกลั่น

การกรอง การระเหย โครมาโตกราฟี เพื่อ

นำไปใช้แยกสารออกจากกัน และนำไปสู่ข้อสรุป

ว่าสารใดเป็นสารบริสุทธิ์ สารละลาย หรือของผสม 73 กรอบ

การทดลองที่ 1.8 - 1.9

1.2.4 ธาตุและสารประกอบ

-การแยกสารบริสุทธิ์ (วิเคราะห์) โดยใช้พลังงาน

ความร้อน และพลังงานไฟฟ้าเข้าช่วย

- การสังเคราะห์สารประกอบขึ้นจากธาตุ
 - สรุปการจำแนกสาร
- การทดลองที่ 1.10 - 1.12

72 ครอบ

1.3 พลังงานกับการเปลี่ยนแปลงของ สาร

1.3.1 ระบบและการเปลี่ยนแปลง

1.3.2 การถ่ายเทพลังงาน

1.3.3 ชนิดของการเปลี่ยนแปลง

1.3.4 พลังงานกับการเปลี่ยนสถานะ

1.3.5 พลังงานกับการละลาย

การทดลองที่ 1.13

1.3.6 พลังงานกับปฏิกิริยาเคมี

การทดลองที่ 1.14

1.3.7 พลังงานกับปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน และในอุตสาหกรรม

136 กรณ

รวมจำนวนกรอบทั้งหมด

460 ครอบ

พร้อมกันนี้ผู้วิจัยได้สร้างคู่มือแบบเรียนโปรแกรมด้วย ในคู่มือนี้ตอนแรกเป็นการแนะนำให้ผู้เรียนจัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีที่จะใช้ในการทดลองไว้ให้พร้อม ในตอนหลังเป็นตัวอย่างรายงานการทดลองต่าง ๆ เพื่อให้ให้นักเรียนได้เปรียบเทียบรายงานการทดลองแต่ละการทดลองที่นักเรียนเขียนเสร็จแล้วกับตัวอย่างในคู่มือ ทั้งนี้ก็เพื่อให้นักเรียนจะได้พบข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการเขียนรายงาน แล้วจะได้ปรับปรุงการเขียนรายงานในการทดลองครั้งต่อไป

2.3 การสร้างแบบทดสอบ

(1) แบบทดสอบที่ใช้ในการวิจัย คือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้วิชาเคมีเรื่อง

"สารและพลังงาน" เป็นข้อสอบแบบปรนัย ชนิด 5 ตัวเลือก มีลักษณะเป็นแบบ Formative คือใช้สำหรับสอบหลังจากเรียนจบเรื่องหนึ่ง ๆ เพื่อคว้านักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาต่าง ๆ ตามที่ต้องการหรือไม่ จะมีการทดสอบกลุ่มตัวอย่างรวม 2 ครั้ง คือ การทดสอบก่อนการเรียน

(pre - test) และการทดสอบหลังการเรียน (post - test)

(2) การสร้างแบบทดสอบ ผู้วิจัยได้เลือกข้อสอบในเนื้อหาเรื่อง "สารและพลังงาน"

ซึ่งทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้สร้างไว้แล้วจำนวนหนึ่ง และผู้วิจัยได้สร้างเพิ่มเติมอีกจำนวนหนึ่งได้ข้อสอบทั้งหมด 50 ข้อ การเลือกและสร้างข้อสอบพยายามที่จะให้ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน ในการจำแนกพฤติกรรมที่ต้องการวัดนี้ได้ใช้แนวทางของบลูม (Bloom Taxonomy : Classification of Behavioral Objective for Science Education) เพื่อให้บรรลุผลเหล่านั้นก่อนลงมือสร้างหรือเลือกข้อสอบไปใช้จึงได้สร้างตารางระบรายละเอียดการออกข้อสอบ (Table of Specification) ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ก.

เนื่องจากเนื้อหาที่นำมาสร้างแบบทดสอบนี้เป็นเนื้อหาตามหลักสูตรใหม่ จึงไม่มีนักเรียนที่จะให้ทดลองใช้แบบทดสอบ ดังนั้นเมื่อเขียนแบบทดสอบเสร็จก็ได้นำไปให้ผู้อำนวยการด้านการสร้างแบบทดสอบตรวจสอบและนำมาแก้ไขปรับปรุง แล้วนำไปใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างเลย นำผลจากการทดสอบมาวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกเอาเฉพาะข้อที่จะใช้ในการวิจัยได้

(3) การวิเคราะห์ข้อทดสอบ เมื่อทดสอบครั้งหลังเสร็จก็ตรวจให้คะแนนแล้วนำกระดาษคำตอบของนักเรียนทั้งสองกลุ่มมารวมกัน แล้วทำการวิเคราะห์ข้อทดสอบตามหลักคัดกลุ่ม 27% เป็นกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ เปิดตารางสำเร็จรูปของ จุง-เตียฟาน (Chung - Teh Fan, 1952) เพื่อหาความสัมพันธ์ (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบทุกข้อ แล้วคัดเลือกเอาเฉพาะข้อที่มีค่า r ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ปรากฏว่าได้ข้อสอบที่จะใช้สำหรับการวิจัย จำนวน 35 ข้อ ซึ่งมีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย (r) เท่ากับ : 39 และค่าความยากง่ายเฉลี่ยเท่ากับ .62

ส่วนค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบที่ใช้สำหรับการวิจัย คำนวณหาโดยใช้วิธีแบ่งครึ่ง (Split - half) (ลวน สายยศ, 2515 : 178) ปรากฏว่าได้ค่าความเชื่อมั่น .81

3. วิธีการรวบรวมข้อมูล

ในการทดลองผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

3.1 ทำการทดสอบครั้งแรก (pre-test) กับกลุ่มตัวอย่างทั้งสองก่อนการเรียน เพื่อวัดพื้นฐานความรู้ในเนื้อหาที่จะเรียน

3.2 ดำเนินการสอน เมื่อเริ่มเปิดภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2516 ดังนี้ --

ก. กลุ่มควบคุม มีอาจารย์วิชาเคมีประจำโรงเรียนสามเสนวิทยาลัยเป็นผู้สอน (ซึ่งอาจารย์ผู้สอนนี้ได้รับการอบรมเกี่ยวกับการสอนเคมีตามหลักสูตรใหม่ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาแล้ว) การสอนในกลุ่มควบคุมนี้สอนตามแนวใหม่ โดยยึดแนวการสอนแบบสืบสวน-สอบสวน (Inquiry Method) ให้นักเรียนได้ทำการทดลองเพื่อการค้นพบและสรุปกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ได้ มีการอภิปรายซักถามระหว่างครู-นักเรียน ส่วนในด้านเนื้อหา ลำดับขั้นการสอน และอุปกรณ์การทดลอง ยึดตามหลักสูตรแบบเรียน และคู่มือครู เช่นเดียวกับการสอนนักเรียนในกลุ่มทดลอง แต่ไม่ใช่แบบเรียนโปรแกรม

ข. กลุ่มทดลอง สอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ซึ่งการทดลองในตอนนี้เป็นการทดสอบภาคสนามของแบบเรียนโปรแกรมที่สร้างขึ้นด้วย ผู้วิจัยเป็นผู้สอน โดยดำเนินการดังนี้

(1) ในช่วงโมงแรก ได้แจกคำอธิบายวิธีเรียนด้วยแบบเรียนโปรแกรมพร้อมทั้งแจกคู่มือแบบเรียนโปรแกรมให้นักเรียนอ่าน แล้วมอบหีบอุปกรณ์ (Experimental Kit) ให้นักเรียน 2 คนต่อ 1 ชุด ให้นักเรียนสำรวจอุปกรณ์และสารเคมีภายในหีบอุปกรณ์ ตามรายการในคู่มือแบบเรียนโปรแกรม

(2) ในช่วงโมงต่อมาให้นักเรียนอ่านคำอธิบายวิธีเรียนด้วยแบบเรียนโปรแกรมอีกครั้ง แล้วลงมือเรียนจากแบบเรียนโปรแกรมตอนที่ 1.1 เรื่องสมบัติของ สาร ผู้วิจัยเดินสำรวจเพื่อดูว่านักเรียนมีปัญหาและบกพร่องในการเรียนเรื่องใดบ้าง พร้อมทั้งให้คำแนะนำแล้วบันทึกไว้ เมื่อเรียนเสร็จ ผู้วิจัยก็ได้เก็บรวบรวมแบบเรียนและรายงานการทดลองไว้สำหรับวิเคราะห์ผลต่อไป พร้อมกันนี้ก็ได้บันทึกช่วงเวลาที่ใช้ในการเรียนของนักเรียนตั้งแต่ที่เรียนเสร็จเป็นคนแรก จนถึงคนสุดท้าย

(3) ในการเรียนตอนต่อ ๆ ไป ก็ดำเนินการเช่นเดียวกัน

3.3 ทำการทดสอบครั้งหลัง (post-test) แก่กลุ่มตัวอย่างทั้งสอง เมื่อเรียนจบเนื้อหาเรื่องสารและพลังงาน เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.4 รวบรวมแบบทดสอบ กระดาษคำตอบ แบบเรียนโปรแกรมและข้อมูลที่ได้อจากการบันทึกขณะที่นักเรียนเรียนจากแบบเรียนโปรแกรม เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

4. การจัดกระทำกับข้อมูล

4.1 ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนการทดสอบครั้งแรกกับครั้งหลัง ทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้ $t - test$

4.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยใช้ $t - test$

4.3 วิเคราะห์การตอบสนองของนักเรียนในแบบเรียนโปรแกรม โดยนำแบบเรียนโปรแกรมของนักเรียนแต่ละคนมาตรวจดูเพื่อหาจำนวนกรอบที่นักเรียนแต่ละคนตอบผิด แล้วเทียบเป็นร้อยละของจำนวนกรอบทั้งหมด ก็จะได้อัตราความผิดพลาดของนักเรียนแต่ละคน ต่อไปก็หาค่าเฉลี่ยอัตราความผิดพลาดของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งก็คืออัตราความผิดพลาดเฉลี่ยของบทเรียนนั่นเอง

เพื่อจะดูว่ามีกรอบใ้มนักเรียนตอบผิดกันมากหรือเป็นกรอบที่ยากสำหรับนักเรียน จึงได้ทำการวิเคราะห์แต่ละกรอบด้วยว่ากรอบนั้น ๆ มีจำนวนนักเรียนตอบผิดร้อยละเท่าใด

4.4 สำนวณเวลาที่ใช้ในการสอนด้วยแบบเรียนโปรแกรม ความสามารถของนักเรียนในการทำทดสอบและการเขียนรายงาน รวมทั้งสิ่งที่ควรปรับปรุงเพิ่มเติมในแบบเรียนโปรแกรม

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

(1) คะแนนเฉลี่ย คำนวณจากสูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

$$\bar{X} = \text{คะแนนเฉลี่ย}$$

$$\sum X = \text{คะแนนรวมของนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง}$$

$$N = \text{จำนวนนักเรียนในกลุ่ม}$$

(2) ความแปรปรวนของคะแนน คำนวณจากสูตร

$$s^2 = \frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N - 1)}$$

$$s^2 = \text{ความแปรปรวนของคะแนน}$$

$$\sum x = \text{ผลรวมของคะแนน}$$

$$\sum x^2 = \text{ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง}$$

$$N = \text{จำนวนนักเรียนในกลุ่ม}$$

(3) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มสองกลุ่ม ใช้สูตร

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}}$$

$\bar{X}_1$ = คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1

$\bar{X}_2$ = คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ 2

S_1^2 = ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มที่ 1

S_2^2 = ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มที่ 2

N_1 = จำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ 1

N_2 = จำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ 2

(4) เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนในกลุ่มเดียวกัน ใช้สูตร

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N - 1}}}$$

$\sum D$ = ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบทั้งสอง
ครั้งที้นำมาเปรียบเทียบกันเป็นรายบุคคล

$\sum D^2$ = ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบทั้งสองครั้ง
ที้นำมาเปรียบเทียบกันเป็นรายบุคคลแต่ละตัวยกกำลังสอง

N = จำนวนนักเรียนในกลุ่ม

(5) การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ใช้สูตร

$$r_{tt} = \frac{2r}{1+r}$$

r_{tt} = ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

r = ค่าสหสัมพันธ์ของคะแนนข้อคู่และข้อคี่

$$= \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{\{N \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูล และผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง และการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการแปลผล ดังนี้

N = จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{X}$ = คะแนนเฉลี่ย

S^2 = ความแปรปรวนของคะแนน

t = ค่าอัตราส่วนนัยสำคัญทางสถิติ

P = ระดับความเชื่อมั่น

การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการทดลอง แบ่งลำดับขั้นดังนี้

1. การเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบครั้งแรก
2. การเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบครั้งแรกกับคะแนนการทดสอบครั้งหลัง
3. การเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบครั้งหลัง
4. การหาอัตราความผิดพลาดของแบบเรียนโปรแกรม
5. ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตขณะที่นักเรียนเรียนจากแบบเรียนโปรแกรม
6. สิ่งที่จะต้องปรับปรุงเพิ่มเติมในแบบเรียนโปรแกรม

การเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบครั้งแรก

การทดสอบครั้งนี้เป็นการพิจารณาความรู้พื้นฐานในเนื้อหาวิชาที่ทำการทดลองของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมว่าแตกต่างกันหรือไม่ ผลการวิเคราะห์ปรากฏตามที่แสดงไว้ในตาราง 3

ตาราง 3 คำนัยสำคัญของคะแนนวิชาเคมีก่อนการเรียนรู้ของนักเรียน
ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{X}$	S^2	t	P
กลุ่มทดลอง	40	14.100	10.246	-1.122	> .05
กลุ่มควบคุม	43	14.930	12.542		

จากตาราง 3 จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อนำไปทดสอบนัยสำคัญ ปรากฏว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีความรู้พื้นฐานในเนื้อหาวิชาเคมีที่จะทำการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น .05 แสดงว่าก่อนการทดลองกลุ่มตัวอย่างทั้งสองนี้มีความรู้พื้นฐานในเนื้อหาที่จะเรียนทัดเทียมกัน

การเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบครั้งแรกกับคะแนนการทดสอบครั้งหลัง

หลังจากกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มได้เรียนเนื้อหาวิชาที่ทำการทดลองจบแล้ว ผู้วิจัยก็ได้ทำการทดสอบครั้งหลัง ซึ่งเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม แล้วนำคะแนนมาเปรียบเทียบกับคะแนนการทดสอบครั้งแรก (หรือคะแนนความรู้พื้นฐาน) ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบครั้งแรกกับคะแนนการทดสอบครั้งหลังของกลุ่มทดลองแสดงไว้ในตาราง 4

ตาราง 4 คำนัยสำคัญของคะแนนการทดสอบครั้งแรกกับคะแนน
การทดสอบครั้งหลัง ของนักเรียนในกลุ่มทดลอง

การทดสอบ	N	$\bar{X}$	S^2	t	P
ครั้งแรก	40	14.100	10.246	-13.111**	< .01
ครั้งหลัง	40	23.075	19.148		

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ .01

$t_{.01} = \pm 2.704$ df = 39

จากตาราง 4 จะเห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบครั้งหลัง สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบครั้งแรกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .01 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากแบบเรียนโปรแกรมของกลุ่มทดลองสูงกว่าก่อนการเรียนจริง

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบครั้งแรกกับคะแนนการทดสอบครั้งหลังของกลุ่มควบคุมแสดงไว้ในตาราง 5

ตาราง 5 คำนัยสำคัญของคะแนนการทดสอบครั้งแรกกับคะแนนการทดสอบครั้งหลัง ของนักเรียนในกลุ่มควบคุม

การทดสอบ	N	$\bar{X}$	S^2	t	P
ครั้งแรก	43	14.930	12.542	-11.552**	< .01
ครั้งหลัง	43	21.837	19.949		

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ .01

$t_{.01} = \pm 2.704$ df = 42

จากตาราง 5 จะเห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบครั้งหลังสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบครั้งแรกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .01 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการสอนโดยวิธีปกติของกลุ่มควบคุมสูงกว่าก่อนการเรียนจริง

การเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบครั้งหลัง

การทดสอบครั้งหลังเป็นการทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจากให้นักเรียนได้เรียนจบในเนื้อหาที่ทำการทดลอง ผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม แสดงไว้ในตาราง 6

ตาราง 6 คำนัยสำคัญของคะแนนจากการทดสอบครั้งหลังระหว่าง
นักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{X}$	S^2	t	P
กลุ่มทดลอง	40	23.075	19.148	1.275	> .05
กลุ่มควบคุม	43	21.837	19.949		

จากตาราง 6 จะเห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบครั้งหลังระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05 แสดงว่านักเรียนที่เรียนจากการสอนแบบโปรแกรมกับนักเรียนที่เรียนจากการสอนโดยวิธีปกติ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพอ ๆ กัน

การหาอัตราความผิดพลาดของแบบเรียนโปรแกรม

ผู้วิจัยได้นำแบบเรียนโปรแกรมของนักเรียนแต่ละคนมาตรวจนับจำนวนกรอบที่นักเรียนแต่ละคนตอบผิด แล้วเทียบเป็นร้อยละจะได้อัตราความผิดพลาดของนักเรียนแต่ละคน ดังนี้

$$\text{อัตราความผิดพลาดของ นาย ก.} = \frac{\text{จำนวนกรอบที่ นาย ก. ตอบผิด} \times 100}{\text{จำนวนกรอบทั้งหมดในแบบเรียน}}$$

$$\text{อัตราความผิดพลาดเฉลี่ยของแบบเรียน} = \frac{\text{ผลรวมของอัตราความผิดพลาด}}{\text{จำนวนนักเรียน}}$$

ผลปรากฏว่าได้อัตราความผิดพลาดเฉลี่ยของแบบเรียนเท่ากับ 2.46 ช่วงของอัตราความผิดพลาด คือ 0.22 - 8.48 (รายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ข.)

นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์กรอบในแบบเรียนโปรแกรม เพื่อเลือกกรอบที่มีจำนวนนักเรียนตอบผิดในอัตราสูงมาแก้ไขปรับปรุงเพิ่มเติม ทำการวิเคราะห์โดยหาว่าในแต่ละกรอบมีจำนวนนักเรียนตอบผิดร้อยละเท่าใด (แสดงไว้ในภาคผนวก ข.) เมื่อวิเคราะห์หมดทุกกรอบแล้วก็

เลือกกรอบที่มีจำนวนนักเรียนตอบผิดเกินร้อยละ 15 เป็นกรอบที่จะตั้งแก้ไขปรับปรุงเพิ่มเติม
เนื่องจากกรอบเหล่านี้มีจำนวนนักเรียนตอบผิดในอัตราสูงกว่าในกรอบส่วนใหญ่

ผลการวิเคราะห์พบว่ากรอบที่มีจำนวนนักเรียนตอบผิดในอัตราสูงมีอยู่จำนวน 9 กรอบ
ดังนี้

กรอบที่ 1, 11, 13	ในตอนี่ 1.2	เรื่องการจำแนก สารออกเป็นหมวดหมู่
กรอบที่ 88, 105, 106	ในตอนี่ 1.2.2	เรื่องสารละลายและสารบริสุทธิ์
กรอบที่ 41	ในตอนี่ 1.2.3	เรื่องการทำให้บริสุทธิ์ขึ้น
กรอบที่ 145	ในตอนี่ 1.2.4	เรื่องธาตุกับสารประกอบ
กรอบที่ 70	ในตอนี่ 1.3.5	เรื่องพลังงานกับการละลาย

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตขณะที่นักเรียนเรียนจากโปรแกรม

ขณะที่นักเรียนเรียนจากโปรแกรม ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตและบันทึกเกี่ยวกับปัญหาต่าง ๆ
ในการเรียนแต่ละตอน โดยแยกพิจารณาในด้านการตอบสนองในแบบเรียนโปรแกรม การดำเนินการ
การทดลอง การเขียนรายงานการทดลอง และเวลาที่ใช้ในการเรียน พบว่า

1. เมื่อเริ่มเรียนจากแบบเรียนโปรแกรมครั้งแรก 'นักเรียนมักจะเขียนคำตอบลงไม่ถูก
ตำแหน่ง คือมักจะเขียนลงบนเส้นประ แทนที่จะเขียนลงในช่องที่กำหนดไว้ แต่เมื่อผู้วิจัยได้
ทักท้วงก็สามารถแก้ปัญหานี้ได้

2. ในตอนี่เป็นการทดลอง ส่วนใหญ่นักเรียนทำการทดลองได้ถูกต้อง ยกเว้นในการ
ทดลองที่ 1.2 เรื่องการจำแนกสารออกเป็นหมวดหมู่ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ทำผิด นอกจากนี้ก็
มีบางตอนที่ผู้วิจัยต้องทักท้วงให้กลับไปอ่านคำอธิบายวิธีทดลองอีกครั้ง

3. การเขียนรายงานในแต่ละการทดลอง ปรากฏว่านักเรียนเขียนได้ถูกต้อง ยกเว้นใน
รายงานการทดลองที่ 1.2

4. จากการสังเกตและบันทึกเกี่ยวกับเวลาที่ใช้ในการเรียนในแต่ละตอนของบทเรียนพบว่า
นักเรียนใช้เวลาเร็วช้าต่างกัน แล้วยแต่ความสามารถของแต่ละบุคคล เมื่อคิดโดยเฉลี่ยแล้ว ปรากฏ
ผลดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงจำนวนชั่วโมงที่ใช้สอนในเนื้อหาแต่ละตอนของบทเรียน

เนื้อหา	จำนวนชั่วโมง
แนะนำวิธีเรียนด้วยแบบเรียนโปรแกรม การใช้คู่มือแบบเรียนและทำการสำรวจอุปกรณ์และสารเคมีในห้องอุปกรณ์	1
1.1 สมบัติของสาร	}
1.2 การจำแนก สารออกเป็นหมวดหมู่	
1.2.1 สารเนื้อเดียวและสารเนื้อผสม	
1.2.2 สารละลายและสารบริสุทธิ์	
การศึกษาสมบัติของสารเมื่อได้รับความร้อน	1½
การหาจุดหลอมเหลวของของแข็ง	2
ความสามารถในการละลายของสาร	1
การนำไฟฟ้าและความเป็นกรดเป็นเบสของของเหลว	1
การกลั่นของเหลว	1½
1.2.3 การทำสารให้บริสุทธิ์ขึ้น	}
การแยกสารละลายโดยวิธีโครมาโตกราฟี	
การแยกของผสมเนพธาไลน์ปนเกลือ	
การเผาสารและทดสอบก๊าซที่เกิดขึ้น	
การผ่านกระแสไฟฟ้าลงในน้ำ	
1.2.4 ชาติกับสารประกอบ	}
ปฏิกิริยาระหว่างทองแดงกับกำมะถัน	
สรุปการจำแนกสาร	

เนื้อหา	จำนวนชั่วโมง
1.3 พลังงานกับการเปลี่ยนแปลงของ สาร	}
1.3.1 ระบบและการเปลี่ยนแปลง	
1.3.2 การถ่ายเทพลังงาน	
1.3.3 ชนิดของการเปลี่ยนแปลง	
1.3.4 พลังงานกับการเปลี่ยนสถานะ	}
1.3.5 พลังงานกับการละลาย	
1.3.6 พลังงานกับปฏิกิริยาเคมี	1
1.3.7 พลังงานกับปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน และในอุตสาหกรรม	1
รวม	18

จากตาราง 7 จะเห็นว่าเวลาที่ใช้ในการสอนด้วยแบบเรียนโปรแกรมเรื่องสสารและพลังงาน รวมทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง

สิ่งที่ต้องปรับปรุงในแบบเรียนโปรแกรมหลังจากการทดลอง

จากการสังเกตของผู้วิจัยขณะทำการทดลองและผลจากการหาอัตราที่นักเรียนตอบผิดในแต่ละกรอบ พบว่ามีบางส่วนของแบบเรียนโปรแกรมที่ควรได้รับการปรับปรุงเพิ่มเติม คือ

1. คำอธิบายวิธีเรียนด้วยแบบเรียนโปรแกรม เนื่องจากในตอนเริ่มเรียนนักเรียนยังเขียนคำตอบลงในตำแหน่งที่ไม่ถูกต้อง
2. คำอธิบายวิธีทดลองและการเขียนรายงานในการทดลองที่ 1.2 เนื่องจากในการทดลองนี้ นักเรียนทำการทดลองและเขียนรายงานผิดไปจากคำอธิบายในแบบเรียน
3. กรอบที่มีจำนวนนักเรียนตอบผิดในอัตราสูง ทำการแก้ไขปรับปรุง เพื่อจะให้นักเรียนตอบถูกมากขึ้น

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างแบบเรียนโปรแกรมวิชาเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเนื้อหาบางเรื่อง แล้วนำไปทดลองสอนเปรียบเทียบกับการสอนโดยวิธีปกติ ซึ่งแบ่งลำดับขั้นและผลการวิจัยได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบเรียนโปรแกรมวิชาเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเรื่อง "สสารและพลังงาน" ตามหลักสูตรใหม่
2. เพื่อทดสอบแบบเรียนโปรแกรมที่สร้างขึ้น
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาเคมี เมื่อใช้วิธีสอนแบบโปรแกรมกับวิธีสอนตามปกติ

สมมติฐานของการวิจัย

1. ทั้งการสอนแบบโปรแกรมและการสอนโดยวิธีปกติในเรื่องนี้ น่าจะให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนจากการสอนแบบโปรแกรม น่าจะสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนจากการสอนโดยวิธีปกติ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสร้างเครื่องมือ

ก. การสร้างแบบเรียนโปรแกรม ศึกษาหลักและวิธีการเขียนแบบเรียนโปรแกรม ศึกษาเนื้อหาวิชาเคมีตามหลักสูตรใหม่ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แล้วเขียนแบบเรียนโปรแกรมขึ้นโดยใช้เทคนิคการเขียนโปรแกรมแบบตรง ซึ่งนักเรียนสร้างคำตอบเอง (Constructed Response) แล้วทำการทดสอบแบบเรียนแบบ "หนึ่งต่อหนึ่ง" ทำการทดสอบแบบ "กลุ่มเล็ก" (ส่วนการทดสอบภาคสนามดำเนินการพร้อมกับการทดลองสอนเพื่อเปรียบเทียบการสอนแบบโปรแกรมกับการสอนโดยวิธีปกติ) โปรแกรมที่ได้รับการปรับปรุงหลังจากการทดสอบ

แบบกลุ่มเล็ก มีจำนวนกรอบทั้งสิ้น 460 กรอบ พร้อมกันนี้ก็ได้สร้างคู่มือแบบเรียนโปรแกรม
ควย

ข. การสร้างแบบทดสอบ แบบทดสอบที่ใช้ในการวิจัยเป็นข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ
เรียนในเนื้อหาที่ทำการทดลอง ซึ่งได้เลือกมาจากข้อสอบของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี จำนวนหนึ่ง และผู้วิจัยสร้างเพิ่มเติมอีกจำนวนหนึ่ง ได้ข้อสอบทั้งหมด 50 ข้อ การ
เลือกและสร้างข้อสอบนี้พยายามที่จะให้ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ตามจุดมุ่งหมาย
หลังจากที่ได้นำไปใช้ในการทดสอบครั้งหลังกับกลุ่มตัวอย่างแล้ว ก็นำมาวิเคราะห์เลือกเอาเฉพาะ
ข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ปรากฏว่าได้ข้อสอบที่จะใช้สำหรับการวิเคราะห์ผล จำนวน
35 ข้อ และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ .81

2. กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประจำปีการศึกษา 2516 ซึ่งแบ่ง
เป็น

- กลุ่มทดลอง เป็นนักเรียนโรงเรียนสมาคมโรงเรียนราษฎร์ จำนวน 40 คน สอนโดย
ใช้แบบเรียนโปรแกรม ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ควบคุม
- กลุ่มควบคุม เป็นนักเรียนโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย จำนวน 43 คน สอนโดยวิธีปกติ
มีอาจารย์วิชาเคมีของโรงเรียนเป็นผู้สอน

3. การรวบรวมข้อมูล เมื่อเปิดภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2516 ก็ได้ทำการทดสอบ
ครั้งแรก (pre-test) กับนักเรียนทั้งสองกลุ่มแล้วดำเนินการสอน เมื่อสอนจบแล้วก็ทำการ
ทดสอบครั้งหลัง (post-test) แล้วรวบรวมแบบทดสอบ กระดาษคำตอบ แบบเรียนโปรแกรม
และข้อมูลที่ได้จากการบันทึกขณะที่นักเรียนเรียนจากแบบเรียนโปรแกรม เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

4. การจัดกระทำกับข้อมูล

ก. ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนการทดสอบครั้งแรกกับ
ครั้งหลัง ทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้ $t - test$

ข. เปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมกับ
กลุ่มทดลอง โดยใช้ $t - test$

ค. หาอัตราความผิดพลาดเฉลี่ย (error rate) ของแบบเรียนโปรแกรม สำนวนเวลา
ที่ใช้ในการสอนด้วยแบบเรียนโปรแกรม ความสามารถของนักเรียนในการทำการทดลองและการ
เขียนรายงานการทดลองรวมทั้งสิ่งที่ควรปรับปรุงเพิ่มเติมในแบบเรียนโปรแกรม

สรุปผลการวิจัย

1. ทั้งนักเรียนที่เรียนจากการสอนแบบโปรแกรมและนักเรียนที่เรียนจากการสอนโดยวิธีปกติ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีในเรื่องที่ทำการทดลองสูงขึ้นกว่าเดิม
 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่เรียนจากการสอนแบบโปรแกรมกับของนักเรียนที่เรียนจากการสอนโดยวิธีปกติ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
 3. อัตราความผิดพลาดเฉลี่ย (error rate) ของแบบเรียนโปรแกรม คิดจากจำนวนกรอบที่นักเรียนแต่ละคนตอบผิดเท่ากับร้อยละ 2.46 อยู่ในช่วงร้อยละ 0.22 - 8.48 ส่วนผลการวิเคราะห์กรอบพบว่ามีอยู่ 9 กรอบที่มีจำนวนนักเรียนตอบผิดในอัตราสูง ซึ่งต้องทำการแก้ไขปรับปรุง
- ผลที่ได้จากการสังเกตขณะที่นักเรียนเรียนจากแบบเรียนโปรแกรมพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ทำการทดลองและเขียนรายงานได้ถูกต้อง จำนวนชั่วโมงที่ต้องใช้ในการสอนด้วยแบบเรียนโปรแกรมทั้งหมด 18 ชั่วโมง สิ่งที่ต้องปรับปรุงเพิ่มเติมในแบบเรียนโปรแกรมหลังการทดลองได้แก่ คำอธิบายวิธีเรียนด้วยแบบเรียนโปรแกรม คำอธิบายและแบบฟอร์มของรายงานการทดลองเฉพาะการทดลองที่ 1.2 และข้อความในกรอบที่มีจำนวนนักเรียนตอบผิดในอัตราสูง

อภิปรายผล

การสร้างและทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมสอนวิชาเคมีเปรียบเทียบกับการสอนโดยวิธีปกติครั้งนี้ ใช้เนื้อหาในวิชาเคมีเพียงบางส่วน และทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวนน้อย ฉะนั้นผลการทดลองจึงจำกัดเฉพาะการทดลองครั้งนี้เท่านั้น ซึ่งผู้วิจัยมีข้อคิดเห็นดังนี้

ผลในข้อ 1. เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เป็นเพราะทั้งการสอนโดยวิธีปกติและการสอนแบบโปรแกรมได้ดำเนินไปโดยยึดการทดลองเป็นพื้นฐานเหมือนกัน ลำดับชั้นการสอนและกิจกรรมต่าง ๆ ในการเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มก็ได้เขียนขึ้นและได้นำออกทดลองและปรับปรุงโดยคณะกรรมการร่างหลักสูตรมาเป็นเวลานานพอสมควร ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้คงจะช่วยให้ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนสูงขึ้น

ส่วนผลในข้อ 2. ปรากฏว่าไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่ได้ตั้งไว้ว่านักเรียนที่เรียนจากโปรแกรม น่าจะมีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนจากการสอนโดยวิธีปกติ ซึ่งเหตุที่ตั้งสมมุติฐานไว้ครั้งนี้ก็เพราะเห็นว่าเนื้อหาในแบบเรียนโปรแกรมได้แยกแยะออกเป็นขั้นเล็ก ๆ

เรียงลำดับต่อเนื่องกันไปให้ง่ายแก่การเข้าใจ นักเรียนได้รับการฝึกแก้ปัญหาและมีส่วนร่วมในการเรียนตลอดเวลา จึงน่าจะทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการสอนโดยวิธีปกติ แต่ผลการทดลองพบว่า การสอนทั้งสองวิธีนี้ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในเรื่องที่ทำการทดลองนี้มีความมุ่งหมายที่จะสอนวิธีเรียนวิทยาศาสตร์ โดยเน้นการทดลองเป็นสำคัญมากกว่าจะสอนเนื้อหาวิชา ซึ่งส่วนใหญ่มักจะใช้ความรู้ที่นักเรียนได้เคยเรียนรู้อยู่แล้ว แต่มุ่งฝึกให้นักเรียนรู้จักสังเกตทำการทดลอง บันทึกผล สรุปผลและเขียนรายงานได้ เพื่อให้ นักเรียนคุ้นเคยกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์และการใช้เครื่องมือต่าง ๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2516: 1-7) ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ทั้งการสอนแบบโปรแกรมและการสอนโดยวิธีปกติ ได้จัดลำดับขึ้นโดยยึดแบบเรียนและคู่มือครูเล่มเดียวกัน การสอนจึงดำเนินไปในแนวเดียวกัน เป็นผลให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนเรื่องนี้พอ ๆ กัน

ผลในข้อ 3. พบว่าแบบเรียนโปรแกรมที่สร้างขึ้นมีอัตราความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 2.46 อยู่ในช่วงร้อยละ 0.22 - 8.48 แต่อัตราความผิดพลาดที่ยอมรับกันโดยทั่วไปจะอยู่ระหว่างร้อยละ 5 ถึงร้อยละ 10 (เปรี๊ยะ กุญชร, 2516: 130) แสดงว่าแบบเรียนโปรแกรมที่สร้างขึ้นมีอัตราความผิดพลาดน้อย นักเรียนจะไม่ค่อยมีความยากลำบากในการเรียน ส่วนผลการวิเคราะห์แต่ละกรอบเพื่อหาจำนวนนักเรียนที่ตอบผิด พบว่ามีอยู่จำนวน 9 กรอบที่มีจำนวนนักเรียนตอบผิดในอัตราสูงกว่าปกติ ผู้วิจัยก็ได้ปรับปรุงเพิ่มเติม เช่น แก้ไขด้านภาษา หรืออาศัยเครื่องชี้ทาง (Cues) หรือการปูพื้น (Prompts) เพื่อให้นักเรียนเข้าใจแล้วจะตอบถูกมากขึ้น

ผลจากการสังเกตนักเรียนที่เรียนจากแบบเรียนโปรแกรม ซึ่งพบว่าส่วนใหญ่ทำการทดลองและเขียนรายงานได้ถูกต้อง แสดงว่าแบบเรียนโปรแกรมสามารถสอนนักเรียนให้ทำการทดลองและเขียนรายงานได้ แต่ก็ปรากฏว่ามีนักเรียนบางคนทำผิดบ้าง เนื่องจากไม่ได้อ่านคำอธิบายให้ละเอียด ทำให้ผู้สอนต้องทักท้วงและแนะนำ หรือให้กลับไปอ่านคำอธิบายวิธีทดลองและการบันทึกผลอีกครั้งจึงแก้ไขข้อบกพร่องได้ ฉะนั้นการสอนแบบโปรแกรมในเรื่องนี้จึงต้องมีครูควบคุมและช่วยเหลือนักเรียนบ้างเฉพาะขณะที่นักเรียนทำการทดลอง

เกี่ยวกับเวลาที่ใช้ในการสอนแบบโปรแกรมครั้งนี้ ปรากฏว่าต้องใช้เวลาทั้งหมด 18 ชั่วโมง แต่เวลาที่ใช้ในการสอนตามวิธีปกติตามที่ได้อำหนดไว้ในคู่มือครูสำหรับเรื่องนี้ก็ประมาณ 12 - 13 ชั่วโมง แสดงว่าการสอนแบบโปรแกรมครั้งนี้ใช้จำนวนชั่วโมงมากกว่าการสอนตามปกติ

ประมาณ 5 - 6 ชั่วโมง ทั้งนี้เป็นเพราะนักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับวิธีสอนและวิธีเรียนแบบโปรแกรม ในการสอนระยะแรกจึงต้องใช้เวลายาวนานเพื่อนำให้นักเรียนเข้าใจและคุ้นเคยกับการเรียนการสอนแบบโปรแกรม อีกประการหนึ่งอาจเป็นเพราะได้เขียนเนื้อหาในแบบเรียนโปรแกรมไว้อย่างละเอียด ซึ่งนักเรียนต้องทำการทบทวนโดยตลอด ทำให้ต้องใช้เวลาในการเรียนบางตอนนานกว่าปกติ แต่ในเรื่องนี้อาจแก้ไขให้จำนวนชั่วโมงสอนลดลงใกล้เคียงกับการสอนตามปกติได้ เช่น โดยให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้อจากการทดลองไปเขียนรายงานเป็นการบ้าน หรือในตอนที่เป็นอภิปรายหลังการทดลองบางตอนก็อาจให้นักเรียนไปเรียนเป็นการบ้าน ซึ่งเป็นการเรียนนอกเวลาได้เช่นกัน ถ้าทำดังนี้ได้ก็จะเป็นการย่นระยะเวลาหรือลดจำนวนชั่วโมงเรียนให้เท่ากับการสอนโดยวิธีปกติได้

สำหรับสิ่งที่ควรปรับปรุงในแบบเรียนโปรแกรมหลังการทดลอง ผู้วิจัยก็ได้ปรับปรุงคำนำภาษา คำอธิบาย และใช้ภาพประกอบเพิ่มเติม แล้วนำไปทดลองอีกครั้ง โดยใช้นักเรียนจำนวน 4 คน ปรากฏว่านักเรียนสามารถทำได้ตามความมุ่งหมายของแบบเรียน

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบครั้งแรกกับครั้งหลังของนักเรียนในกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม พบว่าจากการทดสอบครั้งแรกคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แต่จากการทดสอบครั้งหลังคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองกลับสูงกว่ากลุ่มควบคุม ทำให้มีแนวโน้มว่ากลุ่มทดลองซึ่งสอนแบบโปรแกรมเกิดการเรียนรู้ได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งสอนโดยวิธีปกติ ซึ่งถ้าได้ทำการทดลองโดยใช้เนื้อหาและเวลาที่มากกว่านี้ก็จะทำให้ผลการเปรียบเทียบระหว่างการสอนทั้งสองแบบนี้ในวิชาเคมีชัดเจนยิ่งขึ้น แต่จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่าการสอนแบบโปรแกรมมีข้อดีคือ นักเรียนได้เรียนไปตามความสามารถของตนเอง ซึ่งเห็นได้จากการที่นักเรียนเรียนเสร็จได้เร็วช้าต่างกัน นอกจากนี้ในการเรียนจากแบบเรียนโปรแกรมทำให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในการเรียนของตนเองและปฏิบัติตามคำสั่งของแบบเรียนได้ดี นับเป็นการฝึกนิสัยให้นักเรียนมีความซื่อสัตย์และรับผิดชอบต่อตนเองไปในตัว ประการที่สำคัญก็คือ การสอนแบบโปรแกรมง่ายต่อการควบคุมชั้นและผู้สอนมีเวลาว่างสำหรับทำกิจกรรมอื่น ๆ เช่น ใช้เวลาในการสำรวจการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคน

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาแล้ว นำมาประเมินประสิทธิภาพของแบบเรียนโปรแกรมที่สร้างขึ้นได้ดังนี้

1. แบบเรียนโปรแกรมสามารถสอนนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ได้
2. แบบเรียนโปรแกรมสามารถสอนนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ได้เท่าเทียมกับการสอนตามปกติของครู
3. แบบเรียนโปรแกรมมีอัตราความผิดพลาดต่ำ แสดงว่าผู้เรียนไม่มีความยากลำบากขณะที่เรียนจากแบบเรียนโปรแกรม
4. จำนวนชั่วโมงที่ผู้สอนด้วยแบบเรียนโปรแกรมจะมากกว่าการสอนโดยวิธีปกติ แต่อาจลดจำนวนลงได้ โดยให้นักเรียนนำกิจกรรมในการเรียนบางส่วนไปทำเป็นการบ้าน เช่น การเขียนรายงานการทดลอง หรือการเรียนในตอนที่เป็นการอภิปรายหลังการทดลอง
5. ในตอนที่เป็นการทดลอง นักเรียนบางคนอาจต้องการคำแนะนำเพิ่มเติมจากครู จึงจะเข้าใจถูกต้อง

จากประสิทธิภาพเหล่านี้ แสดงว่าแบบเรียนโปรแกรมสามารถใช้สอนแทนครูได้เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นการช่วยผ่อนแรงและลดภาระของครูลงได้ ทำให้สอนนักเรียนได้ครั้งละจำนวนมากโดยที่ประสิทธิภาพของการเรียนไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งเท่ากับเป็นการช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนครูได้ด้วย

ข้อเสนอแนะ

ก. ข้อเสนอแนะทั่วไป ด้วยเหตุผลจากการทดลองพบว่าแบบเรียนโปรแกรมสามารถสอนนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ได้พอ ๆ กับการสอนตามปกติ จึงควรได้รับการส่งเสริมให้มีการผลิต การใช้ ตลอดจนการวิจัยเกี่ยวกับการสอนแบบโปรแกรมให้แพร่หลาย เพื่อจะได้เกิดประโยชน์ทั้งในด้านการปรับปรุงการสอน และช่วยแก้ปัญหาการขาดครูดด้วย

ข. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

1. ควรจะนำแบบเรียนโปรแกรมที่ได้สร้างขึ้นนี้ไปทดลองใช้สอนกับนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ที่เรียนวิชาเคมีตามหลักสูตรใหม่เปรียบเทียบกับการสอนตามปกติ เพื่อดูว่าจะได้ผลตรงตามที่ได้ทดลองครั้งนี้หรือไม่
2. ควรสร้างแบบเรียนโปรแกรมในเนื้อหาต่อจากเรื่องที่ได้ทำการทดลองนี้ แล้วทดลองใช้สอนเปรียบเทียบกับการสอนตามปกติ เพื่อดูว่าเนื้อหาในเรื่องใดบ้างที่ใช้การสอนแบบโปรแกรมแล้วได้ผลดีกว่าการสอนตามปกติ เนื้อหาเรื่องใดบ้างที่สามารถใช้โปรแกรมสอนแทนครูได้

3. ควรจะมีการทดลองเปรียบเทียบการสอนแบบโปรแกรมกับการสอนโดยวิธีอื่น ๆ บ้าง เช่นการสอนแบบสืบสวนสอบสวน (Inquiry Method)
4. น่าจะลองสร้างโปรแกรมแบบสาขา (Branching) ในเรื่องที่ได้ทดลองนี้แล้วใช้ทดลองสอนเปรียบเทียบกับโปรแกรมแบบตรง (Linear) ที่ได้สร้างขึ้นครั้งนี้
5. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อการสอนแบบโปรแกรมกับการสอนโดยวิธีปกติ ในวิชาเคมี

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, พิชคณิต มศ. 1 A Programmed Textbook โรงพิมพ์
 ครูสภา 2510, 256 หน้า.
- นิกร วรวิรัช การเปรียบเทียบผลการเรียนสะกดคำภาษาอังกฤษจากแบบเรียนโปรแกรมระหว่าง
 แบบบอกคำตอบทันทีกับแบบบอกคำตอบล่าช้าในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปรินิพนธ์
 การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยทางการศึกษา 2515, 87 หน้า.
- นิตา สะเพียรชัย "การค้นคว้าเกี่ยวกับการสอนเคมีของประเทศต่าง ๆ" เอกสารการสัมมนา
 ผู้สอนวิชาเคมีตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูง พ.ศ. 2510 16 คค.-
 10 พย. 2510 กรมการฝึกหัดครู 2511, 137 หน้า.
- นิตา สะเพียรชัย การปรับปรุงหลักสูตรวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พิมพ์โร เนี่ยว
 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2514, 3 หน้า.
- บุเกสส์ บี อาร์ จิตวิทยาการเรียนรู้กับการสอน สมควร อภัยพันธ์ แปล มิตรสยาม 2512,
 340 หน้า.
- ประทีป สยามชัย "บทเรียนสำเร็จรูป" ชุมทางวิชาการ รายงานการประชุมทางวิชาการ
 ครั้งที่หนึ่ง 1-5 สิงหาคม 2510 กรมสามัญศึกษา หน้า 221-228 สหกรณ์ชายสง่า
 2510, 306 หน้า.
- เป็รื่อง กุรุ การสร้างบทเรียนสำเร็จรูป พิมพ์โร เนี่ยว 2515, 131 หน้า.
- เป็รื่อง กุรุ แบบเรียนโปรแกรมเรื่องการตั้งจุดมุ่งหมายในการสอน มิตรสยาม ม.ป.ป.
 61 หน้า.
- เป็รื่อง กุรุ แบบเรียนโปรแกรมเรื่องทฤษฎีเซต มิตรสยาม ม.ป.ป. 83 หน้า.
- ปรีชา คุณวลี การศึกษาเปรียบเทียบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบเรียน
 โปรแกรมกับการสอนตามปกติ ปรินิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยทางการศึกษา
 2515, 42 หน้า.
- สวน สายยศ และ อังคณา ตันติรัตนานนท์ สถิติวิทยาทางการศึกษา วัฒนาพานิช 2515,
 276 หน้า.

วรรณ เจียมทะวงษ์ การศึกษาเปรียบเทียบการสอนวิชาเลขคณิตชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการใช้แบบเรียนสำเร็จรูป (Programmed Textbook) กับการสอนตามปกติ ปรินิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษา 2515, 71 หน้า.

วิจิตร ศรีสะอ้าน "เทคนิควิทยาทางการศึกษา" ศูนย์ศึกษา 16 21 - 36, 2512.

สมพงษ์ ศิริเจริญ และคณะ คู่มือการใช้สื่อทัศนวัสดุ โครงการพัฒนาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ 2506, 422 หน้า.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แบบเรียนวิชาเคมี มัธยมศึกษาตอนปลาย เล่มหนึ่ง โครงการดำเนินการสอนวิชาเคมี มัธยมศึกษาตอนปลาย 2516 โรงพิมพ์คุรุสภา 2516, 121 หน้า.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คู่มือครูเล่มหนึ่ง แบบเรียนวิชาเคมีมัธยมศึกษาตอนปลาย โครงการดำเนินการสอนวิชาเคมีมัธยมศึกษาตอนปลาย 2516 โรงพิมพ์คุรุสภา 2516, 249 หน้า.

อุคม มุ่งเกษม การทดลองใช้เครื่องสอนประกอบการสอนวิชาภาษาอังกฤษในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 ปรินิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษา 2513, 180 หน้า.

Austwick, K., editor, Teaching Machines and Programming, Pergamon Press, London, 1964, 205 pp.

Briggs, Leslie J. and others, "Comparative Effectiveness Studies in Programmed Instruction", Instructional Media, American Institutes for Research, 1967, 280 pp.

Carnes, and others, "An Experiment in the Use of Programmed Materials in Teaching High School Chemistry", Journal of Research in Science Teaching, 15 : 386, No.4, 1967 - 1968.

- Collagan, Robert B., "The Construction and Evaluation of a Programmed Course in Mathematics Necessary for Success in Collegiate Physical Science", Dissertation Abstracts, 30 : 1070-1071 A, 1969.
- Day, Jesse H., "Teaching Machines" J. Chem Educ. 36 : 591-595, No. 12, 1959.
- Day, Jess H., "Programmed Instruction in Chemistry: Only the students have no gears", J. Chem Educ. 39 : 50-52, No. 1, 1962.
- Dutton, Sherman S., "An Experimental Study in the Programing of Science Instruction for the 4th Grade", Dissertation Abstracts, 24 : 2382, 1963.
- Fan, Chung-Teh, Item Analysis Table, Education Testing Service, 1952, 32 pp.
- Farago, P.J., editor "Teaching Chemistry by Machine", Education in Chemistry, 4 : 141-142, No. 3, 1967.
- Fine, Benjamin, Teaching Machines, Stering Publishing Co. Inc., New York 1962, 176 pp.
- Fry, Edward B., Teaching Machines and Programmed Instruction, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1963, 244 pp.
- Hartley, J., Strategies for Programmed Instruction : An Educational Technology, Willmer Brothers Limited Birkenhead, 1972, 231 pp.
- Leith, G.O.M., and others, A Handbook of Programmed Learning, Robbert Gunningham and Sons Ltd., Alva, Great Britain, 1966, 152 pp.
- Levashev, V.I., "Experiences in programmed chemistry teaching", New trends in Chemistry teaching vol. II, Unesco, 1969, p. 395-400.
- Moriber, George, "The Effects of Programmed Instruction in a College Physical Science Course for Non-Science Students", Journal of Research in Science Teaching, 6 : 214-216, No. 3, 1969.

Powell, Virginia P., "Programmed Instruction in High School Chemistry",

J. Chem Educ., 40 : 23-24, 1963.

Reusch and Carnell, "An Experimental Program on Chemical Equilibrium",

J. Chem Educ., 40 : 27-28, 1963.

Sacerdote, Luciana, "Evaluation of Programmed Instruction", J. Chem Educ.

39 : 390, No. 8, 1962.

Samuel and Epstein, The first book of teaching machines, Franklin Watts, Inc.,

New York, 1961, 50 pp.

Schramm, Wilbur, The Research on Programmed Instruction: An Annotated

Bibliography, U.S. Dept. of Health Education and Welfare, Washington

D.C. 1964, 114 pp.

Smith, Wendell I., and Moore, William J., editors, Programmed Learning:

Theory and Research D. Van Nostrand Company, Inc., Princeton,

Affiliated East-West Press Private Ltd., 1968, 240 pp.

Stolurrow, Lawrence M., Teaching by Machine, U.S Government Printing Office,

Washington, 1961, 173 pp.

Taylor, Gary R., "A Comparative Evaluation of Teaching Effectiveness and

Efficiency for 3 Representation Modes - Programmed Multimedia for

Groups, Programmed Textbook, and Multimedia Lecture - Discussion -

As Adapted from an Original Unit of Instruction". Dissertation

Abstracts, 30 : 3843 - A, 1970.

Tobin, M.J., editor, Problems and Methods in Programmed Learning, National

Centre for Programmed Learning, School of Education, University of

Birmingham, 1967, 104 pp.

The UNESCO Pilot Project for Chemistry Teaching in Asia, Introduction to Chemical Reactions : A Programmed Instruction Sequence, Thailand National Documentation Center, 1965-1966, 138 pp.

Walker, Noojin C., "Programmed Chemistry Laboratory Experiments : Accomplishing Method Objectives", Science Education, 56 : 163-170, No. 2, 1972.

White, Charles Colven, "The Use of Programmed Texts of Remedial Mathematics Instruction in College", Dissertation Abstracts, 30 : 3373-A, 1970.

Young, Jay A., "Programmed Instruction in Chemistry: An invitation to participate", J. Chem Educ. 38 : 463-465, No. 9, 1961.

ภาคผนวก ก.
แบบทดสอบที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาในเรื่องสารและพลังงาน

ตอนที่	เรื่อง
1.1	สมบัติของสาร
1.2	การจำแนก สารออกเป็นหมวดหมู่
1.2.1	สารเนื้อเดียวและสารเนื้อผสม
1.2.2	สารละลายและสารบริสุทธิ์ การศึกษาสมบัติของสารเมื่อได้รับความร้อน การหาจุดหลอมเหลวของของแข็ง ความสามารถในการละลายของสาร การนำไฟฟ้าและความเป็นกรดของของเหลว การกลั่นของเหลว
1.2.3	การทำสารให้บริสุทธิ์ขึ้น การแยกสารละลายโดยวิธีโครมาโตกราฟี การแยกของผสมแนวชาลีนปนเกลือ การเผาสารและทดสอบก๊าซที่เกิดขึ้น
1.2.4	ธาตุและสารประกอบ การผ่านกระแสไฟฟ้าลงในน้ำ ปฏิกริยาระหว่างทองแดงกับกำมะถัน สรุปการจำแนกสาร
1.3	พลังงานกับการเปลี่ยนแปลงของสาร
1.3.1	ระบบและการเปลี่ยนแปลง
1.3.2	การถ่ายเทพลังงาน
1.3.3	ชนิดของการเปลี่ยนแปลง
1.3.4	พลังงานกับการเปลี่ยนสถานะ
1.3.5	พลังงานกับการละลาย
1.3.6	พลังงานกับปฏิกิริยาเคมี
1.3.7	พลังงานกับปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม

Classification of Behavioral Objective For
Science Education (Bio.Chem.Phys.)

A.0 Knowledge and comprehension

- A.1 Knowledge of specific facts
- A.2 Knowledge of specific terminology
- A.3 Knowledge of concepts of science
- A.4 Knowledge of conventions
- A.5 Knowledge of trends and sequences
- A.6 Knowledge of classifications, categories and criteria
- A.7 Knowledge of scientific techniques and procedures
- A.8 Knowledge of scientific principles and laws
- A.9 Knowledge of theories or major conceptual schemes
- A.10 Identification of knowledge in a new context
- A.11 Translation of knowledge from one symbolic form to another

B.0 Processes of scientific inquiry

I Observing and measuring

- B.1 Observation of objects and phenomena
- B.2 Description of observation using appropriate language
- B.3 Measurement of objects and changes
- B.4 Selection of appropriate measuring instruments
- B.5 Estimation of measurement and recognition of limits in accuracy

C.0 II Seeing a problem and seeking ways to solve it

- C.1 Recognition of a problem
- C.2 Formulation of a working hypothesis
- C.3 Selection of Suitable test of a hypothesis
- C.4 Design of appropriate procedures for performing experiments

D.0 III Interpreting data and formulating generalizations

- D.1 Processing of experimental data
- D.2 Prosecution of data in the form of functional relationships
- D.3 Interpretation of experimental data and observations
- D.4 Extrapolation and interpolation
- D.5 Evaluation of a hypothesis under test in the light of data obtained
- D.6 Formulation of generalizations warranted by relationship found

- E.O IV Building, testing, and revising a theoretical model
 - E.1 Recognition of the need for a theoretical model
 - E.2 Formulation of a theoretical model to accommodate knowledge
 - E.3 Specification of relationships satisfied by a model
 - E.4 Deduction of new hypotheses, from a theoretical model
 - E.5 Interpretation and evaluation of tests of a model
 - E.6 Formulation of a revised, refined, or extended model
 - F.O Application of scientific knowledge and methods
 - F.1 Application to new problems in the same field of science
 - F.2 Application to new problems in a different field of science
 - F.3 Application to problems outside of science (including technology)
 - G.O Manual skills
 - G.1 Development of skills in using common laboratory equipment
 - G.2 Performance of common laboratory techniques with care and safety
 - H.O Attitudes and Interests
 - H.1 Manifestation of favorable attitudes toward science and scientists
 - H.2 Acceptance of scientific inquiry as a way of thought
 - H.3 Adoption of "scientific attitudes"
 - H.4 Enjoyment of science learning experiences
 - H.5 Development of interest in science and science-related activities
 - H.6 Development of interest in pursuing a career in science
 - I.O Orientation
 - I.1 Relationships among various types of statements in science
 - I.2 Recognition of the philosophical limitations and influence of scientific inquiry
 - I.3 Historical perspective: recognition of the background of science
 - I.4 Realization of the relationships among science, technology, and economics
 - I.5 Awareness of the social and moral implications of scientific inquiry and its results
-

TABLE OF SPECIFICATION

Test-item	Content	Behavior	Test-item	Content	Behavior
1	1.1	A.10	21	1.3.6	D.3
2	1.2	A.6	22	1.3.4	A.10
3	1.2	A.2	23	1.1	D.3
4	1.2.4	A.2	24	1.2.2	C.1-2
5	1.2.4	A.10	25	1.2.2	C.1-2
6	1.2.1	A.11	26	1.2.2	C.1-3
7	1.2.1	D.3	27	1.2.2	D.3
8	1.2.2	A.7	28	1.2	A.6
9	1.2.3	A.7	29	1.2.4	D.3
10	1.2.2	A.2	30	1.3.6	F.1
11	1.2.3	F.1	31	1.2.3	F.1
12	1.2.3	F.1	32	1.2.3	D.3
13	1.2.3	D.3	33	1.2.2	D.4
14	1.2.2	A.1-3	34	1.2.2	C.4
15	1.3.6	A.11	35	1.3.5	C.4
16	1.3.4	A.1-2			
17	1.3.4	A.10-11			
18	1.3	A.10			
19	1.2.2	A.1			
20	1.2.2	A.7			

ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบที่ใช้ในการวิเคราะห์

ข้อมูล

ข้อที่	P _H	F _L	p	r	ข้อที่	P _H	P _L	p	r
1	100	91	.95*	.28	19	22	4	.12	.38
2	87	61	.75	.33	20	35	9	.21	.37
3	61	35	.48	.26	21	83	39	.62	.46
4	96	57	.80	.56	22	78	39	.59	.40
5	52	17	.34	.39	23	70	30	.50	.40
6	78	26	.52	.52	24	87	52	.71	.41
7	70	39	.55	.32	25	65	30	.47	.35
8	96	87	.92	.25	26	96	61	.81	.53
9	83	22	.53	.60	27	100	91	.95*	.28
10	91	61	.78	.41	28	91	61	.78	.41
11	91	74	.83	.28	29	91	70	.81	.32
12	96	78	.88	.38	30	78	35	.57	.44
13	87	57	.73	.37	31	87	70	.79	.24
14	96	78	.88	.38	32	91	74	.83	.28
15	17	0	.07	.50	33	78	35	.57	.44
16	91	39	.68	.57	34	91	57	.76	.44
17	65	26	.45	.40	35	87	61	.75	.33
18	70	43	.57	.28					

เครื่องหมาย * เป็นค่าใกล้เคียง

ค่าความยากง่ายเฉลี่ย = .62

ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย = .39

การหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ

จากผลการทดสอบครั้งหลัง ซึ่งทดสอบกับนักเรียนจำนวน 83 คน ในข้อสอบที่ได้คัดเลือกไว้จำนวน 35 ข้อ นำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้วิธีแบ่งครึ่ง (Split - half) วิธีการก็คือแบ่งแบบทดสอบเป็นชุดคะแนนของข้อคี่ (X) กับชุดคะแนนของข้อคู่ (Y) นำมาหาสหสัมพันธ์ (r) แล้วคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (r_{tt}) ผลปรากฏว่าได้ค่าต่าง ๆ ดังนี้

	X	Y	X^2	Y^2	XY	
Σ	865	997	9509	12499	10609	

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{N \Sigma XY - \Sigma X \Sigma Y}{\sqrt{\{N \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2\} \{N \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2\}}} \\
 &= \frac{(83 \times 10690) - (865 \times 997)}{\sqrt{\{(83 \times 9509) - (865)^2\} \{(83 \times 12499) - (997)^2\}}} \\
 &= \frac{887270 - 862405}{\sqrt{(789247 - 758225) (1037417 - 994009)}} \\
 &= \frac{24865}{\sqrt{31011 \times 43408}} = \frac{24865}{36696} = .68
 \end{aligned}$$

$$r_{tt} = \frac{2r}{1+r} = \frac{2 \times .68}{1+.68} = .81$$

ภาคผนวก ข.

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

คะแนนจากการทดสอบทั้งสองครั้ง

เลขที่	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	Pre	Post	Pre	Post
1	12	20	12	15
2	13	16	15	18
3	9	29	8	11
4	17	20	16	23
5	17	19	17	27
6	14	22	18	27
7	14	27	19	24
8	17	24	15	18
9	10	23	15	22
10	12	20	15	21
11	15	27	9	21
12	15	26	15	26
13	11	23	15	31
14	15	26	8	20
15	16	34	15	19
16	17	27	6	15
17	9	16	14	21
18	14	21	18	21
19	16	27	12	20
20	15	27	14	15
21	15	27	15	23
22	15	14	20	27

Pre = คะแนนการทดสอบครั้งแรก

Post = คะแนนการทดสอบครั้งถัดมา

เลขที่	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	Pre	Post	Pre	Post
23	13	24	15	30
24	11	25	13	27
25	25	31	16	18
26	20	22	17	26
27	17	25	10	17
28	10	16	18	26
29	15	20	15	20
30	15	17	14	23
31	12	23	18	29
32	12	23	17	20
33	14	26	16	22
34	8	15	12	17
35	17	24	18	26
36	12	23	22	26
37	17	24	19	20
38	12	25	13	23
39	13	23	22	21
40	13	22	18	26
41			12	18
42			11	22
43			15	17
Σ	564	923	642	939
$\bar{X}$	14.100	23.075	14.930	21.837
S^2	10.246	19.148	12.542	19.949

การหาคำนัยสำคัญระหว่างคะแนนการทดสอบครั้งแรกกับคะแนนการทดสอบครั้งหลัง
ของกลมทดลอง

เลขที่	Pre	Post	D	D ²	เลขที่	Pre	Post	D	D ²
1	12	20	8	64	21	15	27	12	144
2	13	16	3	9	22	15	14	-1	1
3	9	29	20	400	23	13	24	11	121
4	17	20	3	9	24	11	25	14	196
5	17	19	2	4	25	25	31	6	36
6	14	22	8	64	26	20	22	2	4
7	14	27	13	169	27	17	25	8	64
8	17	24	7	49	28	10	16	6	36
9	10	23	13	169	29	15	20	5	25
10	12	20	8	64	30	15	17	2	4
11	15	27	12	144	31	12	23	11	121
12	15	26	11	121	32	12	23	11	121
13	11	23	12	144	33	14	26	12	144
14	15	26	11	121	34	8	15	7	49
15	16	34	18	324	35	17	24	7	49
16	17	27	10	100	36	12	23	11	121
17	9	16	7	49	37	17	24	7	49
18	14	21	7	49	38	12	25	13	169
19	16	27	11	121	39	13	23	10	100
20	15	27	12	144	40	13	22	9	81
					Σ			359	3953

การหาค่านัยสำคัญระหว่างคะแนนการทดสอบครั้งแรกกับคะแนนการทดสอบครั้งหลัง

ของกลมความคุม

เลขที่	Pre	Post	D	D ²	เลขที่	Pre	Post	D	D ²
1	12	15	3	9	23	15	30	15	225
2	15	18	3	9	24	13	27	14	196
3	8	11	3	9	25	16	18	2	4
4	16	23	7	49	26	17	26	9	81
5	17	27	10	100	27	10	17	7	49
6	18	27	9	81	28	18	26	8	64
7	19	24	5	25	29	15	20	5	25
8	15	18	3	9	30	14	23	9	81
9	15	22	7	49	31	18	29	11	121
10	15	21	6	36	32	17	20	3	9
11	9	21	12	144	33	16	22	6	36
12	15	26	11	121	34	12	17	5	25
13	15	31	16	256	35	18	26	8	64
14	8	20	12	144	36	22	26	4	16
15	15	19	4	16	37	19	20	1	1
16	6	15	9	81	38	23	23	10	100
17	14	21	7	49	39	22	21	-1	1
18	18	21	3	9	40	18	26	8	64
19	12	20	8	64	41	12	18	6	36
20	14	15	1	1	42	11	22	11	121
21	15	23	8	64	43	15	17	2	4
22	20	27	7	49	Σ			297	2697

จากสูตร

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N - 1}}}$$

$$= \frac{297}{\sqrt{\frac{43 \times 2697 - (297)^2}{43 - 1}}}$$

$$= \frac{297}{\sqrt{661.000}}$$

$$= \frac{297}{25.710}$$

$$= 11.552^*$$

* ค่า t มีนัยสำคัญที่ระดับ
ความเชื่อมั่น .001

การหาค่านัยสำคัญของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างนักเรียนในกลุ่มทดลอง กับกลุ่มควบคุม

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร } t &= \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2}}} \\
 &= \frac{23.075 - 21.837}{\sqrt{\frac{19.148}{40} + \frac{19.949}{43}}} \\
 &= \frac{1.238}{\sqrt{0.943}} \\
 &= \frac{1.238}{0.971} \\
 &= 1.275
 \end{aligned}$$

ค่า t ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05

สำหรับการหาค่านัยสำคัญของคะแนนการทดสอบครั้งแรก ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยก็ได้ใช้วิธีเดียวกับข้างต้นนี้

ค่าอัตราความผิดพลาด (error rate) คิดเป็นร้อยละของกรอบที่นักเรียนคนหนึ่งตอบผิด และอัตราความผิดพลาดเฉลี่ยของบทเรียน

นักเรียน เลขที่	จำนวนกรอบ ที่ตอบผิด	คิดเป็น ร้อยละ	นักเรียน เลขที่	จำนวนกรอบ ที่ตอบผิด	คิดเป็น ร้อยละ
1	$11\frac{1}{2}$	2.50	21	$17\frac{1}{2}$	3.80
2	1	0.22	22	$15\frac{1}{2}$	3.37
3	$3\frac{1}{2}$	0.76	23	6	1.30
4	4	0.87	24	$11\frac{1}{2}$	2.50
5	25	5.43	25	6	1.30
6	$3\frac{1}{2}$	0.76	26	5	1.09
7	$19\frac{1}{2}$	4.24	27	$4\frac{1}{2}$	0.98
8	$12\frac{1}{2}$	2.72	28	11	2.39
9	7	1.52	29	$21\frac{1}{2}$	4.67
10	$12\frac{1}{2}$	2.72	30	8	1.74
11	11	2.39	31	20	4.35
12	9	1.96	32	$5\frac{1}{2}$	1.20
13	4	0.87	33	12	2.61
14	$10\frac{1}{2}$	2.28	34	7	1.52
15	$12\frac{1}{2}$	2.72	35	9	1.96
16	39	8.48	36	20	4.35
17	11	2.39	37	7	1.52
18	$4\frac{1}{2}$	0.98	38	$5\frac{1}{2}$	1.20
19	4	0.87	39	33	7.17
20	12	2.61	40	10	2.17
		Σ			453
					98.48

อัตราความผิดพลาด
เฉลี่ยของบทเรียน
(คิดเป็นร้อยละ)

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{N}$$

$$= \frac{98.48}{40}$$

$$= 2.46 \%$$

Range

$$0.22 - 8.48 \%$$

จำนวนนักเรียนที่ตอบผิด (คิดเป็นร้อยละ) ของแต่ละกรอบในแบบเรียนโปรแกรม

$$\% \text{ error} = \frac{\text{จำนวนนักเรียนที่ตอบผิด} \times 100}{\text{จำนวนนักเรียนทั้งหมด}}$$

1.1 สมบัติของสาร

กรอบที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% error	0	2.50	0	0	2.50	1.25	0	2.50	3.75	3.75
กรอบที่	11	12	13	14	15	16	17			
% error	1.25	10.00	0	1.25	3.75	6.25	3.75			

1.2 การจำแนก สารออกเป็นหมวดหมู่

กรอบที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% error	37.50	0	2.50	0	5.00	0	1.25	0	0	2.50
กรอบที่	11	12	13	14	15					
% error	25.00	0	20.00	0	8.75					

1.2.1 สารเนื้อเดียวและสารเนื้อผสม

กรอบที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9
% error	5.00	0	0	0	0	2.50	0	5.00	0

1.2.2 สารละลายและสารบริสุทธิ์

กรอบที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% error	10.00	0	0	2.50	2.50	0	2.50	2.50	2.50	5.00
กรอบที่	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
% error	15.00	2.50	5.00	0	12.50	2.50	5.00	0	2.50	2.50
กรอบที่	21	22	23	24						
% error	0	2.50	5.00	3.75						

การศึกษาสมบัติของสารเมื่อได้รับความร้อน

กรอบที่	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
% error	2.50	3.75	0	2.50	0	0	7.50	10.00	0	0
กรอบที่	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
% error	0	2.50	0	2.50	2.50	0	0	0	2.50	3.75
กรอบที่	45	46	47							
% error	12.50	0	3.75							

การหาคะหลอมเหลวของของแข็ง

กรอบที่	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
% error	10.00	7.25	1.25	0	2.50	1.25	0	0	0	0
กรอบที่	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
% error	1.25	3.75	0	10.00	0	3.75	6.25	0	2.50	0

ความสามารถในการละลายของสาร

กรอบที่	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82
% error	1.25	3.75	1.25	0	3.75	0	10.00	0	15.00	0
กรอบที่	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
% error	10.00	2.50	0	2.50	2.50	27.50	0	1.25	2.50	0
กรอบที่	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102
% error	10.00	0	0	0	0	0	5.00	0	2.50	0
กรอบที่	103	104	105	106						
% error	1.25	0	42.50	45.00						

การนำไฟฟ้าและความเป็นกรดของของเหลว

กรอบที่	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116
% error	12.50	3.75	0	2.50	2.50	2.50	1.25	5.00	0	2.75
กรอบที่	117	118								
% error	0	2.50								

การกลั่นของเหลว

กรอบที่	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128
% error	0	0	7.50	2.50	2.50	0	5.00	0	0	0
กรอบที่	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138
% error	2.50	0	0	0	0	0	1.25	2.50	2.50	3.75

1.2.3 การทำสารให้บริสุทธิ์ขึ้น

กรอบที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% error	1.25	2.50	0	0	0	2.50	3.75	0	1.25	3.75
กรอบที่	11	12	13	14	15	16	17	18		
% error	0	0	2.50	0	0	5.00	6.25	7.50		

การแยกสารละลายโดยวิธีโครมาโตกราฟี

กรอบที่	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
% error	2.50	0	12.50	10.00	0	0	8.75	6.25	0	2.50
กรอบที่	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
% error	0	2.50	0	1.25	0	0	0	6.25	7.50	2.50
กรอบที่	39	40	41	42	43					
% error	2.50	2.50	20.00	2.50	0					

การแยกของผสมแนพทาลินปนเกลือ

กรอบที่	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
% error	0	0	2.50	6.25	1.25	0	2.50	0	10.00	0
กรอบที่	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
% error	8.75	0	5.00	2.50	0	0	1.25	0	2.50	2.50
กรอบที่	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
% error	5.00	1.25	0	0	5.00	2.50	0	0	0	0

การเผาสารและทดสอบกาชท์เกิดขึ้น

กรอบที่	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
% error	0	1.25	0	0	0	0	1.25	1.25	10.00	0
กรอบที่	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
% error	0	2.50	2.50	0	0	2.50	0	0	0	0
กรอบที่	94	95	96							
% error	2.50	1.25	0							

การฉนวนกระแสไฟฟ้าลงในน้ำ

กรอบที่	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
% error	2.50	0	0	1.25	6.25	2.50	5.00	0	0	2.50
กรอบที่	107	108	109							
% error	0	0	5.00							

1.2.4 ชุดกับสารประกอบ

กรอบที่	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
% error	0	0	3.75	0	0	0	2.50	0	1.25	0	0

ปฏิกิริยาระหว่างทองแดงกับกำมะถัน

กรอบที่	121	122	123	124	125	126	127	128	129		
% error	0	0	12.50	0	0	5.00	2.50	0	0		

พลังงานกับการละลาย

กรอบที่	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
% error	1.25	0	2.50	0	0	0	0	1.25	7.50	7.50
กรอบที่	70	71	72	73						
% error	16.25	5.00	0	7.50						

พลังงานกับปฏิกิริยาเคมี

กรอบที่	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
% error	0	0	0	2.50	0	0	1.25	1.25	1.25	0
กรอบที่	84	85	86	87	88	89	90	91		
% error	2.50	0	0	0	0	6.25	0	3.75		

พลังงานกับปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม

กรอบที่	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101
% error	3.75	0	2.50	0	0	0	0	0	0	0
กรอบที่	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
% error	0	2.50	0	7.50	7.50	3.75	1.25	0	0	1.25
กรอบที่	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121
% error	0	2.50	0	0	0	0	2.50	3.75	11.25	0
กรอบที่	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131
% error	0	0	2.50	0	5.00	0	1.25	2.50	0	2.50
กรอบที่	132	133	134	135	136					
% error	12.50	2.50	0	0	0					

ภาคผนวก ค.

แบบ เรียนโปรแกรมที่^๑ได้^๒รับ^๒ปริญญแล้ว

แบบเรียนโปรแกรมวิชา เกษี

เรื่อง

สสาร และพลังงาน

ตามหลักสูตรใหม่ของสภานิสง เติริมการสอณวิพาสาสตรและ เคโนโนสย

สำหรับนักเรียนมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจงสำหรับผู้เรียน

แบบเรียนเล่มนี้เรียกว่าแบบเรียนโปรแกรม (Programmed Textbook) เป็นแบบเรียนที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องง้อครูสอน แบบเรียนโปรแกรมจะทำหน้าที่เสมือนเป็นผู้สอนประจำตัวผู้เรียน ฉะนั้นผู้เรียนจะต้องปฏิบัติตามคำสั่งของแบบเรียนอย่างเคร่งครัดจึงจะได้ผลดี

รายละเอียดเกี่ยวกับแบบเรียน มีดังนี้

๑. แบบเรียนโปรแกรมเล่มนี้เขียนขึ้นตามเนื้อหาของวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามหลักสูตรใหม่ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เฉพาะเนื้อหาในบทที่ ๑ เรื่อง " สารและพลังงาน "

๒. เนื้อหาในบทเรียนนี้แบ่งออกเป็นชั้นเล็กๆ เรียกว่ากรอบ เรียงจากง่ายไปหายาก ตามลำดับ

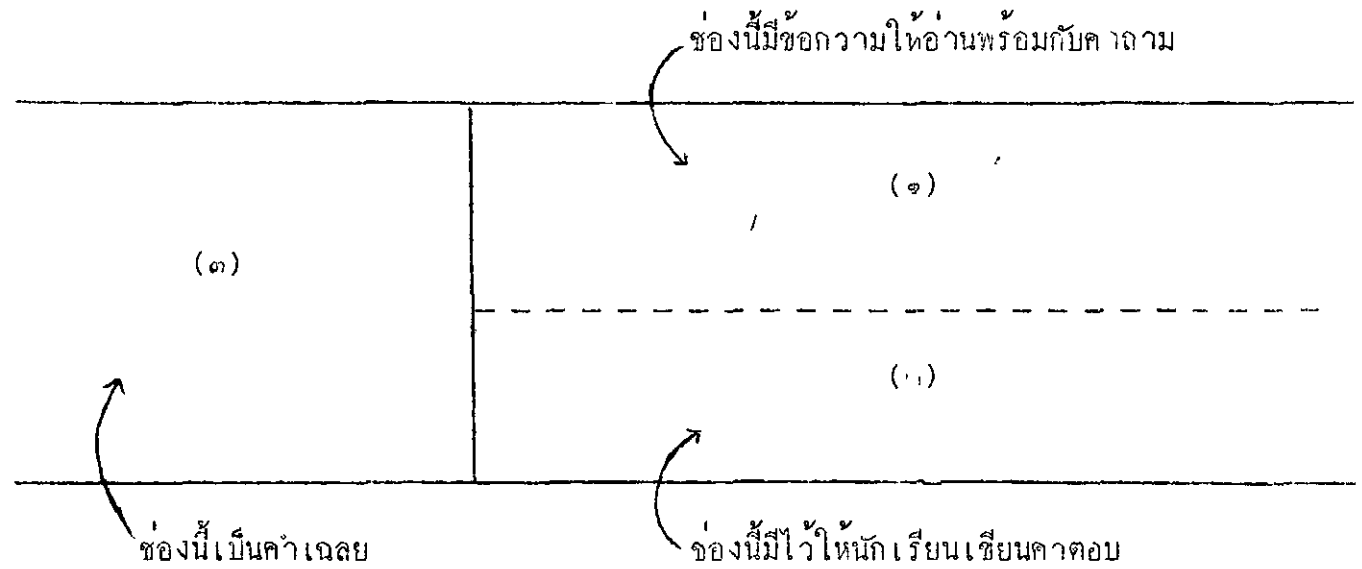
๓. ในแต่ละชั้นจะมีข้อความรู้ให้นักเรียนอ่าน และมีคำถามมาให้คิด นักเรียนจะเรียนรู้ไปทีละชั้น และสามารถทดสอบความเข้าใจไปพร้อมๆ กับการเรียนด้วยการตอบคำถามเป็นชั้นๆ ไป

๔. นักเรียนจะทราบทันทีว่าคำตอบของนักเรียนถูกหรือผิด เพราะจะมีการเฉลยคำตอบไว้ด้วย

๕. ในแต่ละกรอบแบ่งเป็น ๓ ช่อง ดังนี้

- (๑) ช่องขวามือด้านบน เป็นข้อความรู้ที่จะให้นักเรียนอ่าน (หรือมีคำสั่งให้นักเรียนทำการทดลอง) พร้อมทั้งมีคำถามให้นักเรียนตอบ
- (๒) ช่องขวามือด้านล่าง เป็นช่องที่เว้นไว้ให้นักเรียนเขียนคำตอบ
- (๓) ช่องซ้ายมือ เป็นเฉลยของแต่ละกรอบในหน้าที่แล้วมา

ตัวอย่าง :



วิธีเรียน

- ขั้นที่ ๑ อ่านข้อความในช่องที่ (๑)
- ขั้นที่ ๒ ตอบคำถาม โดยเขียนคำตอบลงในช่องที่ (๒) ซึ่งอยู่ใต้เส้นประมา (ห้ามเขียนบนเส้นประ)
- ขั้นที่ ๓ เมื่อเขียนคำตอบเสร็จแล้ว ให้เปิดดูค่าเฉลี่ยในช่องที่ (๓) ของหน้าถัดไป

เปิดไปหน้าถัดไปแล้วทดลองเรียน

กรอกรตัวอย่างสำหรับให้ทดลองเรียน

๑

ในวิชาพีชคณิต การเขียนตัวเลขและตัวอักษร เรียงกันใน
รูปผลคูณ เราเขียนตัวเลขนำตัวอักษรเสมอ

เช่น $a \times 5$ เขียนว่า $5a$

ฉะนั้น $b \times 3$ เขียนว่า

(เขียนคำตอบตรงนี้)

(เสร็จแล้วเปิดดูคำตอบในหน้าถัดไป)

๒

ถ้ามีตัวเลขมากกว่าหนึ่งตัว ให้หาผลคูณของจำนวนที่เป็น
ตัวเลขเสียก่อน เช่น

$2 \times a \times 4$ เขียนว่า $8a$

ฉะนั้น $b \times 3 \times 2$ เขียนว่า

๓

ก. $6 \times a$ เขียนว่า

ข. $\frac{1}{4} \times p \times 3$ เขียนว่า

ก.

ข.

เมื่อนักเรียนเข้าใจวิธีเรียนแล้ว ให้เปิดไปอ่านคำชี้แจงเพิ่มเติมในหน้าต่อไป

9

3b

5

6b

7

11. 6d

12. $\frac{3p}{4}$

คำชี้แจงเพิ่มเติม

๑. เมื่อนักเรียนเปิดดูคำตอบแล้วให้เปรียบเทียบกับคำตอบของนักเรียน ถ้าตรงกันหรือเป็นไปในทางองเดียวกันก็ทำกรอบต่อไป แต่ถ้าผิดหรือไม่เป็นไปในทางองเดียวกัน ให้กลับไปอ่านและทำความเข้าใจกับเรื่องราวในกรอบที่แล้ว ๆ มาอีกครั้ง แล้วตอบใหม่

๒. ผู้เรียนจะต้องซื้อสัคย คือเรียนจากการอ่านและพยายามทำความเข้าใจในแต่ละชั้นให้ได้ ถ้ายังเขียนคำตอบไม่เสร็จห้ามเปิดดูคำตอบที่ได้ไว้ เพราะถ้าเปิดดูคำตอบเสียก่อนก็เท่ากับนักเรียนลอกคำตอบ และจะไม่ได้ผลอะไร

๓. ทำทุก ๆ กรอบจากเริ่มต้น อย่าข้ามกรอบใดกรอบหนึ่ง ระลึกไว้เสมอว่าคำถามและคำตอบแต่ละชั้นไม่ใช่ข้อสอบ แต่เป็นบทเรียนที่นักเรียนจะต้องเรียนรู้

๔ ในการเรียนบางตอนนักเรียนจะห้องทำการทดลองด้วย

ข้อแนะนำในการทำการทดลอง

ในขณะทำการทดลองให้ปฏิบัติดังนี้

๑. อ่านข้อความที่แนะนำถึงเรื่องที่จะทดลอง วิธีทดลอง และตัวอย่างการบันทึกผลการทดลอง ให้ตลอดก่อนที่จะลงมือทดลอง

๒. นักเรียนต้องมีสมุด ๑ เล่ม ไว้สำหรับบันทึกผลการทดลอง และห้องทำการร่างบันทึกผลการทดลองตามตัวอย่างไว้ให้พร้อมก่อนที่จะลงมือทดลอง

๓. ทำการทดลองโดยใช้อุปกรณ์และสารเคมีซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะบรรจุอุปกรณ์และกล่องบรรจุสารเคมี ตามลำดับ (รายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์และสารเคมีให้ดูในคู่มือแบบเรียนโปรแกรม)

๔. เมื่อทำการทดลองเสร็จแล้ว ให้ตอบคำถามต่อไปนี้จนจบเรื่องที่ได้ทำการทดลอง แล้วเขียนรายงานการทดลองตามแบบที่ได้แนะนำไว้ในแบบเรียน

๕. เมื่อเขียนรายงานเสร็จแล้ว ให้นำไปเปรียบเทียบกับตัวอย่างรายงานการทดลองซึ่งมีอยู่ในคู่มือแบบเรียนโปรแกรม แล้วพยายามแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการเขียนรายงานสำหรับการทดลองครั้งต่อไป

(ก่อนลงมือเรียน ให้ให้นักเรียนอ่านในคู่มือแบบเรียนโปรแกรมและจัดอุปกรณ์และสารเคมีไว้ให้พร้อม)

๑.๑ สมบัติของสาร

คาเฉลี่ยของกรอบนี้อยู่ใน ช่องซ้ายมือของหน้าถัดไป เมื่อเขียนคำตอบของกรอบ นี้เสร็จแล้ว จึงเปิดดู	๑ นักเรียนเคยทราบมาแล้วว่า สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวเรา ไม่ว่าจะเป็น อากาศ น้ำ ดิน ไม้ เป็นต้น ล้วนเป็น<u>สาร</u>ทั้งสิ้น สารคือสิ่งที่มีน้ำหนัก ต้องการที่อยู่ และสัมผัสได้ด้วยประสาท สัมผัสต่าง ๆ ต่อไปนี้สิ่งใดเป็นสาร ? กาซออกซิเจน ไ้ตะ ความร้อน แสง น้ำมัน ไฟฟ้า (เลือกคำตอบที่ถูกเขียนลงในช่องว่างข้างล่าง) -----
ตอบเสร็จแล้ว เปิดดูคาเฉลี่ย ในช่องซ้ายมือของหน้าถัดไป เช่นกัน	๒ ต่อไปนี้สิ่งใดที่ไม่เป็นสาร ? หนังสือ ความคิด เสียง มากกา กาพูด การคาร์บอนได- ออกไซด์ -----
ตอบเสร็จแล้ว เปิดดูคาเฉลี่ย ในช่องซ้ายมือของหน้าถัดไป เช่นกัน	๓ จงให้ความหมายของคำว่า<u>สาร</u> -----

๑ กาชอกชีเจน โຕ๊ะ น้ำมัน	๔ • <u>สมบัติของสาร</u> คือลักษณะเฉพาะตัวของสาร เช่น รูปร่าง สี กลิ่น รส สถานะ (ของแข็ง-ของเหลว-ก๊าซ) ลักษณะเนื้อสาร (สารเนื้อเดียว-สารเนื้อผสม) ความหนาแน่น การละลาย การนำไฟฟ้า เป็นต้น ลักษณะเฉพาะตัวของเกลือแกง เช่น มีรูปร่างเป็นเม็ด ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีรสเค็ม เป็นของแข็ง เป็นสารเนื้อเดียว ละลายน้ำได้ เป็นต้น ลักษณะเหล่านี้เรียกว่า ของเกลือแกง -----
๒ ความคิด เสียง คาซูก	๕ รูปร่าง สี กลิ่น รส สถานะ ลักษณะเนื้อสาร ความหนา- แน่น การละลาย การนำไฟฟ้า ต่างก็เป็น ของ สาร -----
๓ สสาร คือสิ่งที่มีน้ำหนัก ต้องการที่อยู่ และสัมผัสได้ ด้วยประสาทสัมผัสต่าง ๆ	๖ จงบอกสมบัติของน้ำ ในด้านสถานะ สี กลิ่น รส และ ลักษณะเนื้อสาร (เนื้อเดียวหรือเนื้อผสม) -----

๔ สมบัติ	๗ สมบัติของสาร: ยังหมายถึงลักษณะที่บอกความเหมือนหรือความแตกต่างระหว่างสารหนึ่งกับสารอื่น ๆ ด้วย สารต่างชนิดกันย่อมมีสมบัติบางประการหรือทั้งหมดแตกต่างกัน เกลือกับน้ำเป็นสารต่างชนิดกัน เพราะมีสมบัติอะไรบ้างที่แตกต่างกัน (บอกมา ๒ ประการ) ? -----
๕ สมบัติ	๘ จงบอกสมบัติที่เหมือนกันระหว่างเกลือแกงกับน้ำตาลทราย มา ๓ ประการ (ถ้าเป็นสีขาวให้ถือว่าไม่มีสี) -----
๖ ของเหลว ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส เนื้อเคี้ยว	๙ จงบอกสมบัติที่เหมือนกันและที่ต่างกัน ระหว่างน้ำกับน้ำตาลทราย มาอย่างละ ๒ ประการ -----

๗ ๑. เกลือเป็นของแข็ง น้ำเป็นของเหลว ๒. เกลือมีรสเค็ม น้ำไม่มีรส (หรือจะใช้สมบัติด้านอื่น ๆ ที่ต่างกันก็ได้)	๑๐ จงหยิบหลอดพลาสติกในกล่องหมายเลข ๑๐ ขึ้นมา พิจารณาว่าสารที่มีอยู่ในหลอดนั้นมีลักษณะเนื้อสารอย่างไร (ถ้ามีลักษณะและสีเหมือนกันโดยตลอดก็เป็นสารเนื้อเดียว แต่ถ้า ไม่เหมือนกันโดยตลอดก็เป็นสารเนื้อผสม)
๘ ๑. เป็นของแข็ง ๒. ไม่มีสี ๓. ละลายน้ำได้ (หรือจะใช้สมบัติด้านอื่น ๆ ที่เหมือนกันก็ได้)	๑๑ เราสามารถบอกสมบัติบางประการของสาร ได้ด้วยการ สังเกตด้วยตา ต่อไปนี้กำหนดให้เป็นสมบัติซึ่งเราสามารถบอกหรือบรรยาย ได้ด้วยการสังเกตด้วยตาเพียงอย่างเดียว (โดยไม่ต้องทำการ- ทดลอง) ? สถานะ รูปร่าง สี กลิ่น รส การละลายน้ำ การนำไฟฟ้า ลักษณะเนื้อสาร (เนื้อเดียว-เนื้อผสม)
๙ สมบัติที่เหมือนกัน ๑. ไม่มีสี ๒. ไม่มีกลิ่น สมบัติที่ต่างกัน ๑. น้ำเป็นของเหลว ส่วน น้ำตาลทรายเป็นของแข็ง ๒. น้ำตาลทรายมีรสหวาน ส่วนน้ำไม่มีรส (หรือจะใช้สมบัติด้านอื่น ๆ ก็ได้)	๑๒ สมบัติที่เราสามารถบอกหรือบรรยายได้ด้วยการสังเกต ด้วยตาอย่างเดียว ได้แก่ รูปร่าง สี สถานะ ลักษณะเนื้อสาร ให้นักเรียนหยิบแท่งชอล์กในกล่องหมายเลข ๑.๑๐ ตั้ง สองแท่งขึ้นมาพิจารณา แล้วบอกสมบัติของชอล์กเฉพาะ<u>สมบัติที่</u> <u>บอกได้ด้วยการสังเกตด้วยตา</u>

๑๐ เนือณลม	๑๓ นอกจากการสังเกตด้วยตาแล้ว เราสามารถบอกสมบัติของสาร ได้โดยการสัมผัสทางประสาทต่างๆ เช่นการใช้มือจับ จะทำให้ทราบสมบัติในด้านความแข็ง-อ่อน เป็นต้น การชิม การดม จะทำให้ทราบสมบัติด้านใดของสาร ?
๑๑ สถานะ รูปร่าง สี ลักษณะเนื้อสาร	๑๔ คงที่ได้กล่าวมาแล้ว เราทราบสมบัติบางประการของสาร ได้โดยการสัมผัสทางประสาทต่าง ๆ ก. การสังเกตด้วยตาทำให้ทราบสมบัติด้านใดบ้าง ? ข. เราจะทราบสมบัติด้าน กลิ่น รส ความแข็ง-อ่อน ของสาร ได้โดยวิธีใดบ้าง ?
๑๒ ๑. มีรูปร่างเป็นแท่งกลม ยาวประมาณ ๓ นิ้ว ๒. แท่งหนึ่งสีขาว อีกแท่งหนึ่งสีเหลือง ๓. เป็นของแข็ง ๔. เป็นสารเนื้อเดียว	๑๕ ยังมีสมบัติอื่น ๆ ของสาร ซึ่งเราไม่สามารถทราบได้โดยการสัมผัสด้วยประสาทต่าง ๆ เท่านั้น แต่ต้อง<u>ทำการทดลอง</u> และ<u>ใช้การสังเกต</u>ควบคู่กันไปด้วย เราจะทราบสมบัติของสาร ในด้าน การละลาย การนำไฟฟ้า จุดหลอมเหลว จุดเดือด ความหนาแน่น ได้อย่างไร ?

๑๓ รสี กลิ่น	๑๒ เราจะทราบสมบัติต่าง ๆ ของสาร ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ตั้งแต่ต้นได้อย่างไรบ้าง ?
๑๔ ก. รูปร่าง สถานะ ส ลักษณะเนื้อสาร ข. โดยการคม การชิม การใช้มือจับ	๑๓ ก. จงให้ความหมายของคำว่า " สมบัติของสาร " ข จงรวบรวมสมบัติของสาร เท่าที่ได้กล่าวมาแล้ว ทั้งหมด
๑๕ โดยการทดลองและใช้การ สังเกตความดูกันไป	

๑๖

๑. การสังเกตด้วยตา
๒. โดยการสัมผัสทางประสาท
ต่าง ๆ เช่น การคม
การซึม การใช้มือจับ
๓. โดยการทดลองและใช้
การสังเกตควบคู่กันไป

๑๗

- ก. สมบัติของสาร หมายถึง
ลักษณะเฉพาะตัวของ สาร
หรือลักษณะที่บอกถึงความ-
เหมือน หรือความแตกต่าง
ระหว่างสารหนึ่งกับสารอื่น ๆ
- ข. รูปร่าง สถานะ สี
กลิ่น รส ลักษณะเนื้อสาร
ความแข็ง-อ่อน การละลาย
การนำไฟฟ้า พหุหลอมเหลว
จุดเดือด ความหนาแน่น

ต่อไปนี้เป็น การทดลอง จุดมุ่งหมายของการทดลองนี้
เพื่อให้ นักเรียนสามารถรวบรวมสมบัติต่าง ๆ ของ สาร และหัด
บันทึกผลการทดลองอย่างมีระเบียบ

ในการทดลองนี้ต้องการให้นักเรียนบรรยายสมบัติของ
สารโดยการสังเกตด้วยตาเท่านั้น นักเรียนจึงไม่จำเป็นต้องมี
ภาชนะที่บรรจุ สาร ไม่ต้องกบ และห้ามชิม สารตัวอย่างทุกชนิด
เพราะสารบางอย่างเป็นพิษ สมบัติของ สารที่นักเรียนทราบได้
จากการสังเกตด้วยตา เช่น รูปร่าง (ถ้าเป็นของเหลวหรือภาชนะ
จะมีรูปร่างเป็นไปตามภาชนะ ถ้าเป็นของแข็งอาจมีรูปร่างเป็น
เป็นเม็ด หรือเป็นแท่ง ฯลฯ) สถานะ สี ลักษณะเนื้อสาร
(สารเนื้อเคี้ยวหรือเนื้อผสม)

ขณะทำการทดลอง นักเรียนจะต้องมีสมุดเล่มหนึ่งไว้ใช้ -
หรับบันทึกผลการทดลอง เมื่อทดลองเสร็จแล้วก็เขียนรายงาน
การทดลอง เมื่อเขียนเสร็จแล้วให้นำไปเปรียบเทียบกับตัวอย่าง
รายงานการทดลองที่มีอยู่ในหนังสือคู่มือแบบเรียนโปรแกรม

ในรายงานการทดลองควรแสดงสิ่งต่อไปนี้

๑. วันที่ทำการทดลอง
๒. ชื่อการทดลองและความมุ่งหมาย
๓. วิธีทำ (เขียนอย่างย่อพอให้รู้วิธีการ)
๔. ผลการทดลอง (ควรเสนอผลการทดลองในรูปตาราง)

การทดลองที่ ๑.๑ สมบัติของสาร.

วิธีทำ เปิดกล่องหมายเลข ๑.๑ ข หยิบหลอดพลาสติกที่บรรจุ
สารตัวอย่างแต่ละชนิดขึ้นมาสังเกตสมบัติ (เฉพาะสมบัติที่ทราบ
ได้โดยการสังเกตด้วยตา) แล้วบันทึกผลลงในสมุด

เมื่อบันทึกผลเสร็จแล้ว ให้นักเรียนเขียนรายงานการทดลอง
(สำหรับการทดลองนี้ให้เขียนลงในแบบตัวอย่างรายงานการ
ทดลองที่ได้ให้ไว้ในหน้าถัดไป)

1.2 การจำแนกสารออกเป็นหมวดหมู่

1 |

สารมีหลายชนิด มีสมบัติบางประการเหมือนกัน บางประการ
ต่างกัน ถ้าเราสามารถจัดรวบรวมเข้าเป็นหมวดหมู่โดยยึดเกณฑ์ที่
เหมาะสม ก็จะช่วยให้เราศึกษาจากจำสารเหล่านั้นได้ง่ายขึ้น

เราใช้ ที่เหมาะสม เป็นสิ่งยึดในการจัดรวบ
สารเข้าเป็นหมวดหมู่

2 |

ในการจำแนกสารออกเป็นหมวดหมู่ สิ่งที่ใช้เป็นเกณฑ์ คือ
สมบัติของสาร

จงยกตัวอย่างเกณฑ์ที่สามารถใช้จำแนกสารได้มา 3 อย่าง

3 |

การจำแนกสารออกเป็นหมวดหมู่ มีประโยชน์อย่างไร ?

1 เกณฑ์	4 การจำแนก สาระทำไ้หลายแบบแล้วแต่เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นตามความต้องการ เช่น การจำแนกตามสถานะ สี กลิ่น รุปร่าง ลักษณะ เนื้อสาร เป็นต้น ในบรรดา สารต่อไปนี้ คือ น้ำ กระเจก น้ำมัน ไม้อัลกอลอล์ กอนหิน ถ้าเราจำแนกออกเป็น 2 พวก คือ พวกที่ 1 มี น้ำ น้ำมัน อัลกอลอล์ พวกที่ 2 มี กระเจก ไม กอนหิน กรณีนี้เราจำแนกโดยใช้สมบัติด้านใดเป็นเกณฑ์ ?
2 รูปร่าง สถานะ สี กลิ่น (หรือสมบัติอื่นอื่น ๆ ก็ได้)	5 ในบรรดา สารต่อไปนี้ คือ น้ำ กระเจก ลูกเหม้น ไม น้ำหอม และดอกกุหลาบ ถ้าเราจำแนกเป็น 2 พวก คือ พวกที่ 1 มี น้ำ กระเจก ไม พวกที่ 2 มี น้ำหอม ลูกเหม้น ดอกกุหลาบ กรณีนี้เราจำแนกโดยใช้สมบัติด้านใดเป็นเกณฑ์ ?
3 ช่วยให้เรารู้จักจำ สารต่าง ๆ ใ้กายขึ้น	6 ในการจำแนก สารออกเป็นหมวดหมู่ เราใช้สมบัติอะไรบ้างเป็นเกณฑ์ บอกมา 4 ประการ

4 สถานะ	7] ให้นักเรียนหยิบกล่องหมายเลข 1.2ก ขึ้นมา แล้ว จำแนก สารในกล่องออกเป็นพวก ๆ โดยใช้สถานะเป็นเกณฑ์ นักเรียนจำแนกออกได้เป็นกี่พวก แต่ละพวกมีอะไรบาง ?
5 กลิ่น	8] ในการจำแนกสาร หากเราจำแนกด้วยเกณฑ์ที่ไม่เหมือนกันแล้ว สารซึ่งเคยจัดไว้ในกลุ่มเดียวกันตามเกณฑ์หนึ่ง อาจไม่ ถูกจัดไว้ในกลุ่มเดียวกันตามเกณฑ์อีกอย่างหนึ่งก็ได้ ให้นักเรียนจำแนก สารในกล่องเดิม (1.2ก) โดยใช้สี เป็นเกณฑ์ คือ พวกมีสีกับไม่มีสี แต่ละพวกมีอะไรบาง ?
6 สถานะ สี กลิ่น รส (หรือจะใช้สมบัติอื่น ๆ ก็ได้)	9] เมื่อใช้สถานะ เป็นเกณฑ์ ปรากฏว่ากำมะถันและน้ำตาลจะ ทรายอยู่ในกลุ่มเดียวกัน แต่เมื่อใช้สีเป็นเกณฑ์ปรากฏว่าเรา จำแนกให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันอีกหรือไม่ ?

7

จำแนกออกได้เป็น 3 พวก
คือ
ของแข็ง มี น้ำตาลทราย
กำมะถัน จุนดี
ของเหลว มี อีลกอฮอล์
น้ำ น้ำหมึก
ก๊าซ มี อากาศ

10

ในการจำแนก สารที่กำหนดให้ออกเป็นหมวดหมู่ เรา
ต้องเลือกเกณฑ์ขึ้นมาก่อน การที่จะเลือกเกณฑ์ใดถูกต้องก็ต้อง
ดูวัตถุประสงค์ในการจัด และถ้าใช้ เกณฑ์ต่างกันก็จะทำให้จำแนก
สารออกเป็นหมวดหมู่ใดไม่เหมือนกัน
ถ้ามี สารตัวอย่างจำนวนหนึ่ง เราต้องการจัดของแข็ง
ไวพวกหนึ่งและของเหลวไวอีกพวกหนึ่ง เราต้องใช้อะไร เป็น
เกณฑ์ ?

8

พวกมีสี มี จุนดี กำมะถัน
น้ำหมึก
พวกไม่มีสี มี น้ำ
อีลกอฮอล์ น้ำตาลทราย
อากาศ

11

ถ้าจะให้พิจารณาว่าใคร เลือกเกณฑ์จัดหมวดหมู่ของ สาร
ใดเหมาะสมเพียงใด จะต้องพิจารณาอะไรประกอบ ?

12

ถ้าใช้ เกณฑ์ต่างกัน จะจำแนก สารที่กำหนดให้ออกเป็น
หมวดหมู่ใดเหมือนกันหรือไม่ ?

9

ไม่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

13

ผลการจัดสารต่าง ๆ ที่กำหนดให้ออกเป็นหมวดหมู่
ปรากฏว่าแต่ละคนจัดไม่เหมือนกัน เป็นเพราะเหตุใด ?

10 สถานะ	14 ในการจำแนก สารหรือการจัดหมวดหมู่ของ สาร ไม่ว่า จะใช้ เกณฑ์ใดเรามักจะประสบปัญหาเสมอ คือจะคงปรากฏว่า มีสารหลายชนิดซึ่งยากที่จะตัดสินให้เข้าคลากลงไปว่าอยู่ในประเภทใดอย่างแท้จริง เช่นการจำแนกออกเป็นของแข็งกับของเหลว ก็จะปีสารบางอย่างมีลักษณะกึ่งของแข็งกึ่งของเหลว และถ้าใช้ สีเป็นเกณฑ์ทางสารกับออกสีไดยาก เป็นคน ในบรรดาสารต่อไปนี้ สารใดที่บอกสถานะไดยาก ? แปง เปียก อากาศ กาว กินแฉะ ๆ และ ๆ สังกะยา ยางสน
11 วัตถุประสงค์ในการจัด	----- 15 ในการจำแนก สารออกเป็นหมวดหมู่ เรามักจะประสบ ปัญหา คือ มี สารหลายชนิดยากที่จะตัดสินให้เข้าคลากลงไปว่าอยู่ในประเภทใดอย่างแท้จริง
12 ไม่เหมือนกัน	ถ้าใช้สถานะและสีเป็นเกณฑ์ เรามักจะประสบปัญหา อย่างไร ? -----
13 เพราะใช้ เกณฑ์ต่างกัน	

14

แบ่งเป็ยก กาว
ดินแฉะๆและๆ สังกษา

ในการทดลองต่อไปนี้ ต้องการให้นักเรียนวิเคราะห์สมบัติ
ของ สารตัวอย่าง เพื่อคิดหาเกณฑ์ และตั้ง เกณฑ์ขึ้น เพื่อจำแนก
สารออกเป็นหมวดหมู่

การทดลองที่ 1.2 การจำแนกสาร ออกเป็นหมวดหมู่

วิธีทำ เปิดกล่องหมายเลข 1.2 ข หีบพลอกที่บรรจุสารต่างๆ
ขึ้นมาสัง เกตสมบัติ แล้ว เลือก เกณฑ์ที่เหมาะสมแบ่งสารทั้งหมดออก
เป็นกลุ่ม ๆ บันทึกผลไว้ว่าแต่ละกลุ่มมีสารอะไรบ้าง ถอดไปเก็บ
สารในแต่ละกลุ่มที่ใดจำแนกไว้ในครั้งแรกนั้นออกเป็นกลุ่มย่อยอีก

โดยใช้ เกณฑ์ใหม่ บันทึกผลลงในสมุดว่าแต่ละกลุ่มมีสารอะไรบ้าง

ในการเขียนรายงานตอนที่เป็ผลการทดลอง ให้บอกว่า
ครั้งแรกใช้ อะไร เป็น เกณฑ์ แบ่งสารทั้งหมดออกเป็นกี่กลุ่ม แต่ละ
กลุ่มมีสารอะไรบ้าง ครั้งที่สองใช้ อะไร เป็น เกณฑ์ แบ่งสารใน
กลุ่มที่ใดจำแนกไว้จากครั้งแรกนั้นออกเป็นกลุ่มย่อยใดกี่กลุ่ม แต่ละ
กลุ่มเป็นพวกใด มีสารอะไรบ้าง

สำหรับรายงานการทดลองนี้ ให้เขียนลงในกระดาษซึ่ง
ได้จัดไว้ให้ในหน้าถัดไป เมื่อเขียนเสร็จแล้วให้นำไปเปรียบ เทียบ
กับตัวอย่างรายงานการทดลองที่ 1.2 ซึ่งมีอยู่ในคู่มือแบบ เรียน-
โปรแกรม แล้วพยายามปรับปรุงขอบกพร่องต่างๆในการ เขียน
รายงานครั้งต่อไปด้วย

15

มีสารบางชนิดที่ออกสถานะ
ไคยาก เช่นมีลักษณะกึ่ง
ของ เหลวกึ่งของแข็ง
ถ้าใช้สี เป็น เกณฑ์ ก็จะมีสาร
บางชนิดที่ออกสีไคยาก

รายงานการทดลอง

วันที่.....

การทดลองที่ 1.2 การจำแนกสาร ออกเป็นหมวดหมู่

วัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์สมบัติของ สารตัวอย่าง เพื่อศึกษา เกล็ด และคั่ง เกล็ดขึ้น เพื่อ
จำแนก สารออกเป็นหมวดหมู่

วิธีทำ สังเกตสมบัติของสาร แล้ว เลือก เกล็ดที่เหมาะสมจำแนก สารตัวอย่างออกเป็น
หมวดหมู่ แล้วบันทึกผล

ผลการทดลอง

1.2.1 สาร เนื้อเคี้ยวและสาร เนื้อผสม

1

เกณฑ์อย่างหนึ่งในการจำแนก สารซึ่งนักเคมีใช้กันเสมอ คือการจำแนกตามลักษณะ เนื้อสาร แบ่งเป็นสารเนื้อเคี้ยว และ สารเนื้อผสม

ลักษณะ เนื้อสารก็เป็น.....อย่างหนึ่งในการจำแนก สารซึ่งนักเคมีใช้กันเสมอ

2

สารที่มีเนื้อหรือองค์ประกอบกลมกลืน เหมือนกันทุกส่วน ซึ่งทราบได้จากการสังเกตหรือการทดสอบ เรียกว่าสารเนื้อเคี้ยว

ทองคำ เงิน ทองเหลือง น้ำเกลือ น้ำกลั่น มีเนื้อ กลมกลืนเหมือนกันตลอด สารเหล่านี้จึงจัดเป็น.....

3

สารที่มีเนื้อหรือองค์ประกอบไม่กลมกลืน เหมือนกันตลอด จัดเป็นประเภทสารเนื้อผสม (หรือของผสม)

ดิน ทราย น้ำคลอง มีเนื้อไม่กลมกลืนเหมือนกันโดย ตลอด จึงจัดเป็นประเภท.....

1

เกณฑ์

4

ให้นักเรียนจำแนก สารต่อไปนี้ออกเป็นพวกสาร เนื้อเยื่อ
และสาร เนื้อผสม
อากาศ น้ำมันปนน้ำ น้ำโคลน พริกเกลือ น้ำหมึก
เทียนไข (เนื้อเทียน)

2

สาร เนื้อเยื่อ

5

การจำแนก สาร ออกเป็นสาร เนื้อเยื่อและสาร เนื้อผสม
จะต้องระมัดระวังตรวจสอบให้ดีถวน เพราะในบางกรณีสิ่งที่
มองดูเป็นอาจคิดว่า เป็นของผสม เช่น ปูนขาวในถุงมีลักษณะ
เป็นก้อนขนาดต่าง ๆ กัน หากเราใช้การดูขนาดของก้อนเป็น
เกณฑ์อาจชักสินผิดไปได้ ความจริง เนื้อปูนขาวทุกส่วนเหมือนกัน
และไม่ว่าจะทดสอบสมบัติใด ๆ ก็เหมือนกันทุกส่วน
ดังนั้นปูนขาวจึง เป็น.....

3

สาร เนื้อผสม
(หรือของผสม)

6

ให้นักเรียนหยิบหลอดพลาสติกที่เขียนข้างหลอดว่า
แนพธาซีนปน เกลือ ขึ้นมาพิจารณา
จะ เห็นว่าแนพธาซีนปน เกลือ ใดถูกยทละ เอียงและกลุ่
เคล้าปนกันทั่ว ทำให้นักเรียนคิดว่า เป็นสาร เนื้อเยื่อ เพราะมี
ลักษณะ เนื้อและ.....เหมือนกันโดยตลอด

4
สารเนื้อเดียว มีอากาศ
 นานมิก เทียนไข
สารเนื้อผสม มี น้ำโคลน
 น้ำมันปนน้ำ ทริกเกล็ด

7|
 ความจริงแล้วเนพชาสีปนเกล็ดข้างตนเป็นสารเนื้อผสม
 เพราะหากทำการทดสอบสมบัติอื่น ๆ ของส่วนต่าง ๆ จะพบว่า
 มีสมบัติไม่เหมือนกันทุกส่วน เช่นบางส่วนมีปริมาณเกล็ดมาก บาง
 ส่วนมีน้อย เป็นถนน
 เนพชาสีปนเกล็ด มีองค์ประกอบไม่เหมือนกันทุกส่วน
 จึงจัดเป็น.....

5
สารเนื้อเดียว

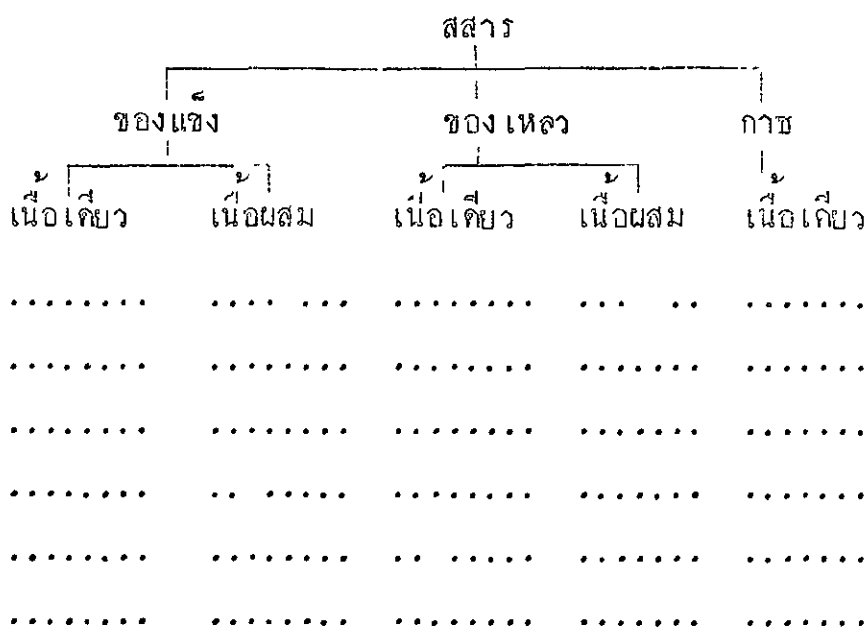
8|
 จงให้ความหมายของคำว่า สารเนื้อเดียว สารเนื้อผสม

6
 ๑๖

9|
 ให้นักเรียนหยิบกล่องหมายเลข 1.2 ข ขึ้นมาอีกครั้ง
 แล้วจำแนกสารในกล่องออกเป็นพวก ๆ โดยใช้เกณฑ์ดังนี้
ครั้งแรก ใช้สถานะ เป็นเกณฑ์
ครั้งที่สอง จำแนกสารในกลุ่มที่ได้จำแนกไว้จากครั้งแรกออกเป็น
สารเนื้อเดียวกับสารเนื้อผสม แล้วเขียนชื่อสารเหล่านั้นลงใน
 ช่องว่างที่ให้ไว้ในหน้าถัดไป (ใช้กระดาษปิดส่วนที่เป็นคำตอบ
 ซึ่งอยู่ก้นกลางไว้ก่อน)

7

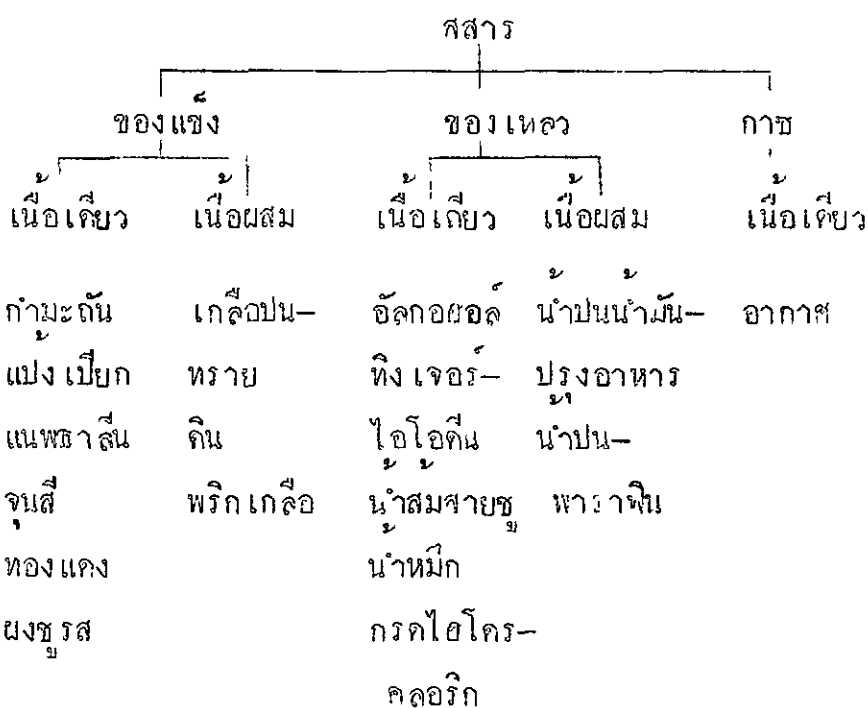
สาร เนื่อผสม
(หรือของผสม)



8

สาร เนื้อเดียว คือสารที่มี
เนื้อหรือองค์ประกอบ เหมือน
กันทุกส่วน
สาร เนื้อผสม คือสารที่มี
เนื้อหรือองค์ประกอบไม่
เหมือนกันทุกส่วน

(คำตอบ)



1.2.2 สารละลายและสารบริสุทธิ์

1

เราทราบแล้วว่า น้ำเชื่อม จัดเป็นสาร เนื้อเดียว

เพราะ.....

2

ถ้าระเหยน้ำออกจากน้ำเชื่อมจนหมด ก็จะได้แยกน้ำออกไป
จนเหลือของแข็งคือน้ำตาล

แสดงว่าน้ำเชื่อมประกอบด้วยสาร เนื้อเดียวสองชนิด
คือ.....กับ.....

3

น้ำเชื่อม น้ำ น้ำตาล ต่างก็เป็นสาร เนื้อเดียว แต่
น้ำและน้ำตาลนี้ได้จากน้ำเชื่อม ตรงที่น้ำหรือน้ำตาลต่างก็เป็นสาร
ชนิดเดียวกัน ๆ มิใช่มีสารอื่นผสมอยู่ จึงจัดเป็นสาร เนื้อเดียว
ประเภทสารบริสุทธิ์ หรือเรียกสั้น ๆ ว่า สารบริสุทธิ์

อัลกอฮอล์หรือเกลือแกงต่างก็เป็นสารชนิดเดียวกัน ๆ
จึงจัดเป็นสาร เนื้อเดียวประเภท... ..

4

เราเรียกสาร เนื้อเดียวที่ประกอบด้วยสาร เพียงชนิดเดียว
ว่า.....

1 มีเนื้อหรือองค์ประกอบ เหมือนกันทุกส่วน (หรือใช้ถ้อยคำเอาเอง เท่านั้น)	5 นำเชื่อมเป็นสาร เนื้อเดียว แต่ประกอบด้วยสาร เนื้อเดียว อีกสองชนิด คือน้ำและน้ำตาลทรายมาผสมจนเข้ากันสนิท ไม่ว่าจะ หยิบ เอาส่วนใดมาวิเคราะห์ก็จะได้พบว่ามีอัตราส่วนของน้ำกับน้ำตาล ทรายคงที่หรือเท่ากันเสมอ จึงจัดนำเชื่อมเป็นสาร เนื้อเดียว ประเภทสารละลาย หรือเรียกสั้น ๆ ว่า<u>สารละลาย</u> น้ำเกลือเป็นสาร เนื้อเดียว ประกอบด้วย เกลือแกงละลาย อยู่ในน้ำ ฉะนั้นน้ำเกลือจึงจัดเป็น
2 น้ำตาลกับน้ำ	6 ไม่ว่าจะหยิบ เอาส่วนใดของสาร ละลายมาทำการวิเคราะห์ จะพบว่ามีสารที่เป็นองค์ประกอบในอัตราส่วน เสมอ
3 สารบริสุทธิ์	7 จากที่ได้อธิบายมาแล้ว แสดงว่าสาร เนื้อเดียวแท้ เป็น 2 อย่าง ก็.....และ.....
4 สารบริสุทธิ์	8 ก. สาร เนื้อเดียวที่มีองค์ประกอบ เป็นสารชนิดเดียว ล้วน ๆ เรียกว่า..... ข. สาร เนื้อเดียวที่มีองค์ประกอบ เป็นสารมากกว่าหนึ่ง ชนิดขึ้นไป เรียกว่า.....

5

9

สารละลาย

หิงเจอร์ไอโอไดน์ซึ่งเป็นยาใส่แผล เป็นสารเนื้อเคี้ยว
ทำขึ้นโดยละลายไอโอไดน์ (ซึ่งเป็นสารบริสุทธิ์) ลงในอัลกอฮอล์
เจือน้ำ ฉะนั้น

ก. หิงเจอร์ไอโอไดน์ เป็น.....

ข. ไอโอไดน์ อัลกอฮอล์ น้ำ ทางก็เป็น.....

10

กรกไฮโครคลอริก เป็นสารเนื้อเคี้ยว ประกอบด้วย
กรกไฮโครเจนคลอไรด์ ละลายในน้ำ ฉะนั้น

ก. กรกไฮโครคลอริก เป็น.....

ข. กรกไฮโครคลอริก ประกอบด้วยสารบริสุทธิ์อะไรบ้าง ?

6

คงที่ (หรือเท่ากัน)

7

สารบริสุทธิ์ และ
สารละลาย

11

ถ้าเพียงแต่สังเกตด้วยตา เราไม่สามารถทราบได้ว่า
สารเนื้อเคี้ยวนี้ ๆ เป็นสารละลายหรือสารบริสุทธิ์

ให้นักเรียนหยิบหลอดพลาสติกหมายเลข 1.2.2ก และ
1.2.2ข ขึ้นมาพิจารณา นักเรียนบอกได้หรือไม่ว่าหลอดไหน
เป็นสารละลายและหลอดไหนเป็นสารบริสุทธิ์ ? เพราะเหตุใด ?

ก. สารบริสุทธิ์

ข. สารละลาย

12

ถ้าทำการทดสอบแล้วพบว่า สารในหลอด 1.2.2ก คือน้ำ
สารในหลอด 1.2.2ข คือน้ำเกลือ ฉะนั้นสารในหลอดไหนเป็น
สารบริสุทธิ์ และหลอดไหนเป็นสารละลาย ?

9 ก. สารละลาย ข. สารบริสุทธิ์	13 ทำไมน้ำเกลือจึงจัดเป็นสารละลาย ? ----- 14 สารละลายมีสมบัติแปรผันไปตามสัดส่วนขององค์ประกอบ เช่น ความหวานของน้ำเชื่อมขึ้นกับสัดส่วนของน้ำกับน้ำตาล น้ำเชื่อมที่มีสัดส่วนของน้ำตาลมาก จะมีรส.....กว่า น้ำเชื่อมที่มีสัดส่วนของน้ำตาลน้อย
10 ก. สารละลาย ข. ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ และน้ำ	15 สมบัติของสารละลายมีลักษณะอย่างไร ? -----
11 ออกไม่ได เพราะสารใน หลอดทั้งสองมีลักษณะ เหมือนกัน	16 น้ำเกลือจะมีรสเค็มมากหรือน้อย ขึ้นกับอะไร ? -----
12 สารในหลอด 1.2.2ก เป็นสารบริสุทธิ์ สารในหลอด 1.2.2ข เป็นสารละลาย	17 การที่น้ำเกลือจะมีรสเค็มมากหรือน้อย ขึ้นกับสัดส่วนของเกลือและน้ำที่มีอยู่ แสดงว่าสมบัติของสารละลายแปรผันไปตาม..... -----

13 18i

เพราะเป็นสารเนื้อเยื่อที่
ประกอบด้วยสารบริสุทธิ์อีก

สองชนิด
(หรือใช้ถ้อยคำเอาเอง
ท่านเอง)

14

หวาน

มลทิน

เมื่อนำน้ำเชื่อมมาระเหยจนแห้ง จะมีของแข็งคือน้ำตาล-
ทรายเหลืออยู่ ซึ่งมีความหวานและสมบัติอื่น ๆ เหมือนน้ำตาลทราย
บริสุทธิ์ แต่ถากผิวละเอียดลงไปเราก็ยังไม่แน่ใจว่าน้ำตาลทราย
นั้นมีน้ำปนอยู่บ้างหรือไม่ อาจมีน้ำปนอยู่แต่เป็นจำนวนน้อย เป็น
..... อยู่หรือน้ำตาลทราย ซึ่งเราทดสอบไม่พบก็ได้

19

มลทินคืออะไร ?

15

แปรผันไปตามสัดส่วนของ
องค์ประกอบ

20

16

สัดส่วนของเกลือจะนำ

ความบริสุทธิ์จริง ๆ ของสาร เป็นสภาพในอุดมคติ สารที่
บริสุทธิ์จริง ๆ คือสารที่ไม่มีมลทินอยู่เลย
สารที่ไม่มีมลทินอยู่เลย เป็นสภาพ.....

17

สัดส่วนขององค์ประกอบ

21i

สิ่งที่เราจัดว่าเป็นสารบริสุทธิ์แล้วอาจเป็นเพียงสารที่มี
มลทินน้อยจนเราตรวจสอบไม่พบก็ได้ ทั้งนี้เพราะเรามีวิธีการ
ทดสอบความบริสุทธิ์ของสารได้เพียงระดับหนึ่งเท่านั้น

การที่เราวิธีทดสอบความบริสุทธิ์ของสารจำกัดเพียงระดับ
หนึ่ง ทำให้เราไม่สามารถบอกได้ว่าสารนั้น.....จริงหรือไม่

18

มลิน

22|

ดังนั้นในการศึกษาวิชาเคมี ถ้าเราตรวจสอบไม่พบผลิตภัณฑ์
ก็ถือว่าสารนั้นเป็น.....

23|

การศึกษาวิทยาศาสตร์คือการพยายามหาเหตุผลเพื่ออธิบาย
ปรากฏการณ์ธรรมชาติ แต่ทั้งนี้มีความหมายว่าสิ่งใดที่วิทยา-
ศาสตร์ไม่อาจอธิบายได้จะกลายเป็นความจริงเสมอไป ความรู้ทาง
วิทยาศาสตร์ของเรายังมีขอบเขตจำกัดอยู่มาก ยังมีเรื่องราวอีก
มากที่เราอยากรู้แต่หาคำตอบไม่ได้ หากคำตอบไม่ได้ จึงได้มีการศึกษา
กันความกันต่อไปมิได้หยุดยั้ง

การที่เราศึกษาว่าทำไมฝนตก ก็เป็นการหาเหตุผลเพื่อ..

.....

19

สารจำนวนเล็กน้อยที่ปน
อยู่ในสารบริสุทธิ์

20

ในอุดมคติ

24|

ทำไมเราจึงต้องศึกษาคุณค่าเรื่องราวต่าง ๆ ทั่วไป มิได้
หยุดยั้ง ?

21

บริสุทธิ์

22

สารบริสุทธิ

สารหลายชนิดมีลักษณะคล้ายคลึงกันจนสายตาแยกไม่ออกว่าต่างกันอย่างไรหรือไม่ เราจะทดสอบสมบัติทาง ๆ เพื่อความสารเหล่านี้เหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร วิธีทดสอบสมบัติวิธีแรกคือการให้ความร้อนแก่สาร

23

อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ

ในการทดลองที่ 1.2 มีสารตัวอย่างบางชนิดซึ่งเป็นของแข็งสีขาว มีลักษณะภายนอกคล้ายคลึงกัน สารกลุ่มนี้เป็นสารบริสุทธิ เราจะทดลองเผาสารเหล่านี้ในสภาวะต่าง ๆ กัน เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาและตัดสินว่าสารเหล่านี้เป็นสารชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน

ในการทดลองนักเรียนควรปฏิบัติดังนี้

1. พยายามใช้สารแต่น้อย ซึ่งนอกจากจะเป็นการประหยัดแล้ว ยังเป็นการหลีกเลี่ยงอันตรายซึ่งอาจเกิดขึ้นได้อีกด้วย และไอของสารบางชนิดก็เป็นพิษมาก

2. ขณะเผาให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เช่น การเปลี่ยนสถานะ หรือสี เป็นต้น และให้สังเกตความผิดปกติ (สารที่ได้จากการเผา) มีลักษณะอย่างไร เพื่อจะได้บันทึกผลโดยละเอียด

3. เมื่อเผาสารในหลอดทดลอง ควรหันปากหลอดไปในทิศทางที่ไม่เป็นอันตราย และควรขยับหลอดให้สารได้รับความร้อนโดยทั่วถึงกัน

4. ระวังอย่าสูดดมควันหรือไอของสารต่าง ๆ

(โปรดอ่านรายละเอียดต่าง ๆ ในหมวกก่อนที่จะลงมือทดลองทุกครั้ง)

24

เพราะความรูทางวิทยาศาสตร์ยังมีขอบเขตจำกัด คือยังมีเรื่องราวต่าง ๆ อีกมากที่เราอยากรู้หาคำตอบไม่ได้

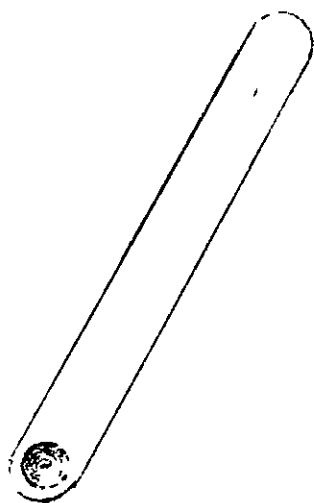
การทดลองที่ 1.3 การศึกษาสมบัติของสาร เมื่อได้รับความร้อน
วิธีทำ ทำการเผาสารตัวอย่างต่อไปนี้ที่ละชนิด ด้วยวิธีการต่าง ๆ

- 1 น้ำตาลทราย 2 เกลือแกง 3 ผงชูรส 4 แนนพาสีน
- 5 เลค(11)ในเทรต 6 คัลเซียมคาร์บอเนต

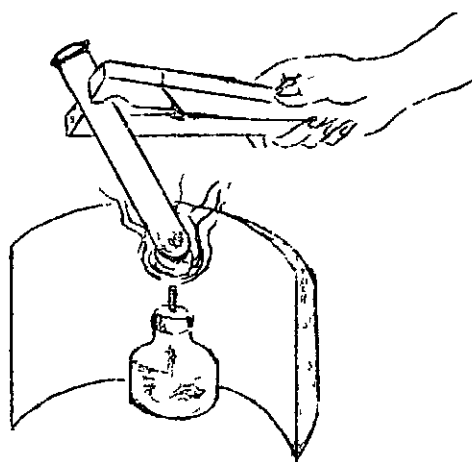
ก. เผาในหลอดทดลอง

1. ตักน้ำตาลทรายควยซองเบอร์ 1 แล้วใช้ซองซองอีกอันหนึ่งปิดให้สารพอกก็เต็มหลุมของซองซอง นำไปใส่ลงในหลอดทดลองขนาดเล็กที่แห้งและสะอาด ใช้ที่จับหลอดทดลองจับหลอดทดลอง แล้วนำไปอุ่นด้วยเปลวไฟอ่อน ๆ (ครูป) สังเกตว่าสารหลอมเหลวหรือใบ ค่อย ๆ เพิ่มความร้อน (คือให้หลอดครอบตรงกลางเปลวไฟ) สังเกตการเปลี่ยนแปลงต่อไป เช่นการเปลี่ยนสี ลักษณะ และสีของสารที่เกิดจากการเผา เป็นต้น เผาจนไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงแล้วจึงหยุด บันทึกผลลงในสมุดซึ่งทำเป็นการร่างถึงตัวอย่างที่ใดแสดงไว้

2 ทดลอง เช่นเดียวกันกับสารตัวอย่างอื่น ๆ ที่ละชนิด จนครบทุกชนิด



รูปซองเบอร์ 1

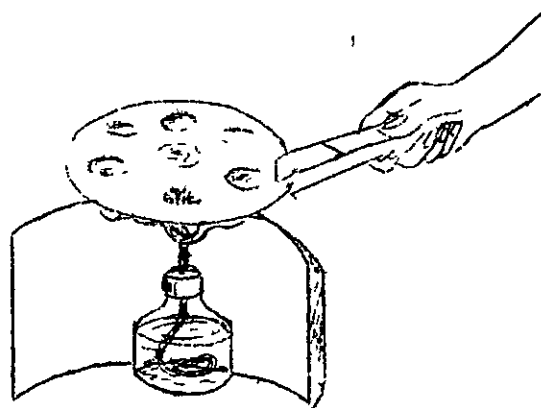


รูปแสดงการเผาสารในหลอดทดลอง

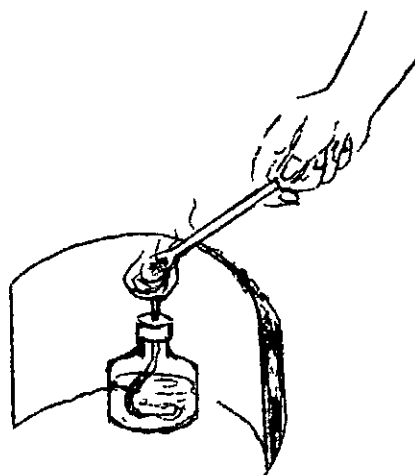
ข. เผาในจานหลุมโลหะ

1. ตักสารตัวอย่างจำนวนเท่ากับที่ใช้ในซองแรก ใส่ลงในจานหลุมโลหะ นำไปอุ่น เช่นเดียวกับที่กระวังอย่าให้เปลวไฟถูกกับไอของสารจะทำให้สารบางชนิดติดไฟ สังเกตผลที่เกิดขึ้นและบันทึกไว้อย่างละเอียด (ถ้าผลเหมือนกับการเผาในหลอดทดลอง ให้เขียนว่าโคผผลเช่นเดียวกับเผาในหลอดทดลอง)

2. ทดลอง เช่นเดียวกันกับสารตัวอย่างอื่น ๆ ที่ละชนิด จนครบ



รูปแสดงการ เผาสารในจานหลุมโลหะ



รูปแสดงการ เผาสารบนพายโลหะ

ค. เผาบนพายโลหะ

1. ใช้พายโลหะตักสารตัวอย่าง 'แล้ว' เผาโดยตรงในเปลวไฟของตะเกียงอัลกอฮอล์ สังเกตผลไว เช่นกัน (ในตอนนี้ถ้าสารใดติดไฟก็บันทึกว่าติดไฟ และให้สังเกตว่ามีเขม่าหรือไม่ มีสารเหลืออยู่บนพายโลหะหรือไม่ ลักษณะอย่างไร)

2. ล้างพายโลหะให้สะอาด ทดลอง เช่นเดียวกันกับสารตัวอย่างชนิดอื่น ๆ

ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1.3

ข้อสาร	เผาในหลอดทดลอง	เผาในจานหลุมโลหะ	เผาบนพายโลหะ

เมื่อนักเรียนบันทึกผลการทดลองลงในสมุดเสร็จแล้ว ให้เขียนรายงานการทดลองตามแบบที่เคยทำมาแล้ว แต่ในการทดลองนี้ต้องมีสรุปผลการทดลองเพิ่มขึ้นอีกหัวข้อหนึ่ง ให้สรุปว่า

1. เมื่อสารได้รับความร้อนแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง
2. สารชนิดเดียวกันเมื่อเผาโดยวิธีต่างกันให้ผลเป็นอย่างไร

25]

สารต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองที่ 1.3 ล้วนเป็นสารที่เก็บไว้ได้นานโดยไม่แปรสภาพ แต่เมื่อได้รับความร้อนปรากฏว่าสารบางชนิดจะ ไปจากเดิม

26

การเผาสารแล้วทำให้สาร เปลี่ยนไปจากเดิม แสดงว่าความร้อนซึ่งเป็นพลังงานรูปหนึ่งทำให้สาร เกิดการ

27

ในการทดลองที่ 1.3 เราเผาสารโดยใช้วิธีการ 3 แบบ คือ เผาในหลอดทดลอง เผาในจานหลุมโลหะ และเผาบนพายิลเดะ แต่ละแบบมีรายละเอียดของวิธีทำไม่เหมือนกัน และสภาวะในการทดลองก็ต่างกันด้วย

วิธีไหนที่แสดงว่าสารอยู่ในที่มีอากาศจำกัด และสารได้รับความร้อนโดยการถ่ายเทผ่านวัตถุที่โชกบรจุสาร ?

28]

เพื่อต้องการความปริมาตรอากาศมีส่วนช่วยในการเปลี่ยนแปลงของสาร เมื่อได้รับความร้อนอย่างไรหรือไม่ จึงทดลองเผาสารในที่ที่มีอากาศเหลือเฟือ และสารได้รับความร้อนโดยการถ่ายเทผ่านวัตถุชนิดหนึ่งมาสู่สาร

ถ้าต้องการให้สภาวะในการทดลองเป็นดังนี้ เราควรใช้วิธีไหน ?

25 แปรสภาพ (หรือเปลี่ยน)	29 วิธีทำให้สารร้อนขึ้นโดยการเผาไหม้สารใดรับความร้อนจากแหล่งกำเนิดโดยตรงในที่ที่มีอากาศเหลือเฟือ คือวิธีไหน ?
26 เปลี่ยนแปลง	30 ก. การเผาไหม้สารที่มีโอกาสทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้น้อย คือวิธีไหน ? ข. การเผาไหม้สารที่มีโอกาสทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้มาก คือวิธีไหนบ้าง ?
27 การเผาไหม้ในหลอดทดลอง	31 การเผาไหม้ในหลอดทดลองและการเผาไหม้ในหลอดปิด มีสถานะต่างกันอย่างไร ? (บอกมา 2 ประการ)
28 การเผาไหม้ในจานหลุมโลหะ	32 การเผาไหม้ในลักษณะต่าง ๆ กันทั้ง 3 แบบ มีรายละเอียดของวิธีทำไม่เหมือนกัน ทำให้สถานะในการทดลองต่างกัน การทดลองที่ 1.3 นี้แสดงชัดเจนว่า <u>สถานะ</u> ในการทดลองมีความสำคัญมาก ฉะนั้นการบันทึกผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์จึงต้องบ่งถึงวิธีทำและ.....ในการทดลองด้วย

29 การ เผานพายุโลหะ	33 การ เผาน้ำตาลทรายในหลอดทดลองและบนพายุโลหะให้ ผลต่างกันอย่างไร ? -----
30 ก. การ เผาในหลอดทดลอง ข. การ เผาในจานหลุมโลหะ และการ เผาบนพายุโลหะ	34 ของแข็งบางชนิดเมื่อร้อนถึงขีดหนึ่งจะหลอมเหลว แต่ถ้า ทำให้อุณหภูมิยิ่งขึ้นไปอีกจะสลายตัว (สลายตัวหมายถึงสาร เดิม เปลี่ยน เป็นสารใหม่ ซึ่งมีลักษณะ และสมบัติบางประการผิดไปจากสาร เดิม) แก๊บางชนิดก็สลายตัวก่อนหลอมเหลว บางชนิดมีจุดหลอมเหลวสูง จนหลอมเหลวยาก และบางชนิดก็สลายตัวแต่ไม่อาจเห็นการ เปลี่ยน แปลงใด เนื่องจากสารใหม่ที่เกิดขึ้นมีลักษณะ เหมือนสาร เดิม จากผลการทดลองของนักเรียน เมื่อเผาในหลอดทดลอง ก. สารใดบ้าง เมื่อเผาจะหลอมเหลวแล้วค่อย ๆ สลายตัว ? ข. สารใดบ้างสลายตัวก่อนหลอมเหลว ? ค. สารใดบ้างที่ไม่หลอมเหลวและไม่ทราบว่ามีการใหม่เกิดขึ้น หรือไม่ ? -----
31 1. การ เผาในหลอดทดลอง สารใดได้รับความร้อนโดยการ ถ่ายเทผ่านหลอด และสาร มีโอกาสห่าปฏิกิริยากับ ออกซิเจนในน้อย 2. การ เผาบนพายุโลหะ สารใดได้รับความร้อนจาก เปลวไฟโดยตรง และ สารมีโอกาสห่าปฏิกิริยา กับออกซิเจนในมาก	35 เมื่อเผาในหลอดทดลองแล้วสารใดเกิดการระเหิด ? (การระเหิด หมายถึงการ ที่ของแข็ง เปลี่ยนสถานะ เป็นไอเลย และ เมื่อไอกระทบกับด้านข้างของหลอดจะกลั่น เป็นของแข็งตาม เดิม แต่ถ้าได้รับความร้อนสูงบางส่วนจะหลอมเหลวก่อนแล้วระเหย ไปเกาะที่ข้างหลอดกลั่น เป็นของแข็งตาม เดิมเช่นกัน) -----
32 สถานะ	

33
 เมาในหลอดทดลองไม่ติด
 ๗ แต่เมานพวยโลหะ
 ๖ ไฟฟ้า

4
 ก. น้ำตาลทราย ผงชูรส
 ข. เลก(๒๒)ในเตรค
 ค. เกลือแกง
 คัลเซียมคาร์บอเนต

36

การเผาไหม้สารใดได้รับความร้อนจากแหล่งกำเนิดโดยตรง
 (คือเมานพวยโลหะ) สารบางอย่างติดไฟได้ คือสาร เชื้อเพลิง
 กริยากับออกซิเจนจนเป็นเปลวไฟให้ความร้อนออกมา ถ้าผลของ
 การสันดาปเป็นเขม่าหรือถ่าน สารที่ติดไฟได้นั้นอาจเป็นสารอินทรีย์
 จากผลการทดลอง นักเรียนคิดว่าสารใดข้างบนจะเป็น
 สารอินทรีย์ ?

37

ผลการสันดาปของสารอินทรีย์จะไคอะไรนั้น ขึ้นกับปริมาณ
 ออกซิเจนในบริเวณที่สารติดไฟ ถ้ามีออกซิเจนมากเหลือเฟือจะ
 เกิดการสันดาปโดยสมบูรณ์ ธาตุคาร์บอนที่ประกอบขึ้นเป็นสาร
 อินทรีย์จะรวมตัวกับออกซิเจนกลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
 ถ้าสารอินทรีย์เกิดการสันดาปโดยสมบูรณ์ ธาตุคาร์บอนใน
 สารอินทรีย์เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ?

38

ในการเผาไหม้สารอินทรีย์ ถ้ามีปริมาณออกซิเจนน้อยการสัน
 ดาปเกิดไม่สมบูรณ์ อาจได้สารประกอบของคาร์บอนชนิดอื่น ๆ
 เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์กับคาร์บอนไดออกไซด์เป็นการฟุ้งกระ
 กระจายออกไป และอาจมีเขม่าและของแข็งสีดำคือถ่านเหลืออยู่
 (เขม่าและถ่านคือคาร์บอนที่ติดไฟไม่หมด)

ในการเผาไหม้สารอินทรีย์ คาร์บอนมอนอกไซด์ เขม่า และ
 ถ่าน เกิดเนื่องจากอะไร ?

5
 เหนียวล้น

391

ในการ เสาสารอินทรีย์ (หรือสารอินทรีย์เกิดการสั่นดาป) ชาติอื่น ๆ ที่รวมกับคาร์บอนประกอบขึ้นเป็นสารอินทรีย์ เช่น ไฮโดรเจน ก็จะรวมกับออกซิเจนกลายเป็นไอน้ำ และถ้ามีกำมะถัน ด้วยก็จะรวมกับออกซิเจนกลายเป็นออกไซด์ของกำมะถัน ฯลฯ ฉะนั้นเมื่อสารอินทรีย์เกิดการสั่นดาปจะไคสารหลาย ๆ อย่างออกมาพร้อมกัน

เมื่อสารอินทรีย์เกิดการสั่นดาป ชาติอื่น ๆ ที่รวมกับคาร์บอนประกอบขึ้นเป็นสารอินทรีย์ เช่น ไฮโดรเจน กำมะถัน เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง ?

7
รวมกับออกซิเจนกลายเป็น
การคาร์บอนไดออกไซด์

40

น้ำตาลทรายเป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วย 3 ชาติเท่านั้น คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เมื่อเผาน้ำตาลทรายจะเกิดการสั่นดาปแล้วไคสารใหญ่นาจะเป็นอะไรบ้าง ? (บอกมา 4 อย่าง)

8
สารอินทรีย์เกิดการสั่นดาป
สมบูรณ์

9
 อโคร เจนรวมกับออกซิเจน
 กลายเป็นน้ำ
 กัมมะถันรวมกับออกซิเจน
 กลายเป็นออกไซด์ของ
 กัมมะถัน

41

การเปลี่ยนแปลงของสาร เมื่อได้รับความร้อนก็เป็นสมบัติ
 อย่างหนึ่งของสาร ดังที่ได้อธิบายมาแล้วในตอนต้น ๆ

ในการศึกษาสมบัติของสาร เมื่อได้รับความร้อนจากการ
 ทดลองที่ 1.3 สารใดบาง เมื่อได้รับความร้อนแล้วมีสมบัติดังนี้

- ก. เกิดการเปลี่ยนแปลงและเห็นไอซ์ความมีสารใหม่เกิดขึ้น
- ข. เกิดการเปลี่ยนแปลงบางประการแต่เห็นไอซ์ความมีสารใหม่
 เกิดขึ้นหรือไม่
- ค. ไม่เห็นว่ามี การเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้น

0
 ารบอนไดออกไซด์
 ารบอนมอนอกไซด์
 ำ และถ่าน

42

ในการเผาเกลือแกงและเกลือเชื่อมคาร์บอเนต เราได้สาร
 มารอบอกไอซ์ความมีสารใหม่เกิดขึ้นหรือไม่ นั้น มีคำหมายความว่าไป
 การเปลี่ยนแปลง แก่อาจเป็นเพราะ

- 1 ปริมาณความร้อนที่ใส่ เเผาไม่เพียงพอ หรือ
2. สารที่เกิดขึ้นหลังการ เเผา มีลักษณะคล้ายกับสาร เดิมก่อนเผา
 มากจนสายตาแยกไม่ออก

ในกรณีของ เกลือแกงถ้าใส่ตะ เกียงที่ให้ความร้อนสูงกว่า
 ตะ เกียงอัลกอลอยด์จะหลอมเหลวได้ แสดงว่าเกลือแกงมีจุด ...
สูงมาก

41
ก. น้าตาลทราย
ผงชูรส แนนพชาสัน
เลด(II)ในเตรค
ข. เกลือแกง
ค. คัลเซียมคาร์บอเนต

43
การที่นักเรียนเผาเกลือแกง แล้วไม่เห็นเกลือแกง
เปลี่ยนสถานะ เป็นเพราะเหตุใด ?

42
หลอดอมเหลว

44
ในกรณีของคัลเซียมคาร์บอเนต มีไคหมายความว่าเมื่อ
เผาแล้วไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลอง
แล้วพบว่า ถ้าเผาด้วยความร้อนสูงจะสลายตัวให้คัลเซียมออกไซด์
และการคาร์บอนไดออกไซด์ คัลเซียมออกไซด์มีลักษณะคล้าย
คัลเซียมคาร์บอเนตมาก และคาร์บอนไดออกไซด์ก็เป็นก๊าซไม่มีสี
จึงมองดูไม่รู้ว่ามีส่วนไหนเกิดขึ้น เราจึงต้องทดสอบสมบัติอื่น ๆ
ของสารที่เกิดขึ้นเพิ่มเติม ถ้ามีสมบัติบางประการผิดไปจากสาร เเกิบ
ก็แสดงว่ามีสารใหม่เกิดขึ้น

การ เผาคัลเซียมคาร์บอเนตด้วยความร้อนสูงแล้วไม่ทราบ
ว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เป็นเพราะเหตุใด ?

45
ในการ เผาคัลเซียมคาร์บอเนตด้วยความร้อนสูง ถ้าอยาก
ทราบว่ามีส่วนไหนเกิดขึ้นหรือไม่จะต้องทำอย่างไร ? และรู้ไค
อย่างไรว่ามีสารใหม่เกิดขึ้น ?

43

ปริมาณความรอนที่ไซ เฉว
ไม่เพียงพอ

46

สารบางชนิดมีลักษณะคล้ายกันจนสายตาแยกไม่ออก แม้จะ
ทำให้รอนขึ้นก็ยังคงแสดงสมบัติคล้ายกันอยู่ ทำให้ไม่สามารถบอก
ไควว่าเป็นสารต่างชนิดกัน ฉะนั้นการทดสอบสมบัติเพียง 2 ประ
การเท่าที่ปฏิบัติมาแล้ว คือลักษณะภายนอกและการเผายังไม่พอ
เรายังไม่สามารถบอกไควว่าสารที่แสดงสมบัติเหมือนกัน 2 ประการ
เป็นสารชนิดเดียวหรือต่างชนิดกัน บอกได้แค่เพียงว่ามีโอกาส
ที่จะเป็นสารชนิดเดียวกันใดเท่านั้น จึงต้องทดสอบสมบัติอื่น ๆ
เพิ่มเติม

44

เพราะสารใหม่ที่เกิดขึ้น
มีลักษณะเหมือนสารเดิม
และการที่เกิดขึ้นก็ไม่มีสี
ทำให้มองไม่เห็น

ในการทดลองที่ 1.3 สารซึ่งไควจะแยกทำให้มีลักษณะ
ภายนอกคล้ายกัน และเมื่อเผาในหลอดทดลองก็เหลือของแข็งสีดำ
เหมือนกัน คือสารโลกกับสารโลก ?

47

สารที่มีลักษณะภายนอกคล้ายกัน และเมื่อเผาก็ยังให้ผล
เหมือนกันอีก

- ก. เราสรุปได้แล้วหรือยังว่าเป็นสารชนิดเดียวกัน ?
- ข. ถายังสรุปไม่ได้ จะต้องทำอย่างไรต่อไป ?

45

ทดสอบสมบัติอื่น ๆ ของ
สารที่ได้จากการเผา
เพิ่มเติม
ถ้ามีสมบัติบางประการผิด
ไปจากสารเดิม ก็แสดง
ว่ามีสารใหม่เกิดขึ้น

46

นำตาลทรายกับผงชูรส

การทดสอบการเปลี่ยนแปลงของสาร เมื่อได้รับความร้อน เช่นที่ไคปฏิบัติมาในการทดลองที่ 1.3 นั้น เราได้เห็นแล้วว่าขึ้นกับอุณหภูมิของสารและปริมาณออกซิเจน ซึ่งเราเพิ่งจะประมาณเอาว่าเราเผาสารให้มีอุณหภูมิสูงมากหรือไม่มาก มีออกซิเจนมากหรือน้อย โดยไม่ทราบวามากหรือน้อยเท่าใด ฉะนั้นการเทียบเคียงในลักษณะนี้จึงเป็นการกระทำอย่างคร่าว ๆ จะตัดสินไหนแนลงไปไม่ได้ เราจึงจะลองทดสอบอย่างละเอียดเพื่อวัดอุณหภูมิที่สารหลอมเหลว และสำรวจว่าอุณหภูมิที่สารแต่ละชนิดหลอมเหลวนั้นจัดเป็นสมบัติเฉพาะตัวของสารนั้น ๆ ไคหรือไม่ และในเวลาเดียวกันจะลองทดสอบดูว่าสารชนิดเดียวกันนั้นถ้าไม่บริสุทธิ์ก็มีสารอื่นเจือปนอยู่แล้ว จะหลอมเหลวที่อุณหภูมิเดียวกับสารบริสุทธิ์หรือไม่

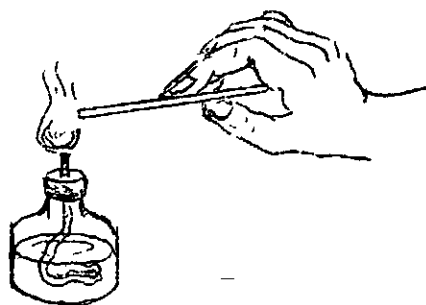
47

ก. ยังสรุปไม่ได้

ข. จะคงทำการทดสอบสมบัติอื่น ๆ ต่อไปอีก

การทดลองที่ 1.4 การหาจุดหลอมเหลวของของแข็ง
วิธีทำ

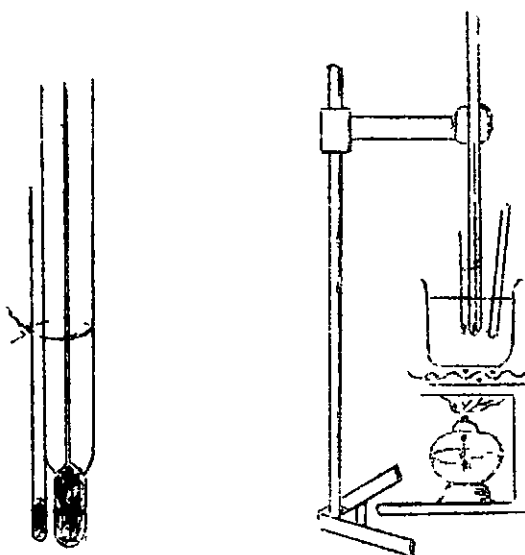
1. หลอมปลายหลอดคะปิลารีให้ปิดันเดียวคันหนึ่ง โดยใช้ปลายหลอดจอตีขอบของเปลวไฟ แล้วหมุนๆ หลอมให้ครบ 4 หลอด (หลอดคะปิลารี คือหลอดแก้วรูเล็กๆยาวประมาณ 3 นิ้ว)



รูปแสดงการหลอมปลายหลอดคะปิลารี

2. บดแนพธาซีนในโกรงบคให้ละเอียด แล้วบรรจุแนพธาซีนลงในหลอดคะบิลลารี 2 หลอด เกาะกนหลอดกับโตะให้สารตกลงมาติดอยู่ที่ก้นหลอดเป็นแท่งก้นยาวประมาณ 4 mm อย่าให้มีช่องว่าง

3. ไซเส้นคายนกปลายหลอดคะบิลลารีหลอดหนึ่ง เข้ากับกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์ ต้องให้ปลายหลอดติดกับกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์จริง ๆ แล้วจุ่มลงในบีกเกอร์ขนาด 100 cm³ ซึ่งบรรจุน้ำประมาณ 2 ใน 3 ของบีกเกอร์ ไซที่จุ่มหลอดทดลองนี้ ติดอยู่กับขาตั้งบีกเกอร์เทอร์โมมิเตอร์ไว้ และต้องจัดการเทอร์โมมิเตอร์ให้ตั้งฉากกับพื้นราบ เพื่อกันการอ่านอุณหภูมิผิดพลาด จักเครื่องมือดังรูป



รูปแสดงการจัดเครื่องมือสำหรับหาจุดหลอมเหลว

4. ใช้ตะเกียงอัลกอฮอล์ต้มน้ำให้ร้อนขึ้นช้า ๆ พยายามสังเกตการเปลี่ยนแปลงของของแข็งในหลอด
บิลลารี ใช้แท่งแก้วคนเบา ๆ เพื่อให้อุณหภูมิของน้ำสม่ำเสมอทั่วภาชนะ

5. คอยสังเกตและอ่านอุณหภูมิทันทีที่เห็นของแข็งเริ่มหลอมเหลว และอ่านอุณหภูมิสุดท้ายทันทีที่เห็น
ของแข็งหลอมเหลวหมด บันทึกผล

ในกรณีที่ใช้แนพชาลินปนเกลือ ให้อ่านอุณหภูมิสุดท้ายเมื่อสังเกตเห็นว่าไม่มีของแข็งหลอมเหลว
ต่อไปอีกแล้ว (นั่นคือเกลือแกงที่เหลืออยู่)

6. ทดลองซ้ำอีกครั้งหนึ่ง โดยให้หลอดคะบิลลารีหลอดที่สองซึ่งได้บรรจุสารไว้แล้ว

7. ใช้แนพชาลินปนเกลือแทนแนพชาลินบริสุทธิ์ ทดลองทำนองเดียวกันที่ได้ทำมาแล้ว ไม่จำเป็นต้อง
เปลี่ยนน้ำในบีกเกอร์ เพียงแต่ตั้งทิ้งไว้ในขณะที่เตรียมสารใส่หลอดคะบิลลารีอันใหม่ ให้อุณหภูมิของน้ำ
มากกว่าจุดหลอมเหลวที่หาได้ในครั้งแรกประมาณ 15 - 16 องศาเซลเซียส (คือองศาเซนติเกรดนั่นเอง)
เมื่อหาจุดหลอมเหลวครั้งแรกหลังได้แล้ว ก็เปลี่ยนหาจุดหลอมเหลวจากผลการทดลองทั้งสองครั้ง

ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1.4

สารตัวอย่าง	จุดหลอมเหลว		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
แนพชาลิน			
แนพชาลินปนเกลือ			

นักเรียนบันทึกผลการทดลองลงในสมุด แล้วเขียนรายงานการทดลองตามแบบที่เคยทำมาแล้ว
ค่าในการทดลองนี้นักเรียนต้องเขียนสรุปผลการทดลองเพิ่มขึ้นอีกหัวข้อหนึ่งในตอนท้ายของรายงาน
ควรเขียนในทำนองว่าจุดหลอมเหลวของแนพชาลินบริสุทธิ์กับแนพชาลินไม่บริสุทธิ์(ปนเกลือ) จากผลการ
ทดลองที่ได้แตกต่างกันอย่างไร

หมายเหตุ ในการบันทึกผลการทดลอง การบอกค่าจุดหลอมเหลวที่ทดลองได้ควรเขียนเป็นช่วงอุณหภูมิ
เช่นสารเริ่มหลอมเหลวที่ 80.0°C และหลอมเหลวหมดที่ 82.8°C ควรบันทึกว่า $80.0 - 82.8^{\circ}\text{C}$

ในการหาค่าเฉลี่ยจากการทดลองทั้งสองครั้ง ให้ใช้ค่าแรกที่ย่านได้รวมกันแล้วหารด้วย 2 และ
ใช้ค่าหลังรวมกันแล้วหารด้วย 2 เช่นกัน ช่วงระหว่างค่าที่ได้ทั้งสองคือค่าเฉลี่ยจุดหลอมเหลวของสาร เช่น

จุดหลอมเหลวครั้งแรกเป็น $80.0 - 82.8^{\circ}\text{C}$ ครั้งหลังเป็น $79.6 - 82.0^{\circ}\text{C}$

$$\text{เฉลี่ยค่าแรก} \quad \frac{80.0 + 79.6}{2} = 79.8^{\circ}\text{C} \quad \text{เฉลี่ยค่าหลัง} = \frac{82.8 + 82.0}{2} = 82.4^{\circ}\text{C}$$

$$\text{ฉะนั้นจุดหลอมเหลวของสาร} = 79.8 - 82.4^{\circ}\text{C}$$

$$\text{หรือ} \quad = \frac{79.8 + 82.4}{2} = 81.1^{\circ}\text{C} \quad (\text{ใช้ในกรณีที่ต้องการบอกเป็นค่าเดียว})$$

48|

จากผลการทดลองของนักเรียน จุดหลอมเหลวของแอมพลีนบริสุทธิ์มีค่าเท่าใด ? (บอกค่าเฉลี่ย ทั้งที่เป็นช่วงอุณหภูมิและที่เป็นค่าเดียว)

49|

ในหนังสือรวมข้อมูล ได้แสดงจุดหลอมเหลวของแอมพลีนบริสุทธิ์ไว้มีค่า 83 องศาเซลเซียส

ฉะนั้นค่าจุดหลอมเหลวที่นักเรียนหาได้ผิดไปจากหนังสือรวมข้อมูลเท่าใด ? (สูงหรือต่ำไปเท่าใด)

นักเรียนลองคิดว่ามีสาเหตุอะไรบ้างที่อาจทำให้เราหาค่าจุดหลอมเหลวผิดพลาดไป
(กรอบนี้ไม่ต้องตอบ)

50

สาเหตุประการหนึ่งที่ทำให้ได้ค่าจุดหลอมเหลวคลาดเคลื่อนไป คือผู้ทดลองอ่านอุณหภูมิผิด เพราะ สายตาไม่ดี ไม่มองไวพอที่จะอ่านอุณหภูมิทันทีที่เกิดการเปลี่ยนแปลง เพราะความไม่คุ้นเคยกับการอ่านเทอร์โมมิเตอร์ หรือจับเทอร์โมมิเตอร์ไม่อยู่ในแนวตั้ง เป็นต้น

ขณะทำการทดลอง คำนึงเรียนเองคิดว่าจะอ่านอุณหภูมิผิดหรือไม่ และเกิดจากสาเหตุใด ?

51

อุณหภูมิของน้ำไม่สม่ำเสมอทั่วภาชนะก็ทำให้หาจุดหลอมเหลวได้คลาดเคลื่อนเช่นกัน

การที่อุณหภูมิของน้ำไม่สม่ำเสมอทั่วภาชนะ เป็นเพราะขณะทำการทดลองมีข้อบกพร่องอะไร ?

52

การที่ไม่ได้คนน้ำในบีกเกอร์หรือคนไม่ทั่ว ทำให้.....
 สะสมอยู่ที่จุดใดจุดหนึ่งโดยเฉพาะ

53

ข้อผิดพลาดอื่น ๆ ในการทดลองที่ทำให้หาจุดหลอมเหลวคลาดเคลื่อนไป เช่น อุณหภูมิเพิ่มเร็วเกินไป บดสารไม่ละเอียดพอ เทอร์โมมิเตอร์คลาดเคลื่อน เป็นต้น

การคนน้ำโดยใช้ความร้อนสูงเลย จะทำให้อุณหภูมิเพิ่มเร็วเกินไป ทำให้ผู้ทดลองไม่ทันสังเกตเห็นว่าสารในหลอดจะปิดลวารีเริ่ม.....เมื่อใด

54

การบดสารไม้ละเอียดพอ ทำให้สารขึ้นในหลอดลมเหลวหมดกว่า
ขึ้นเล็ก ๆ และดังเกตุยาก เป็นเหตุให้ช่วงของจุดหลอมเหลวกว้างหรือแคบ
กว่าปกติ ?

55

จงรวบรวมข้อผิดพลาดต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในการทดลอง ซึ่งทำ
ให้หาค่าจุดหลอมเหลวของสารคลาเคเคลื่อนไป ?

ได้นำในบีกเกอร์
คนไม่ทั่ว

56

จุดหลอมเหลวของแนพธาลีนบริสุทธิ์ที่ักเรียนหาได้ทั้งสองครั้ง บิดา
ใกล้เคียงกันหรือไม่ ?

ามร้อน

57

การที่นักเรียนหาจุดหลอมเหลวสองครั้งแล้วได้ผลออกมาใกล้เคียงกัน
แต่ไม่ตรงกันเลยทีเดียว ก็เนื่องจากข้อผิดพลาดเล็ก ๆ น้อย ๆ ในการทดลอง
ถ้าสมมุติว่าไม่มีข้อผิดพลาดเลย จะทำให้หาจุดหลอมเหลวของแนพธาลีนบริสุทธิ์
ได้ตรงกัน ไม่ว่าจะทดลองกี่ครั้ง แสดงว่าสารบริสุทธิ์ชนิดหนึ่งจะมีจุดหลอม-
เหลวที่อุณหภูมิหนึ่ง (หรือมีจุดหลอมเหลวคงที่) ฉะนั้นจุดหลอมเหลวจึงเป็น
สมบัติเฉพาะตัวของสารบริสุทธิ์

3
อมเหลว

เหตุใดจุดหลอมเหลวจึงเป็นค่าเฉพาะตัวของสารบริสุทธิ์ ?

างกว่า

58

สารบริสุทธิ์ชนิดหนึ่งจะมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิหนึ่ง แต่ทำไมเมื่อทำการทดลองสองครั้ง หรือหลาย ๆ การทำการทดลอง แล้วได้ค่าไม่ตรงกันทีเดียว ?

อ่านอุณหภูมิผิดพลาด
ค่าน้ำให้อุณหภูมิเพิ่มเร็วเกินไป
ไม่ได้คนน้ำในบีกเกอร์
หรือคนไม่ทั่ว
บดสารไม่ละเอียดพอ
เทอร์โมมิเตอร์คลาดเคลื่อน

59

จากผลการทดลองของนักเรียน จุดหลอมเหลวของแนพทาลีนบริสุทธิ์กับจุดหลอมเหลวของแนพทาลีนไม่บริสุทธิ์(ปนเกลือ) แตกต่างกันอย่างไร ?
(ชนิดไหนมีจุดหลอมเหลวสูงกว่า และชนิดไหนมีช่วงของจุดหลอมเหลวกว้างกว่า)

60

นักวิทยาศาสตร์ได้ทดลองพบว่า

1. สารไม่บริสุทธิ์จะมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าสารบริสุทธิ์ (คือสารไม่บริสุทธิ์จะเริ่มหลอมเหลวก่อนสารบริสุทธิ์)
2. สารไม่บริสุทธิ์จะมีช่วงของจุดหลอมเหลวกว้างกว่าสารบริสุทธิ์ ถ้าช่วงอุณหภูมิของจุดหลอมเหลวแคบ แสดงว่าสารนั้นมีความบริสุทธิ์สูง

เพราะสารบริสุทธิ์มีจุด
อบหลอมคงที่

ผลการทดลองของนักเรียนในการหาจุดหลอมเหลวของแนพทาลีนบริสุทธิ์และแนพทาลีนไม่บริสุทธิ์(ปนเกลือ) เป็นไปตามข้อใด หรือทั้งสองข้อ?

61

สารที่มีมลทินน้อยกับสารที่มีมลทินมาก จะมีช่วงของจุดหลอมเหลวต่างกันอย่างไร ?

62

จุลหอยหลอดไม่เป็นสมบัติเฉพาะตัวของสาร ไม่บริสุทธิ์ เนื่องจาก
สารไม่บริสุทธิ์มีจุลหอยหลอดไม่คงที่ ขึ้นกับปริมาณของสิ่งที่เจือปนอยู่ (มลทิน)
ในการพิจารณาพบสารอื่นปนเกลือ ถ้ามีเกลือแกงปนอยู่มากน้อยต่างกัน
จะมีจุลหอยหลอดตรงกันหรือไม่ ?

63

เพราะเหตุใดจุลหอยหลอดจึงไม่เป็นค่าเฉพาะตัวของสาร ไม่บริสุทธิ์

64

ถ้าเรามีสารตัวอย่าง 3 ชนิด ซึ่งต่างก็เป็นของแข็งมีลักษณะคล้าย
คลึงกันมาก และผลการทดลองหาจุลหอยหลอดได้ผลดังนี้

สารชนิดที่ 1	หาจุลหอยหลอดครั้งที่หนึ่งได้	73 °C	ครั้งที่สองได้	72 °C
" 2	"	74 °C	"	73 °C
" 3	"	82 °C	"	80 °C

สารทั้ง 3 ชนิดนี้ ชนิดใดมีจุลหอยหลอดใกล้เคียงหรือต่างกัน ?

65

สารชนิดที่ 1 กับชนิดที่ 2 มีจุลหอยหลอดใกล้เคียงกันมาก เรา
บอกได้เพียงว่ามีโอกาสที่จะเป็นสารชนิดเดียวกันได้ แต่ไม่อาจตัดสินได้แน่นอน
ว่าเป็นสารชนิดเดียวกันหรือไม่ เพราะอาจมีสมบัติอื่น ๆ ที่.....กัน

66

ถ้าเราพิจารณาจากผลของจุลหอยหลอดแล้วเปรียบเทียบกับ

67

สารที่มีมลทินน้อยจะมีช่วง
องจุลหอยหลอดแคบกว่า
สารที่มีมลทินมาก

68

ถ้าเราพิจารณาจากผลของจุลหอยหลอดแล้วเปรียบเทียบกับ

ตรงกัน

66

เนื่องจากจุดหลอมเหลวเป็นค่าเฉพาะตัวของสาร ถ้าเป็นสารชนิดเดียวกันย่อมหาจุดหลอมเหลวได้ตรงกันหรือใกล้เคียงกัน จากข้อมูลข้างต้นปรากฏว่าสารชนิดที่ 3 มีจุดหลอมเหลวต่างจากสารอีกสองชนิดมาก จึงแน่ใจได้ว่าเป็นสาร.....กับสารชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2

ระสารไม่บริสุทธิ์มีจุด
อบเหลวไม่คงที่

67

เมื่อทราบจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์แล้ว ถ้าตรวจดูในหนังสือรวมข้อมูล (หนังสือที่รวบรวมค่าเฉพาะตัวของสารต่าง ๆ ไว้) ก็พอจะทราบได้โดยการคาดคะเนว่าสารนั้นอาจเป็นสารอะไรได้บ้าง

ชนิดที่ 1 กับชนิดที่ 2 มี
จุดหลอมเหลวใกล้เคียงกัน
นสารชนิดที่ 3 มีจุดหลอม
เหลวต่างจากสารสองชนิดนี้

มีสารตัวอย่างชนิดหนึ่งเราไม่ทราบว่า เป็นสารอะไร จึงนำไปหาจุดหลอมเหลว เมื่อทราบจุดหลอมเหลวแล้วต่อไปเราอยากทราบว่าน่าจะเป็นสารอะไรได้บ้าง จะต้องทำอย่างไร ?

ก

68

สารตัวอย่างชนิดหนึ่งบรรจุอยู่ในถุงพลาสติกไม่มีฉลากติดไว้ เมื่อนำมาทดสอบปรากฏว่าสลายตัวที่อุณหภูมิ 42 °C ในหนังสือรวมข้อมูลมีรายการแสดงจุดหลอมเหลวของสารต่าง ๆ ไว้ดังนี้

กต่างกัน

ชนิดที่	ชื่อ	สูตร	จุดหลอมเหลว (°C)
1	มังกานีส (II) ไนเตรต	$Mn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	37
2.	อัมโมเนียมไอออน (III) ซัลเฟต	$NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	40
3	โพตัสเซียมฟลูออไรด์	$KF \cdot 2H_2O$	41
4	โบรอนไอโอไดค์	BI_3	43

(มีต่อ)

66
ตารางชนิด

ชนิดที่	ชื่อ	สูตร	จุดหลอมเหลว
5	คัลเซียมไนเตรด	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	43
6	โซเดียมซิลิเกต	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	47

ถ้ามีความคลาดเคลื่อนในการทดลองหาจุดหลอมเหลวนี้อยู่ $\pm 5^\circ\text{C}$
สารในถุงนั้นอาจเป็นสารใดก็ได้ตั้งแต่สารชนิดที่.....ถึง.....

7
จงตรวจดูในหนังสือรวม
ข้อมูล

69

ถ้ามีความคลาดเคลื่อนในการทดลองหาจุดหลอมเหลว $\pm 2^\circ\text{C}$
สารในถุงนั้นอาจเป็นสารใดได้บ้าง ?

70

จุดหลอมเหลวเพียงอย่างเดียวไม่สามารถยืนยันได้ว่าเป็นสารชนิด
เดียวกันหรือไม่ เนื่องจากมีสารหลายชนิดที่มีจุดหลอมเหลวเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ผ่านมา เราจะตัดสินใจแน่นอนลงไปได้หรือไม่ว่าสารตัวอย่างในถุงเป็นสารชนิดใดแน่ ? เพราะเหตุใด ?

71

ตามที่ได้อธิบายมาแล้วว่าจุดหลอมเหลวเป็นสมบัติอย่างหนึ่งของสาร
ถ้าจุดหลอมเหลวเพียงอย่างเดียวไม่สามารถใช้ยืนยันได้ว่าเป็นสาร
ชนิดเดียวกันหรือไม่ เราจึงต้องทดสอบ.....ด้านอื่น ๆ ต่อไป

68 (กอ)

72

1 ถึง 6

จากผลการทดลองที่ 1.4 นักเรียนจะเห็นว่าพลังงานมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของสาร

ในต้นพลังงานความร้อนทำให้ของแข็งเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร?

69

ชนิดที่ 2 ถึงชนิดที่ 5

ของแข็งที่ปลั๊กกับภาชนะนอกคล้ายคลึงกัน เพื่อเผาให้ร้อนลักษณะการเปลี่ยนแปลงก็คล้ายกัน และจุดหลอมเหลวก็ใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน เราก็ยังไปควรควบคุมตัดสินลงไปว่าเป็นสารชนิดเดียวกัน อย่างมากเราเพียงแต่คิดว่าสารเหล่านั้นมีโอกาสที่จะเป็นสารชนิดเดียวกันได้เท่านั้น เพราะยังมีสารอีกหลายชนิดที่มีสมบัติ 3 ประการนี้เหมือนกัน จึงต้องทำการทดสอบสมบัติอื่น ๆ อีก สมบัติของสารอีกประการหนึ่งที่เราพอจะทำการทดลองได้ง่าย ๆ ในขั้นนี้คือการละลาย

70

ไม่ได้ เพราะมีสารหลายชนิดที่มีจุดหลอมเหลวเท่ากัน หรือใกล้เคียงกัน

เมื่อตัดของแข็งใส่ลงในน้ำเราย่อมจะสังเกตเห็นได้ว่าของแข็งนั้นละลายได้หรือไม่ และเนื่องจากสารต่าง ๆ มีความสามารถในการละลายไม่เท่ากันเราก็อาจใช้การละลายสำหรับทดสอบหาความแตกต่างระหว่างของแข็งต่าง ๆ ได้ในการเปรียบเทียบหาความสามารถในการละลายของสาร ปริมาณของสารและน้ำที่ใช้ในแต่ละครั้งควรจะเท่ากันเพื่อให้สังเกตง่ายขึ้น ในการวัดปริมาณของสารแม้จะมีไม้ชั่งสารอย่างละเอียด แต่ถ้าคัดด้วยช้อนตวงขนาดเดียวกันก็ถือว่าเท่ากันได้อย่างคร่าว ๆ เพราะเราต้องการดูเพียงว่าละลายได้มากหรือน้อยเท่านั้น ส่วนปริมาณของน้ำนั้นใช้กระบอกลตวงวัดปริมาตรอย่างละเอียดได้

71

สมบัติ

(โปรดอ่านรายละเอียดต่าง ๆ ให้หมกก่อนลงมือทำ)

หลอมเหลว

(หรือเปลี่ยนสถานะเป็น
ของเหลว)

การทดลองที่ 1.5 ความสามารถในการละลายของสาร

วิธีทำ

1. ตวงน้ำกรัลงละ 5 cm^3 (ลูกบาศก์เซนติเมตร) กวักกระบอกลงใส่ลงในหลอดทดลองขนาดกลาง 6 หลอด ตั้งหลอดทดลองลงในที่ว่างหลอด

2. ตักสารต่าง ๆ ด้วยน้ำหนักเท่า ๆ กัน (ประมาณ) โดยใช้ช้อนตวงขนาดต่าง ๆ คือ

น้ำตาลทราย	0.5 กรัม (1 ช้อนตวงเบอร์ 2)
แอมโมเนียม	0.5 กรัม (1 ช้อนตวงเบอร์ 2)
ผงชูรส	0.5 กรัม (1 ช้อนตวงเบอร์ 2)
เกลือแกง	0.5 กรัม (1 ช้อนตวงเบอร์ 1)
เดก (II) นเตรต	0.5 กรัม (1 ช้อนตวงเบอร์ 1)
คัลเซียมคาร์บอเนต	0.5 กรัม (1 ช้อนตวงเบอร์ 1)

ใส่สารแต่ละชนิดลงในหลอดทดลองแต่ละหลอด คนหรือเขย่าเบา ๆ บันทึกผลว่าสารใดละลายได้มากหรือน้อย เร็วหรือช้า หรือไม่ละลาย โดยประมาณดูตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1.5

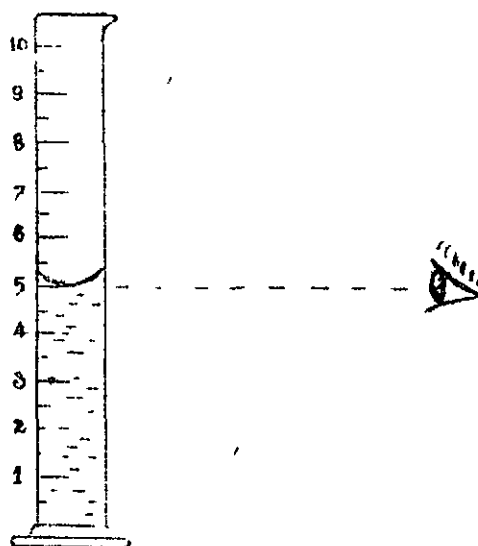
ชื่อสาร	ความสามารถในการละลาย

นักเรียนบันทึกผลการทดลองลงในสมุด แล้วเขียนรายงานการทดลอง สรุปผลการทดลองว่า สารต่าง ๆ มีสมบัติการละลายต่างกันอย่างไร

หมายเหตุ

1. ในการวัดปริมาตรของของเหลว ต้องให้ผิวล่างสุดของส่วนโค้งของของเหลวตรงกับขีดเลข 5 ของกระบอกลง จึงจะได้ของเหลวปริมาตร 5 cm^3 พอดี

2. การตักสารด้วยช้อนตวงนั้น ทุกครั้งจะต้องใช้คำมช้อนอีกอันหนึ่งปาดเบา ๆ พอให้ส่วนที่พุ่งเกินช้อนออกไปเสีย



รูปแสดงการวัดปริมาตรของของเหลว

73

สารชนิดเดียวกันย่อมมีสมบัติต่าง ๆ เหมือนกัน ถ้ามีสมบัติบางประการแตกต่างกันก็จะเป็นสารต่างชนิดกัน

ของแข็งสองชนิดถ้าเราทดสอบสมบัติ 3 ประการที่กล่าวมาแล้ว คือ ลักษณะภายนอกเหมือนกัน เมื่อได้รับความร้อนแล้วให้ผลเหมือนกัน และมีจุดหลอมเหลวใกล้เคียงกัน เมื่อเราทดสอบการละลายน้ำต่อไป ปรากฏว่า ชนิดหนึ่งละลายได้น้อยอีกชนิดหนึ่งละลายได้มาก นักเรียนจะสรุปว่าของแข็งสองชนิดนี้เป็นสารชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน ? เพราะเหตุไร ?

74

สารต่าง ๆ อาจมีสมบัติหลายประการเหมือนกันได้ แต่ต้องมีสมบัติที่แตกต่างกันบ้าง จึงจะเป็นสารต่างชนิดกัน

ของแข็งสองชนิดมีลักษณะภายนอกคล้ายกัน ละลายน้ำได้ดีเหมือนกัน

ก. เราสรุปได้แล้วหรือยังว่าเป็นของแข็งชนิดเดียวกัน? เพราะเหตุไร?

ข. ถ้ายังสรุปไม่ได้ จะต้องทำอย่างไรต่อไปเพื่อให้สรุปได้ ?

75

ของแข็งสองชนิดมีสมบัติเหมือนกันสองประการ คือ ลักษณะภายนอกคล้ายคลึงกัน ละลายน้ำได้ดีเหมือนกัน เรายังสรุปไม่ได้ว่าเป็นสารชนิดเดียวกัน จึงต้องทดสอบสมบัติอื่น ๆ ต่อไป

สมบัติอื่น ๆ ที่เราพอจะทดสอบได้ บ้างอะไรบ้าง? (บอกมา 2 ประการ)

3

างชนิดกัน เพราะสมบัติ
ารละลายต่างกัน

76

สารที่บีบอัดอื่น ๆ เหมือนกัน แต่สมบัติในการละลายผิดกัน เราก็
อาจใช้สมบัติในการละลายเป็นเกณฑ์ในการตัดสินว่าเป็นสารต่างชนิดกัน
คัดเขียนคาร์บอนเนตและเกลือแกงที่บดละเอียดให้ผลคล้ายกันเมื่อ
เผา แต่เมื่อนำมาทดสอบการละลาย ปรากฏว่ามีความสามารถในการละลาย
น้ำต่างกัน จึงรู้ว่าเป็นสารต่างชนิดกัน แสดงว่าเราอาจใช้สมบัติในการ
ละลายเป็น.....อีกอย่างหนึ่งในการพิจารณาว่า สารที่บีบอัดอื่น ๆ
เหมือนกันเป็นสารชนิดเดียวกันหรือไม่

ยังสรุปไม่ได้ เพราะ
รต่างชนิดกันอาจมีสมบัติ
ประการนี้เหมือนกันก็ได้
จะต้องทดสอบสมบัติอื่น ๆ
ไป
หรือใช้ถ้อยคำเขาเอง
นองนี้)

77

จงยกตัวอย่างสมบัติที่นักเรียนพอจะทดสอบได้บ้าง 3 ประการ
เพื่อใช้ในการตัดสินว่าของแข็งที่มีลักษณะภายนอกเหมือนกัน เป็นสารชนิด
เดียวกันหรือต่างชนิดกัน ?

การเปลี่ยนแปลงเมื่อได้
ความร้อน
จุหลอมเหลว

78

ของแข็งบางชนิดละลายน้ำได้ดีมาก บางชนิดละลายได้พอควร
แต่บางชนิดละลายได้น้อยมากจนถือว่าไม่ละลาย

จากผลการทดลองของนักเรียน ปรากฏว่า

ก. สารที่ละลายน้ำได้ คือ.....

ข. สารที่ไม่ละลายน้ำ คือ.....

79

การทดสอบสมบัติการละลายของสารตามแบบที่ทำมาแล้ว เราจะ
บอกความแตกต่างในการละลายได้ง่าย เมื่อสารเหล่านั้นมีความสามารถในการ
ละลายต่างกันอย่างชัดเจน คือพวกที่ละลายได้น้อยกับพวกที่ละลายได้มาก
ตัวอย่างเช่น.....กับ.....

80

พวกสารที่ละลายได้มากน้อยพอ ๆ กับ เราเปรียบเทียบได้ยากว่า
สารใดละลายได้ดีกว่า

จากผลการทดลองของนักเรียน สารที่มีความสามารถในการละลาย
ซึ่งเปรียบเทียบกันได้ยาก เช่น.....กับ.....

81

เราเปรียบเทียบการละลายของสารต่าง ๆ ได้ง่ายในกรณีใด ?

82

สารโดยมากถ้าเรานามาละลายในน้ำ ที่อุณหภูมิเท่าที่จะละลายได้
จำนวนหนึ่ง แต่ถ้าทำให้ร้อนจะละลายได้มากขึ้น และก็มีสารบางชนิดละลาย
ได้น้อยที่อุณหภูมิสูง เช่นลิเทียมคาร์บอเนต แสดงว่าอุณหภูมิก็มีส่วนเกี่ยวข้องกับ.....

83

อแกง กับ แพนธาลีน
 อคู่น ๆ ที่มีการละลาย
 กันมาก)

ก๊าซทุกชนิดละลายได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
 ในน้ำที่ก๊าซออกซิเจนละลายอยู่ซึ่งปลาได้ใช้หายใจ เวลากลางวัน
 แดดร้อนจัด ในบ่อน้ำขึ้น ๆ จะเห็นว่าปลาต้อง浮ขึ้นเหนือน้ำบ่อยครั้งกว่าเวลา
 เช้าหรือค่ำ เพื่อรับออกซิเจนจากอากาศ ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น ?

84

ลทรายกับผงชูรส
 อคู่น ๆ ที่มีการละลาย
 น้อยพอ ๆ กัน)

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การละลายของของแข็งส่วนมากกับการละลาย
 ของก๊าซในน้ำ แตกต่างกันอย่างใด?

85

รณีสารเหล่านี้นี้มีความ
 ารถในการละลายต่างกัน

เมื่อของแข็งละลายอยู่ในของเหลว เราเรียกของแข็งว่าตัวถูกละลาย เรียกของเหลวว่าตัวทำละลาย

ในกรณีของน้ำเกลือซึ่งเป็นสารละลาย มีตัวถูกละลายคือ.....
 มีตัวทำละลายคือ.....

ละลาย

86

อะเมื่อแคร์อัน จะทำให้
ภูมิของน้ำสูง ออกซิเจนที่
ายอยู่ในน้ำล้นน้อยลงไม่พอ
จะใช้หายใจ จึงต้องรับ
อากาศโดยตรง(หรือใช้
กำเอาเองเท่านั้น)

ในการละลายของสารนั้น เมื่อสารละลายได้มากขึ้นความเข้มข้น
ของสารละลายก็มากขึ้นตามลำดับ

สารละลาย ก. มีเกลือ 10 กรัม ละลายในน้ำ 100 cm^3

สารละลาย ข. มีเกลือ 20 กรัม ละลายในน้ำ 100 cm^3

สารละลายไหนมีความเข้มข้นมากกว่า

แข็งส่วนมากละลายได้
ขึ้น แต่กากกลับละลาย
ยลง

87

ความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้นได้สูงถึงขีดหนึ่งเท่านั้น เมื่อ
อุณหภูมิคงที่ คือเพิ่มขึ้นจนสารละลายอิ่มตัว เมื่อสารละลายอิ่มตัวแล้วเราใส่
ตัวถูกละลายลงไปอีกก็จะไม่ละลาย

สมมุติที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในน้ำ 100 cm^3 ของแข็งชนิด
หนึ่งละลายได้เต็มที่ 50 กรัม เมื่อเพิ่มของแข็งนี้ลงไปอีกจะไม่ละลาย สาร-
ละลายนี้เป็นสารละลายอิ่มตัวที่ 30 องศาเซลเซียส หรือไม่ ?

88

สารละลาย ก. มีของแข็งชนิดหนึ่งละลายอยู่ 20 กรัม ในน้ำ
 100 cm^3 เมื่อเติมของแข็งนี้ลงในสารละลาย ก. อีก 10 กรัม ปรากฏว่า
ละลายได้อีก แต่ถ้าเติมมากกว่าส่วนที่เกินกว่า 10 กรัม จะไม่ละลาย
สารละลายที่ได้จากการเติมของแข็ง 10 กรัม ลงในสารละลาย ก. เรียกว่า
สารละลาย ข.

สารละลายไหนเป็นสารละลายอิ่มตัว ? สารละลายไหนเป็น
สารละลายไม่อิ่มตัว ?

89

รละลาย ข.

ที่อุณหภูมิหนึ่ง เราไม่สามารถเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายให้เกินระดับอิ่มตัวได้ แต่ถ้าเราเปลี่ยนอุณหภูมิสารนั้นจะละลายได้อีกของแข็งชนิดหนึ่งละลายน้ำได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ถ้าเรามีสารละลายอิ่มตัวของของแข็งนี้ในน้ำที่อุณหภูมิของห้อง แล้วเราต้มสารละลายนี้ให้ร้อนเมื่อเติมของแข็งนี้ลงไปอีก ของแข็งจะ.....ได้อีก

90

นสารละลายอิ่มตัว

ของแข็งชนิดหนึ่งละลายน้ำได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ถ้าเรามีสารละลายอิ่มตัวของของแข็งนี้ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง แล้วเราต้มสารละลายนี้เมื่อเติมของแข็งนี้ลงไป จะละลายได้อีกหรือไม่ ? เพราะเหตุไร ?

91

รละลาย ข. เป็นสารละลายอิ่มตัว

รละลาย ก. เป็นสารละลายไม่อิ่มตัว

เมื่อสารละลายอิ่มตัวแล้ว หากเราลดปริมาณของตัวทำละลาย เช่น โดยการระเหย ตัวถูกละลายจะแยกออก
เมื่อมีสารละลายอิ่มตัวชนิดหนึ่ง ถ้าจะให้ตัวถูกละลายแยกออก เราต้อง.....ของตัวทำละลาย

92

น้ำตาลทรายที่ได้จากอ้อย ทำได้โดยการนำอ้อยมาบีบเอาน้ำอ้อยออก แล้วเอาน้ำอ้อยไปต้มให้น้ำคอก ๆ ระเหยออกไป ทิ้งให้เย็นจะได้ผลึกน้ำตาลทรายแยกออกมา แสดงว่าน้ำตาลทรายได้จากการตกผลึกน้ำอ้อยซึ่งมี.....เป็นตัวทำละลาย

93

ละลาย

เมื่อน้ำทะเลมาฝั่งแตกไว้ให้น้ำค่อย ๆ ระบายออกไป จะมีเกลือ
แยกตัวออก แสดงว่าเกลือก็ได้จากการ.....ของสารละลายอื่นตัว

94

ละลาย เพราะของแข็งนี้
ละลายได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิ
สูงขึ้น

น้ำตาลทราย เกลือแกง ผงชูรส ปุ๋ยอัมโมเนียมซัลเฟต และยา
ต่าง ๆ ที่เป็นของแข็ง ได้จากการตกผลึกสารเหล่านี้ออกจากสารละลายอื่นตัว
การแยกของแข็งเหล่านี้ออกจากสารละลายอื่นตัว เรียกว่าการ...
.....

95

ปริมาณ

สารละลายมีอยู่ทั่วไป เช่น ในร่างกายของคนและสัตว์เต็มไปด้วย
สารละลายซึ่งมีน้ำเป็นตัวทำละลาย เช่น เลือดและของเหลวในเซลล์ทั่วร่างกาย
เลือดและของเหลวในเซลล์ของร่างกาย เป็นสารละลายที่มี.....
เป็นตัวทำละลาย

96

พืชทุกน้ำซึ่งละลายแร่ธาตุต่าง ๆ ในดินทางราก ฉะนั้นในพืชก็มี
สารละลายที่มีน้ำเป็น

97

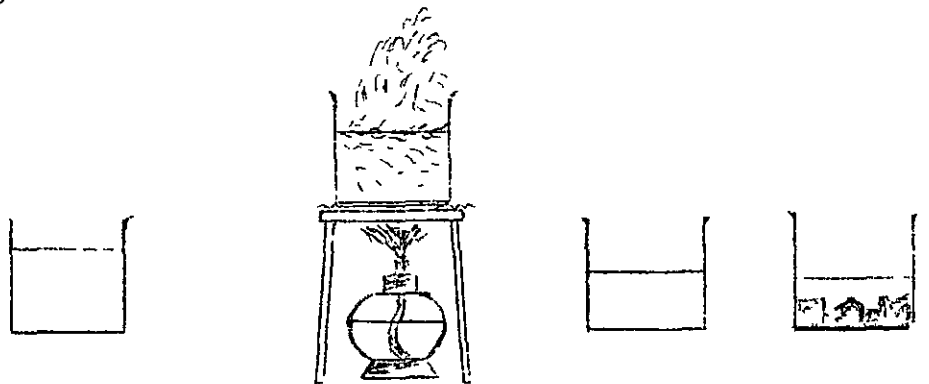
ผลึก

ในสารละลายอิ่มตัวที่มีของแข็งเป็นตัวยุทละลาย เมื่อลดปริมาณของตัวทำละลายจะมีของแข็งเป็นผลึกแยกจากสารละลาย ซึ่งกล่าวว่าเกิดการตกผลึก

เมื่อเราต้มน้ำเกลือที่อิ่มตัวให้น้ำก้อย ๆ ระเหยออกไปจำนวนหนึ่งแล้วตั้งทิ้งไว้ จะเห็นมี.....ตกผลึกออกมา

ผลึก

98



สารละลายอิ่มตัว
ของของแข็งใน
ของเหลว

ต้มให้ตัวทำละลาย
ระเหยไปบ้าง

ตั้งทิ้งไว้

เมื่อเย็น
จะมีของ
แข็งแยก
ตัวออกมา

รูปนี้แสดงการทำอะไร ?

ำละลาย

99

ของแข็งที่แยกตัวออกจากตัวทำละลายเรียกว่า.....

7 กลี	100 สารละลายอื่นที่เทคนิคหนึ่งมีของแข็งละลายในน้ำ เมื่อทำให้สารละลายนี้ร้อนขึ้นแล้วใส่ของแข็งนี้ลงไป ปรากฏว่าละลายได้อีก 1. เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ของแข็งนี้ละลายได้มากขึ้นหรือน้อยลง ? 2. เมื่อทิ้งสารละลายนี้ให้เย็น จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ?
8 ารคณล็ก	101 ถ้าว่าสารละลายไม่ใช่ว่ามีน้ำเป็นตัวทำละลายเสมอไป ของเหลวอื่น ๆ เช่น แอลกอฮอล์ (ซึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอนกับไฮโดรเจนรวมตัวกัน) ก็ใช้เป็นตัวทำละลายสารบางชนิดได้ เช่น ใช้เป็นตัวทำละลายสีกัดเอาน้ำมันออกจากพืชบางชนิดได้ สารละลายที่ได้จากการสกัดน้ำมันพืชในกรณีดังกล่าวแล้ว มี..... เป็นตัวทำละลาย และมี..... เป็นตัวถูกละลาย
	102 เราใช้อะไรสำหรับละลายเอาน้ำมันออกจากพืช ?
ก	103 ในการสกัดสารต่าง ๆ จากพืช สารที่จะสกัดออกมานั้นต้องละลายในตัวทำละลายที่ใช้ จึงจะสกัดออกได้ เราจะใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสำหรับสกัดเอาน้ำมันพืชได้หรือไม่ ? เพราะเหตุใด ?

0

104

มากขึ้น
จะมีของแข็งตกผลึก
ออกมา

สารละลายใบจำเป็นต้องบ่มสถานะเป็นของเหลวเท่านั้น อาจเป็น
ก๊าซหรือของแข็งก็ได้ เช่นอากาศ เป็นสารละลายระหว่างก๊าซออกซิเจนกับ
ก๊าซไนโตรเจนและก๊าซอื่น ๆ ทองเหลืองเป็นสารละลายระหว่างทองแดง
กับสังกะสี เป็นต้น

สารละลายอากาศ มีสถานะเป็น.....

สารละลายทองเหลือง มีสถานะเป็น

1

กเชน
มันพืช

105

ในบรรดาสารละลายต่อไปนี้ สารละลายใดที่ประกอบด้วยก๊าซ
กับของเหลว ?

อากาศ น้ำเชื่อม นาก น้ำอัมโมเนีย สารละลายที่ได้จาก
การใช้เฮกเซนสกัดน้ำมันพืช

2

106

กเชน

ในบรรดาสารละลายข้างต้น สารละลายใดที่มีองค์ประกอบเป็น
ของเหลวกับของเหลว ?

3

'ได้ เพราะน้ำมันพืชไม่
ละลายน้ำ

เราใช้ทดสอบสมบัติบางประการของของแข็งมาแล้ว และพอจะสรุปได้ว่าสารที่มีสมบัติเพียง 1-2 อย่างเหมือนกันไม่จำเป็นต้องเป็นสารชนิดเดียวกันเสมอไป ต้องทดสอบสมบัติหลาย ๆ ประการ จึงจะตัดสินได้ว่าเป็นสารชนิดเดียวกันหรือไม่ สมบัติที่เราใช้ทดสอบกับของแข็งก็ใช้ทดสอบกับของเหลวได้ และทำนองเดียวกัน สมบัติอื่น ๆ ที่เราจะทดลองกับของเหลวตามวิธีที่จะกล่าวถึงต่อไป ก็อาจใช้กับของแข็งได้เช่นกัน

เราจะทดสอบการนำไฟฟ้าและความเป็นกรดของของเหลวหลายชนิด ซึ่งมีลักษณะที่ปรากฏให้เห็นเหมือนกันทุกประการ เพื่อจะทราบว่าของเหลวเหล่านั้นเหมือนกันหรือไม่

การทดลองที่ 1.6 การนำไฟฟ้าและความเป็นกรดของของเหลว

วิธีทำ

1. ทวงของเหลวต่อไปนี้ด้วยกระบอกตวง คือ น้ำ สารละลายน้ำตาล - หวาย สารละลายเกลือแกง สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรด - โซโครคลอริก แต่ละชนิดประมาณ 5 cm^3 ลงในหลอดทดลองขนาดกลางแต่ละหลอด ตั้งหลอดในที่ว่างหลอดทดลอง

2. ใช้แท่งแก้วสะอาดแตะของเหลวมาหยดลงบนกระดาษลิตมัสสีอ่อนเล็ก ๆ ซึ่งได้ตัดไว้แล้วทั้งสีแดงและน้ำเงิน สังเกตสีของกระดาษลิตมัสที่ติดกับของเหลวแต่ละชนิด บันทึกผลไว้ในตาราง (ถ้ากระดาษลิตมัสทั้งสองชนิดไปเปลี่ยนสีให้บันทึกว่า เป็นกลาง ถ้าเปลี่ยนจากสีแดงเป็นน้ำเงินให้บันทึกว่า เป็นเบส และถ้าเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นแดงก็บันทึกว่า เป็นกรด)

3. จุ่มปลายลวดตัวนำของเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าลงในของเหลวตัวอย่างแต่ละหลอด สังเกตผลแล้วบันทึกไว้ในตาราง (ถ้าหลอดไฟสว่างก็บันทึกว่า นำไฟฟ้า)

แข็ง

ลัมโมเนีย

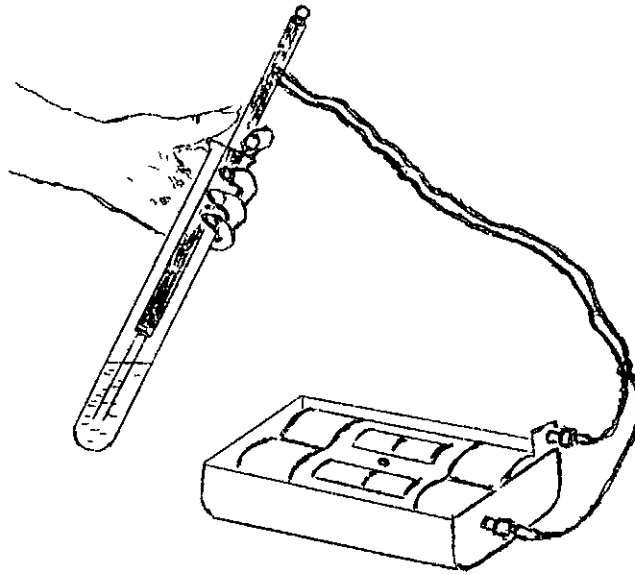
6

รละลายที่ได้จากการ
เอกเซนสกัดน้ำมันพืช

หมายเหตุ

1. เมื่อใช้แท่งแก้วแตะของเหลวใดแล้ว ก่อนที่จะทดลองกับของเหลวอื่น ต้องล้างแท่งแก้วให้สะอาดและเช็ดให้แห้งทุกครั้ง เพราะของเหลวเดิมอาจติดไปกับแท่งแก้ว ทำให้ผลการทดลองผิดพลาดได้

2. ก่อนที่จะจุ่มปลายหลอดแก้วลงในของเหลว จะต้องตรวจสอบเครื่องมือก่อนว่าใช้ได้หรือไม่ โดยให้ปลายของหลอดแก้วแตะกันเอง ถ้าหลอดไฟสว่างก็แสดงว่าใช้ได้ และเมื่อทดลองกับของเหลวชนิดใดแล้ว ต้องล้างและเช็ดให้สะอาดเช่นกัน



รูปแสดงการตรวจการนำไฟฟ้าของของเหลว

ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1.6

ของเหลวตัวอย่าง

ความเป็นกรดเป็นเบสต่อลิตมัส

การนำไฟฟ้า

น้ำ

สารละลายน้ำตาลทราย

สารละลายเกลือแกง

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

กรดไฮโดรคลอริก

นักเรียนบันทึกผลการทดลองลงในสมุด แล้วเขียนรายงานการทดลองในข้อท้ายของรายงาน การทดลองนี้ต้องมีหัวข้อสรุปผลการทดลองเพิ่มอีกหัวข้อหนึ่ง ให้สรุปว่าจากผลการทดลองของนักเรียน การนำไฟฟ้าของของเหลวสัมพันธ์กับความเป็นกรดเป็นเบสอย่างไร เช่น ของเหลวใด ๆ นำไฟฟ้า จะมีความ เป็นกรดเป็นเบสอย่างไร ของเหลวที่นำไฟฟ้าจะมีความเป็นกรดเป็นเบสอย่างไร เป็นต้น

107

จากผลการทดลองที่ 1.6 บิซของเหลวชนิดใดบ้างที่มีทั้งสมบัติ การนำไฟฟ้าและความเป็นกรดเป็นเบสเหมือนกันอีก ? และเหมือนกัน อย่างไร ? (ความเป็นกรดเป็นเบสในที่นี้รวมถึงเป็นกลางด้วย)

108

ของเหลวที่นำบาททดลองทั้งหมดมีลักษณะภายนอกเหมือนกัน กือใสไม่มีสี

ก. ในบรรดาของเหลวตั้งแต่ชนิดที่ 2 - 5 กือสารละลายน้ำกล ทราย สารละลายเกลือแกง สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และกรด ไฮโดรคลอริก ของเหลวใดบ้างที่มีสมบัติการนำไฟฟ้าและความเป็นกรด เป็นเบสเหมือนกันทั้ง 2 ประการ ?

ข. เมื่อคุณผลการทดลองแล้ว เหตุใดเราจึงบอกได้ว่าของเหลว ชนิดที่ 2 - 5 เป็นของเหลวต่างชนิดกัน ?

109

ของเหลวชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2 ก็น้ำ และสารละลาย
น้ำตาลทราย ให้ผลเช่นเดียวกันในการทดสอบสมบัติสองประการนี้
ทำให้เรายังไม่อาจบอกได้ว่าเป็นของเหลวชนิดเดียวกับหรือไม่
เราจึงต้องทำการ.....อย่างอื่นต่อไป

7 และสารละลายน้ำตาลทราย
ต่างก็ไม่นำไฟฟ้าและเป็นกลาง

110

ถ้าเราทดลองกับของเหลวจำนวนมากกว่านี้ อาจมีโอกาพบว่
มีของเหลวหลายชนิด ต่างก็ ไม่นำไฟฟ้าและเป็นกลาง

" " นำไฟฟ้าและเป็นกลาง

" " นำไฟฟ้าและเป็นกรด

" "

(ส่วนของเหลวที่ไม่นำไฟฟ้าและเป็นกรดหรือเป็นเบส นั้น

นักวิทยาศาสตร์ยังทดสอบไม่พบ)

8 ไม่มี
เพราะมีสมบัติการนำไฟฟ้า
ะความเป็นกรดเป็นเบสต่างกัน

111

ลักษณะการนำไฟฟ้าและความเป็นกรดเป็นเบสของของเหลว
ต่าง ๆ อาจมีโอกาเป็นไปไดดังนี้

1. นำไฟฟ้าและเป็นกรด 2.

3. 4.

2 กรดไฮโดรคลอริก สารละลายโซเดียมไฮดรอก- ไซด์ สารละลายเกลือแกง สารละลายน้ำตาลทราย น้ำ	115 ลิกมัสที่ใช้ทดสอบความเป็นกรดเป็นเบสของของเหลวคือ อินดิเคเตอร์ชนิดหนึ่ง อินดิเคเตอร์ทุกชนิดเปลี่ยนสีได้ขึ้นอยู่กับของเหลว ที่มีความเป็นกรดเป็นเบสต่างกัน สารที่ใช้ทดสอบความเป็นกรดเป็นเบสเรียกว่า..... -----
3 เป็นกลาง น้ำไฟฟ้า	116 สมบัติที่สำคัญของอินดิเคเตอร์คือ..... -----
4 งเหลวที่นำไฟฟ้าอาจเป็นกรด นเบส หรือเป็นกลางก็ได้ ของเหลวที่ไม่นำไฟฟ้าจะเป็น าง	117 ในของเหลวที่เป็นกรด ลิกมัสมีสี..... ในของเหลวที่เป็นเบส ลิกมัสมีสี..... ----- 118 ในของเหลวที่เป็นกลาง ลิกมัสมีสีอะไร ? -----

-5

เคีเกเตอร์

ในการทดลองที่ 1.6 นักเรียนได้พบว่าของเหลวชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2 คือน้ำและสารละลายน้ำตาลทราย ซึ่งเป็นของเหลวใสไม่มีสีเหมือนกัน มีสมบัติ 2 ประการเหมือนกันคือ ต่างก็ไม่นำไฟฟ้าและเป็นกลางต่อลิกมัส จึงต้องทดสอบสมบัติประการอื่น ๆ เพิ่มเติมอีก เช่น จุกเค็อก เพื่อให้ทราบแน่ชัดลงไปว่าเป็นของเหลวชนิดเดียวกันจริงหรือไม่

เราจะกลั่นของเหลวซึ่งให้ผลในการทดลองที่ 1.6 เหมือนกันเพื่อหาจุดเค็อก ของของเหลว 2 ชนิดนี้ว่าต่างกันหรือไม่

6

ลิ้นสีได้เมื่อผสมกับของเหลว
กลายเป็นกรดเป็นเบสต่างกัน

การทดลองที่ 1.7 การกลั่นของเหลว

วิธีทำ

1. ถวงน้ำกลั่น (ถือของเหลวชนิดที่ 1 ซึ่งเหลือจากที่ใช้ในการทดลองที่ 1.6) ด้วยกระบอกลงให้ได้ปริมาตร 10 cm^3 แล้วรินลงในหลอดทดลองขนาดใหญ่ ใส่แท่งกระเบื้องสะอาดที่ไม่ได้เคลือบและปิฐพุนลงไป 1 ชิ้น เพื่อช่วยให้ของเหลวเค็อกโดยสม่ำเสมอ เสียบเทอร์โมมิเตอร์เข้ากับจุกยางเจาะ 2 รู ซึ่งอีกรูหนึ่งได้เสียบหลอดแก้วครอบสายพลาสติกไว้แล้ว สำหรับให้อากาศจากหลอดนำจุกยางนี้ไปปิดปากหลอดทดลองที่ได้ใส่ของเหลวไว้แล้ว ใช้ที่จับหลอดทดลองซึ่งติดอยู่กับขาตั้ง ปิดหลอดไว้ ดังรูป

7

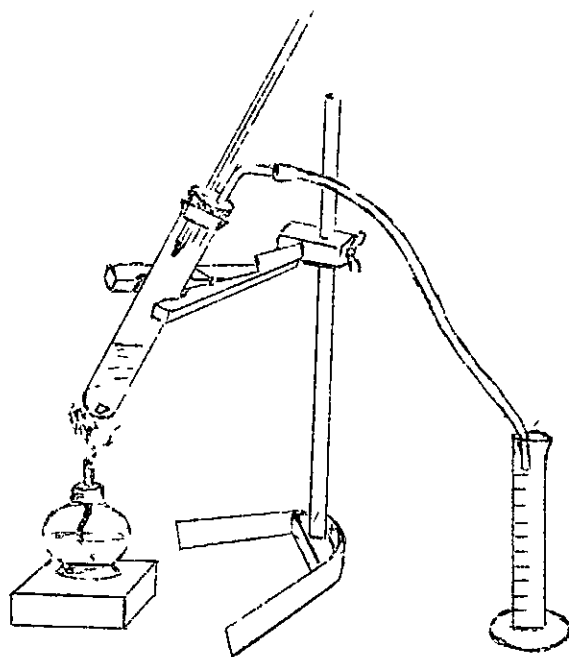
ง

เงิน

8

นสีขิม
หรือไม่เปลี่ยนสี)

หมายเหตุ ขณะเสียบเทอร์โมมิเตอร์เข้ากับจุกยาง ต้องใช้ไฟหรือน้ำมันเป็นถั่วหลอดสั้น และห้ามใช้ปลายเทอร์โมมิเตอร์ด้านที่เป็นกระเปาะปรอทเสียบ



รูปแสดงการจัดเครื่องมือกลั่น

2. กอบ ๆ อุณหภูมิของเหลวให้ร้อนขึ้นจนเกือบถึงจุดเดือด อ่านอุณหภูมิของไอที่ออกมาเมื่อเก็บของเหลวได้ทุก ๆ 1 cm^3 (ถ้าไอที่ออกมาไม่ควบแน่นเป็นของเหลว ให้ยกกระบอกตวงวางลงในน้ำในบีกเกอร์ซึ่งมีน้ำป็นน้ำแข็งบรรจุอยู่) บันทึกผลจนครบ 5 cm^3 แล้วหยุดกักัน โดยยกสายพลาสติกออกจากกระบอกตวงแล้วดับตะเกียงเก็บของเหลวทั้งที่ไ้จากการควบแน่นของไอ และที่เหลื้จากการกลั่นไว้ในหลอดทดลองขนาดกลางแต่ละหลอด ทำเครื่องหมายไว้

3. ทดลองเช่นเดียวกัน แต่ใช้สารละลายน้ำตาลทราย (คือของเหลวชนิดที่ 2 ซึ่งเหลื้จากการที่ใช้ในการทดลองที่ 1.6)

ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1.7

ของเหลวที่ใช้กลั่น	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) เมื่อเก็บของเหลวได้ทุก ๆ 1 cm^3					
	1	2	3	4	5	
ของเหลวชนิดที่ 1						
ของเหลวชนิดที่ 2						

ในรายงานการทดลองนี้ ให้นักเรียนสรุปไว้ในทำนองว่าจุดเคี้ยวของของเหลว 2 ชนิดนี้
ต่างกันอย่างไร หรือไม่

119

จากผลการทดลองที่ 1.7 อุณหภูมิของเหลวทั้งสองชนิดเริ่ม
เคี้ยวเท่ากันหรือไม่ ? ถ้าไม่เท่ากัน ชนิดไหนสูงกว่า ?

120

จากผลการทดลองของนักเรียน จุดเคี้ยวของของเหลวชนิด
แรกมีลักษณะเป็นแบบไหนในแบบต่อไปนี้

- มีจุดเคี้ยวคงที่ (คืออุณหภูมิของไอเท่ากันหมด)
- มีจุดเคี้ยวไม่คงที่แบบที่อุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ
- มีจุดเคี้ยวไม่คงที่แบบที่อุณหภูมิสูงบ้างต่ำบ้าง

121

จากผลการทดลองของนักเรียน จุดเคี้ยวของของเหลวชนิดที่สอง
มีลักษณะเป็นแบบไหน ?

122

จากผลการทดลองของนักเรียน ถ้าใช้จุดเคี้ยวเป็นเกณฑ์ใน
การพิจารณา ของเหลวสองชนิดที่นำมากลั่นนี้เป็นชนิดเดียวกันหรือต่างชนิด
กัน ? เพราะเหตุไร ?

123

ของเหลวที่ได้จากการควบแน่นของไอ (หรือที่กลั่นได้) ของสาร
ทั้งสองชนิด มีลักษณะอย่างไร ?

124

ให้นักเรียนนำของเหลวที่กลั่นได้จากของเหลวทั้งสองชนิด
ใส่ลงในจานหลุมโลหะแยกกันชนิดละหลุม แล้วเกี่ยวจนงวด
ผลปรากฏว่า.....

125

จากผลการทดลอง ของเหลวที่กลั่นได้จากของเหลวทั้งสอง
ชนิดนี้ น่าจะเป็นสารชนิดเดียวกันหรือไม่ ? ให้เหตุผลมา 2 ประการ

126

ให้นักเรียนนำของเหลวที่เหลือในหลอดกลั่น ทั้งสองเกี่ยวใน
จานหลุมโลหะอีกครั้งแยกกันคนละหลุม เปรียบเทียบผลกัน
ผลปรากฏว่า.....

3

ไม่มีสี

127

จากผลการทดลอง ของเหลวที่เหลืองจากการกลั่น ? ทั้งสอง
หลอดเป็นสารชนิดเดียวกันหรือไม่ ? ให้เหตุผล ?

4

งเหลวทั้งสองระเหยไปหมด

128

ของเหลวสองชนิดที่นำมากลั่นนั้น ถ้าใช้จุดเดือดจากผลการ
ทดลองเป็นเกณฑ์ แล้วตัดสินไม่ได้ว่าเป็นของเหลวต่างชนิดกันหรือไม่ ก็
อาจใช้เกณฑ์อีกอย่างหนึ่ง คือ ผลจากการเกี่ยวของเหลวที่เหลืองจากการ
กลั่น ถ้าปรากฏผลต่างกัน ก็แสดงว่า.....

ะเป็นสารชนิดเดียวกัน เพราะ

มีลักษณะและสีเหมือนกัน

เมื่อเคี้ยวก็ให้ผลเหมือนกัน

129

ถ้านักเรียนทำการทดลองกับของเหลวหลาย ๆ ชนิด จะพบว่า

1. ของเหลวที่เป็นสารบริสุทธิ์ จะมีจุดเดือดคงที่ และเมื่อนำมาเกี่ยว
ให้งวดจะไม่มีของแข็งเหลืออยู่

2. ของเหลวที่เป็นสารละลาย จะมีจุดเดือดไม่คงที่และถ้าเป็นสารละ-
ลายที่บีของแข็งละลายอยู่ เมื่อเกี่ยวแล้วจะมีของแข็งเหลืออยู่

เหลวชนิดแรกระเหยไปหมด

ชนิดหลังมีของแข็งสีดำเหลือ

จากผลการทดลองของนักเรียน ของเหลวที่นำมากลั่นนั้น ชนิด
ใดเป็นสารบริสุทธิ์ ชนิดใดเป็นสารละลาย ?

27

างชนิดกัน เพราะเขื่อนนำมาเกี่ยว
วให้ผลไม่เหมือนกัน

130

ทำไมน้ำจึงจัดว่าเป็นสารบริสุทธิ์ ? (ให้เหตุผลในด้านจุดเดือด
และผลจากการเกี่ยว)

8

นของเหลวต่างชนิดกัน

131

สารบริสุทธิ์ชนิดหนึ่งจะมีจุดเดือดที่อุณหภูมิหนึ่ง (หรือมีจุดเดือด
คงที่) ฉะนั้นจุดเดือดจึงเป็นค่าเฉพาะตัวของสารบริสุทธิ์ด้วย

ก. จุดเดือดเป็นค่าเฉพาะตัวของสารบริสุทธิ์ เพราะสารบริสุทธิ์
มีจุดเดือด.....

ข. จุดเดือดไม่เป็นค่าเฉพาะตัวของสารละลาย เพราะ.....

9

ที่ 1. เป็นสารบริสุทธิ์
ที่ 2. เป็นสารละลาย

132

ถ้านำน้ำเชื่อมมากลั่นจนเกือบงวด แล้วนำของเหลวที่เหลือ
จากการกลั่นมาทิ้งทิ้งไว้ให้เย็น จะเห็นผลึกน้ำตาลทรายแยกออกเป็นเกล็ด
สีขาว

กรณีนี้ใช้การกลั่นเป็นวิธีแยกตัวทำละลาย คือ.....
ออกจากตัวถูกละลายคือ.....

0

ระมีจุดเคี้ยวที่และเปื้อน
ยวจนงวก จะไม่มีของแข็ง
ลืออยู่

133

การกลั่นนอกจากใช้เป็นวิธีแยกตัวทำละลายออกจากตัวถูกละลาย
แล้ว ยังใช้สำหรับทดสอบว่าของเหลวนั้นเป็นสารบริสุทธิ์หรือสารละลาย

ก. ถ้ากลั่นแล้วมีจุดเคี้ยวที่ แสดงว่าของเหลวนั้นเป็น.....

ข. ถ้ากลั่นแล้วมีจุดเคี้ยวที่ แสดงว่าของเหลวนั้นเป็น.....

.....

1

กึ่งที่
สารละลายมีจุดเคี้ยวที่

134

เอชดีแอลกอฮอล์เป็นของเหลว ถ้าผสมกับน้ำจะละลายเป็น
เนื้อเดียวกัน

เมื่อนำของเหลวซึ่งมีเอชดีแอลกอฮอล์ปนอยู่กับน้ำมากลั่น จุด
เคี้ยวของของเหลวนี้จะมีลักษณะอย่างไร ? (กึ่งที่หรือไม่งั้น)

135

าตรหาย

จากที่กล่าวมาแล้ว เรา ใช้การกลั่นสำหรับทำอะไรบ้าง ?
(บอกมา 2 ประการ)

136

สารบริสุทธิ์

สารละลาย

สารละลายที่บ่งค้ประกอบเป็นของเหลวชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีจุดเดือดใกล้เคียงกัน เราจะแยกองค์ประกอบต่าง ๆ ออกจากกันด้วยการกลั่นธรรมดาไม่ได้ เพราะสารเหล่านั้นจะเปลี่ยนสถานะเป็นไอปนกันออกมา

เอซิลอัลกอฮอล์กับน้ำ เป็นของเหลวที่มีจุดเดือดใกล้เคียงกัน ฉะนั้นสารละลายของของเหลวสองชนิดนี้เราจะแยกแต่ละชนิดออกจากกันโดยการกลั่นธรรมดาไม่ได้เพราะของเหลวสองชนิดนี้จะ.....

.....

ก. เกิดคไปคงที่

137

เอซิลอัลกอฮอล์เดือดที่ 78°C ส่วนน้ำเดือดที่ 100°C ถ้าทำการกลั่นสารละลายนี้ เมื่อสารละลายมีอุณหภูมิ 78°C อัลกอฮอล์จะกลายเป็นไอ และมีน้ำกลายเป็นไอปนมาบ้าง

แสดงว่าที่ 78°C น้ำบางส่วนจะเดือดได้เมื่อละลายปนกับ

.....

ใช้ทดสอบว่าของเหลวนี้

สารบริสุทธิ์หรือสารละลาย

ใช้แยกตัวทำละลายออกจาก

กละลาย

138

เราไม่สามารถใช้การกลั่นธรรมดาแยกของเหลวต่าง ๆ ซึ่งมีผสมรวมกันเป็นสารละลายให้ออกจากกันในกรณีใด ? เพราะเหตุใด ?

.....

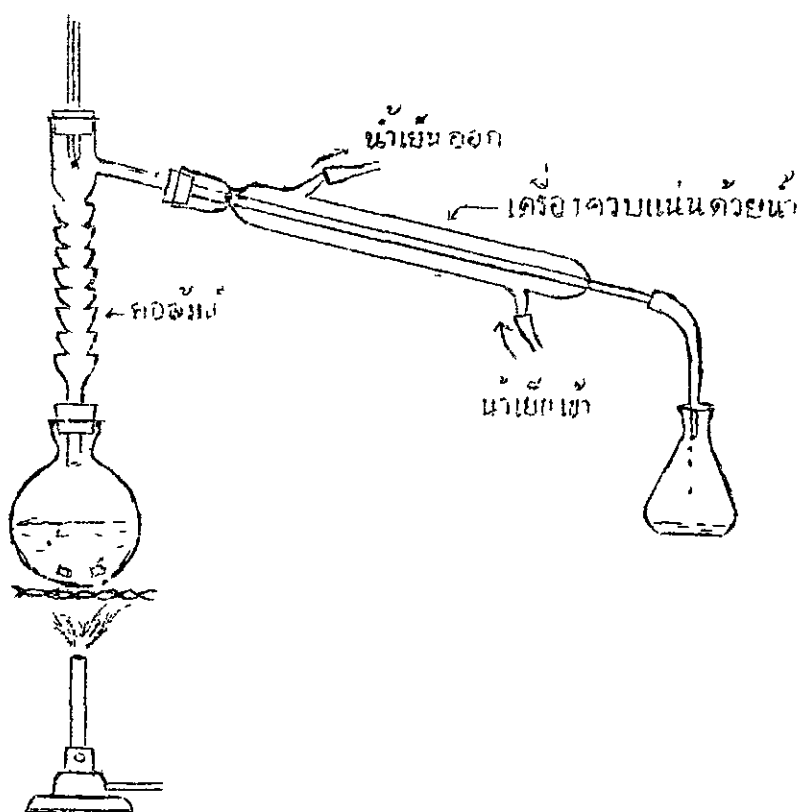
1.2.3 การทำสารให้บริสุทธิ์ขึ้น

6
เปลี่ยนสถานะเป็นไอปนกันออกมา

1

ถ้ามีของเหลวตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปละลายปนกันอยู่ และของเหลวเหล่านั้นมีจุดเดือดต่างกันไม่มาก เราจะแยกของเหลวเหล่านั้นออกจากกันโดยการกลั่นแบบธรรมดาไม่ได้ เพราะในไอที่ออกมาจะมีของเหลวหลายชนิดปนกัน ฉะนั้นของเหลวที่กลั่นได้ก็มีหลายชนิดปนกันอีก จึงต้องใช้การกลั่นอีกวิธีหนึ่ง เรียกว่าการกลั่นลำดับส่วน

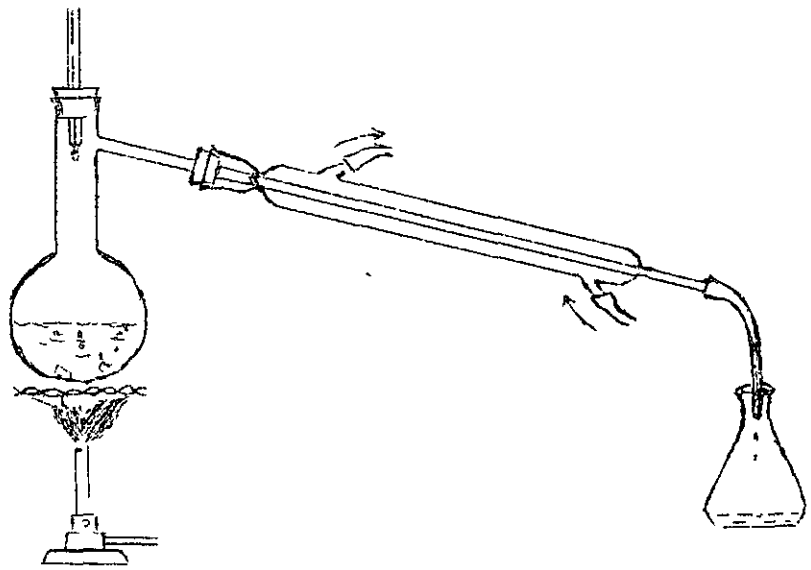
การกลั่นลำดับส่วนแตกต่างจากการกลั่นธรรมดา คือ มีหลอดแก้วที่เรียกว่า คอลัมน์ เพิ่มขึ้น ดังรูป



ผลึกของสาร

จุดเดือดของเหลวเหล่านั้นมีจุดใกล้เคียงกัน เพราะของเหลวนั้นจะกลายเป็นไอปนกันออกมา

รูปแสดงการกลั่นลำดับส่วน



รูปแสดงการกลั่นธรรมชาติ

ในการกลั่นลำดับส่วน ตอนแรกของเหลวหลายชนิดจะกลายเป็นไอปนกัน แต่เมื่อไอกระทบ กับผิวขรุขระของคอลัมน์ ไอของพวกที่มีจุดเดือดสูงจะควบแน่นเป็นของเหลวกลับลงมา ส่วนพวกจุดเดือดต่ำจะลอยขึ้นไป กว่าที่จะถึงยอดของคอลัมน์ก็จะควบแน่นหลายครั้ง จนเหลือไอของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำสุด ก็เข้าท่อต่อไปยังเครื่องควบแน่นแล้วกลับเป็นของเหลวไหลเข้าภาชนะที่รองรับ (ตอนนี้อุณหภูมิที่เทอร์โมมิเตอร์จะคงที่ คือเท่ากับจุดเดือดของของเหลวที่กำลังผ่านเข้าเครื่องควบแน่น) เมื่อของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำสุดออกไปหมด อุณหภูมิที่เทอร์โมมิเตอร์จะสูงขึ้น เราก็เปลี่ยนภาชนะเพื่อรองรับของเหลวชนิดที่สองต่อไป ทำดังนี้เรื่อย ๆ ไป ก็จะแยกของเหลวแต่ละชนิดออกได้

ถ้ามีของเหลวหลายชนิดละลายปนกันอยู่ และแต่ละชนิดมีจุดเดือดต่างกันไม่มาก เราจะแยกของเหลวเหล่านี้ออกจากกันโดยการกลั่นธรรมชาติได้หรือไม่ ? เพราะเหตุใด ?

ได้ เพราะในไอที่ออกมาจะมี
งเหลวหลายชนิดปนกัน

2!

เมื่อมีของเหลวมากกว่าหนึ่งชนิดขึ้นไป ละลายปนกันอยู่ ในการ
แยกของเหลวแต่ละชนิดออกจากกัน เราจำเป็นต้องใช้การกลั่นลำดับส่วน
ก็ต่อเมื่อของเหลวเหล่านั้นมีจุดเดือด.....

3!

ในการกลั่นลำดับส่วน ผิวขรุขระของกอลัมน์ ทำหน้าที่แยกไอ
ของ.....กับไอของ.....
.....ออกจากกัน

4!

ในการกลั่นลำดับส่วน ของเหลวที่เก็บไ้ครั้งแรกจะเป็นของ
เหลวที่มีจุดเดือด.....ในบรรดาของเหลวทั้งหมดที่ปนกันอยู่

5!

ในการกลั่นลำดับส่วนขณะที่ไอของสารชนิดหนึ่งกำลังผ่านเข้าสู่
เครื่องควบแน่น

ก. อุณหภูมิที่เทอร์โมมิเตอร์จะคงที่หรือไม่ ?

ข. อุณหภูมิที่เทอร์โมมิเตอร์จะเท่ากับ.....ของของเหลว
ที่กำลังผ่านเข้าสู่เครื่องควบแน่น

2
ต่างกันไม่มาก

6

ในการกลั่นลำดับส่วน เมื่อของเหลวชนิดหนึ่งออกมาหมดแล้ว
เราก็เปลี่ยนภาชนะที่รองรับ ก็จะได้ของเหลวแต่ละชนิดแยกจากกัน
เรารู้อย่างไรว่าของเหลวชนิดหนึ่ง ๆ ออกมาหมดแล้ว ?

3
ของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำ
ของเหลวที่มีจุดเดือดสูง

7

การกลั่นลำดับส่วนแตกต่างจากการกลั่นธรรมดาอย่างไร ใน
ด้าน

ก. อุปกรณ์ที่ใช้ ข. ประโยชน์ในการแยกของเหลว

ที่สุด

ก.

ก.

ข.

ข.

8

เอซิลอัลกอฮอล์มีจุดเดือด 78°C น้ำมีจุดเดือด 100°C
จัดว่ามีจุดเดือดต่างกันไม่มาก

ถ้าเอซิลอัลกอฮอล์ละลายปนอยู่กับน้ำ เราแยกของเหลว
แต่ละชนิดออกจากกันได้โดย.....

9

เมื่อทำการกลั่นลำดับส่วนสารละลายเอซิลอัลกอฮอล์กับน้ำ
จะได้ของเหลวชนิดไหนออกมากคน ? เพราะเหตุใด ?

งเกตที่เทอร์โมมิเตอร์
อุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนจากคงที่
ป็นสูงขึ้น ก็แสดงว่าของเหลว
นั้นออกมาหมดแล้ว

10

น้ำมันดิบหรือปิโตรเลียมที่ขุดขึ้นมาจากที่ต่าง ๆ ประกอบด้วย
สารหลายชนิดซึ่งมีจุดเดือดต่าง ๆ กัน เพื่อนำมากลั่นลำกับส่วนแล้วเก็บ
เอาไอของสารที่ระเหยออกมาในช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ ไว้ใช้ประโยชน์ได้
เช่น ส่วนที่เป็นน้ำมันเบนซิน มีจุดเดือดอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 90 - 100 องศา
เซลเซียส ส่วนที่ระเหยออกมาก่อนในช่วง 35 - 90 องศาเซลเซียส
เรียกว่าปิโตรเลียมอีเธอร์ ใช้เป็นตัวทำละลายสารอินทรีย์ น้ำมันก๊าด
เป็นส่วนที่ออกมาหลังจากเบนซิน

รถล้มธรรมดา
• ใบมีคอลัมน์
• ใช้แยกของเหลวที่มีจุดเดือด
ต่างกันมาก
รถล้มลำคัมส่วน
มีคอลัมน์
ใช้แยกของเหลวที่มีจุดเดือด
ต่างกันไม่มาก

น้ำมันดิบหรือปิโตรเลียม เป็นสารบริสุทธิ์ หรือสารละลาย ?
เพราะเหตุใด ?

11

เราแยกเอาสารต่าง ๆ ในปิโตรเลียมออกจากกันได้โดยวิธีใด?

12

รถล้มลำคัมส่วน

ในการกลั่นลำคัมส่วนแยกเอาสารต่าง ๆ ออกจากปิโตรเลียม
สารที่มีจุดเดือดอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 35 - 90 องศาเซลเซียส เรียกว่า...
.....

13

ซิคัลกอยด์ เพราะมีจุดเดือด
กว่าน้ำ

ของเหลวที่ออกมาหลังจากส่วนที่เป็นเบนซินคือ.....

รละลาย เพราะมีสารหลาย
 กระจายปนกันอยู่
 หรือ เบื่อกลิ่นแล้ว ได้สารหลาย
 (ออกมา)

14

เราจะใช้การกลั่นลำดับส่วนแยกของเหลวที่มีจุดเดือดเท่ากัน
 ออกจากกันได้หรือไม่ ? เพราะเหตุใด ?

15

จงยกตัวอย่างของเหลวที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนของปิโตร-
 เลียม บ่า 3 ชนิด

16

การกลั่นลำดับส่วนปิโตรเลียมเป็นตัวอย่างของสารแยกขอ
 เหลวที่นี้.....ต่างกันไม่มากออกจากกัน

รกลั่นลำดับส่วน

17

การสกัดน้ำมันพืช เพื่อใช้บริโภค เราใช้เฮกเซนเป็นตัวทำ
 ละลายสกัดเอาน้ำมันออกจากเมล็ดพืช แล้วกลั่นเอาเฮกเซนซึ่งมีจุดเดือด
 ต่ำและระเหยง่ายออกไปก่อน เหลือน้ำมันพืชซึ่งระเหยยาก แล้วนำพาฟอก
 สี และทำให้บริสุทธิ์ก่อนบรรจุขวดจำหน่าย

เพื่อทำการสกัดน้ำมันพืชจนได้สารละลายซึ่งมีตัวทำละลาย
 กับน้ำมันพืชผสมกันอยู่ ขั้นตอนต่อไปจะต้องทำอย่างไรบ้าง จึงจะได้น้ำมันพืช
 ที่บริสุทธิ์ออกมา

กรเลียมอีเทอร์

นภาค

4
มได้ เพราะของเหลว
เหล่านั้นจะกลายเป็นไอ
ออกมาพร้อมกัน

181

ในการกลั่นสารละลายของเฮกเซนผสมน้ำมันพืช อะไรระเหยออกไป
ก่อน ? เพราะเหตุใด ?

5
น้ำมันเบนซิน
ไตรเลียมอีเทอร์
น้ำมันก๊าด

การกลั่นซึ่งเราได้ทำการทดลองมาแล้ว เป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่ใช้
ในการแยกสารออกจากกัน ทำให้ได้สารที่บริสุทธิ์ขึ้น ยังมีเทคนิคอื่น ๆ อีก
ที่อาจใช้แยกสารต่าง ๆ ออกจากได้ เทคนิคอย่างหนึ่งคือวิธีโครมาโตกราฟี
ใช้แยกสารละลายออกเป็นองค์ประกอบต่าง ๆ เทคนิคนี้ใช้ได้ดีและนิยมกันมาก
เพราะใช้แยกสารที่มีสมบัติคล้ายคลึงกันมาก ๆ ได้ นอกจากนี้ยังใช้เป็นวิธี
ทดสอบสารตัวอย่างจำนวนน้อย ๆ ได้อีกด้วย

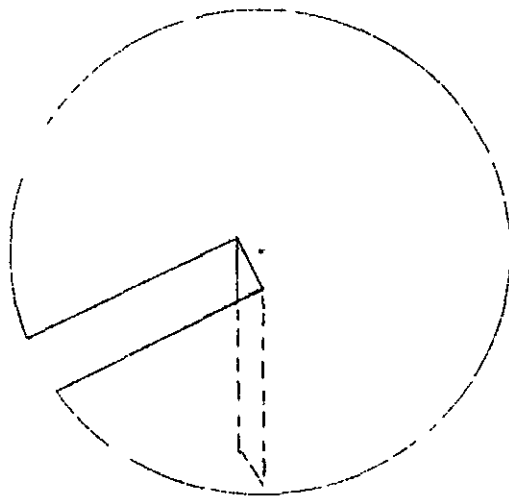
6
จุดเดือด

การทดลองที่ 1.8 การแยกสารละลายโดยวิธีโครมาโตกราฟี

วิธีทำ

1. ตัดกระดาษกรองจากเส้นรอบวงเข้าหาศูนย์กลาง แล้วตัดทำนอง
เดียวกันอีกครั้ง ขนาดกับเส้นแรก เพื่อให้ได้แถบกระดาษซึ่งกว้าง 1 เซนติเมตร
หักแถบกระดาษเป็นมุมฉากที่ศูนย์กลาง ดังรูป

แยกเอาเฮกเซนออกไป
จนกว่าฟอกสีและทำให้
สุก



รูปแสดงวิธีตัดและพับกระดาษกรองสำหรับโครมาโตกราฟี

2. ใช้หลอดอะปิลลารี จุ่มน้ำหมึกพอให้ติดปลายหลอดแล้วนำบายตะ
ที่ศูนย์กลางของกระดากกรอง ให้รอยหมึกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ
0.25 เซนติเมตร (อย่าใช้น้ำหมึกมาก มิฉะนั้นจะได้หยดของเหลวที่ขึ้นมาก
ใหญ่เกินไป) ทำให้แห้งแล้วหยดซ้ำบนรอยเดิมจนมีสีเข้มพอควร นำกระดาก
กรองไปวางบนมิกเกอร์ ซึ่งบรรจุน้ำพอที่จะท่วมถึงปลายกระดากกรอง ของ
ส่วนที่ตัดออก ตั้งทิ้งไว้ แล้วสังเกตการเคลื่อนที่ของน้ำพร้อม ๆ กับวงสีต่าง ๆ
ที่เกิดขึ้น เมื่อน้ำเปียกเกือบถึงเส้นรอบวงของกระดากกรอง จึงนำกระดาก
กรองนั้นออกผึ่งให้แห้ง (ระหว่างที่ตั่งทิ้งไว้นี้ ให้ทำการทดลองกับสาร
ตัวอย่างอื่น ๆ ต่อไป)

3. ทดลองเช่นเดียวกัน แต่ใช้หมึกจากปากกานีโอเมจิกให้ใช้ปลาย
ปากกาจุกลงที่ศูนย์กลางของกระดากกรองเลย

ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1.8

สารที่ใช้	ผลการสังเกต

ในรายงานการทดลองนี้ ให้สรุปผลการทดลองว่าส่วนที่เป็นสีของน้ำ
หมึก เป็นสารบริสุทธิ์หรือสารละลายให้เหตุผลด้วย

หมายเหตุ ในการบันทึกผลการทดลองนี้ ในช่องสารที่ใช้ ให้บอกว่าใช้หมึก
สีอะไร เป็นหมึกชนิดไหน (เช่น ควีน นีโอเมจิก หรือเพนเทล) ส่วนในช่อง
ผลการสังเกตให้บันทึกในตนเองว่า มีแถบสีต่าง ๆ กี่สี ในแถบนอกสุด และ
ถัด ๆ เข้ามาเป็นสีอะไรบ้าง

19

ในการแยกสารละลายโดยวิธีโครมาโตกราฟี เยื่อกระดาษกรอง จะดูดซับน้ำดิบหรือสีย้อมเอาไว้ ถ้าหากน้ำหมึกประกอบด้วยสารมากกว่าหนึ่ง ชนิด และสารแต่ละชนิดมีสมบัติในการละลายน้ำต่างกัน การดูดซับกับกระดาษ กรองก็ไม่เท่าเทียมกัน ดังนั้นเมื่อน้ำไหลชะจุดน้ำหมึก แต่ละสารก็จะเคลื่อนที่ ตามน้ำในอัตราเร็วไม่เท่าเทียมกัน เมื่อน้ำเคลื่อนที่ไปได้ระยะหนึ่ง แต่ละสาร ก็ค่อย ๆ แยกออกจากกัน ในที่สุดจะเห็นเป็นวงเด่นชัด

จากการทดลองที่ 1.8 เยื่อกระดาษกรองทำหน้าที่อะไร ?

20

เมื่อน้ำซึ่งเร็นตัวทำละลายไหลชะจุดน้ำหมึก แต่ละสารในน้ำหมึก ก็จะมี... ..ไปด้วย

21

เมื่อน้ำไหลชะจุดน้ำหมึก เหตุใดสารต่าง ๆ เคลื่อนที่ตามน้ำใน อัตราเร็วไม่เท่ากัน ?

22

เมื่อน้ำไหลชะจุดน้ำหมึก เหตุใดสารต่าง ๆ จึงค่อย ๆ แยกจากกัน ทำให้เห็นเป็นวงสีต่าง ๆ ?

9
 ดับน้ำหมึก

23

ถ้าแต่ละสารในน้ำหมึกเป็นสารไม่มีสี เราจะมองเห็นว่าสารเหล่านั้นแยกจากกันหรือไม่ ?

24

เปิดเราทำการแยกน้ำหมึกโดยวิธีที่ได้ทดลองมาแล้ว ถ้าปรากฏว่าเกิดวงสีต่าง ๆ หลายวง แสดงว่าน้ำหมึกประกอบด้วย.....

25

สีที่ตามน้ำ

ถ้าดูตามผลการทดลองของนักเรียน สีของหมึกชนิดใดบ้างเป็นสารบริสุทธิ์ และชนิดใดบ้างที่เป็นสารละลาย ? (ให้เหตุผลด้วย)

สารแต่ละชนิดที่
 ละลายในน้ำต่างกัน
 การดูดซับกับกระดาษ
 ออที่ไปเท่าเทียมกัน

26

สารต่าง ๆ เคลื่อนที่
 ในอัตราเร็วเท่า

ในการทดลองบางครั้ง นักเรียนอาจไม่เห็นว่สารต่าง ๆ แยกจากกันเป็นวงสีต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นเพราะสีหมึกเป็นสารชนิดเดียวกัน ๆ หรือถ้าสีหมึกประกอบด้วยสารหลายชนิดแต่ทุกชนิดละลายในน้ำได้ดีเท่ากันและการดูดซับกับกระดาษก็เท่าเทียมกัน สารมีสีเหล่านั้นจึงไม่แยกจากกัน
 เมื่อนักเรียนทดลองแยกสีของน้ำหมึกดังวิธีที่ได้ทดลองมาแล้ว ถ้าปรากฏว่าเห็นเป็นแถบสีเดียวตลอด นักเรียนคิดว่าอาจเป็นเพราะเหตุใดบ้าง ?

เห็น

27

จากการทดลองที่ 1.8 นักเรียนใช้อะไรเป็นตัวทำละลาย ?

รหลายชนิด

28

ในวิธีโครมาโตกราฟี สารต่าง ๆ ที่จะแยกจะต้องละลายในตัว
ทำละลายได้ไม่เท่ากัน จึงจะแยกออกจากกันได้

ถ้าผลการทดลอง ไม่เห็นวงสีต่าง ๆ แยกจากกัน ควรใช้ตัวทำละลาย
อื่น ๆ แทนน้ำ เช่น อัลกอฮอล์ อะซิโตน อีเทอร์ หรือปิโตรเลียมอีเทอร์
เพราะเหตุใด ?

29

ในวิธีโครมาโต. ฟี สารใดบ้างที่อาจใช้เป็นตัวทำละลายได้ ?

30

โครมาโตกราฟีทำได้หลายวิธี โดยเลือกตัวดูดซับต่าง ๆ กัน
เช่น อะลูมิเนียมออกไซด์ แท่งซิลิกา หรือถ่าน

ที่ได้ทดลองมาแล้ว นักเรียนใช้อะไรเป็นตัวดูดซับ ?

เป็นเพราะ

สีหมึกอาจเป็นสารชนิด

ววน ๆ

หรือถ้าสีหมึกประกอบ

สารหลายชนิด แต่ทุกชนิด

ายในน้ำได้ก็เท่ากัน

ารดูดซับกับกระดาษ

ก็เท่าเทียมกัน

31

ในวิธีโครมาโตกราฟีแบบที่ใช้อะลูมิเนียมออกไซด์เป็นตัวดูดซับ ใช้ทดสอบและแยกสารที่ใบปัสีได้ด้วย แต่ต้องใช้วิธีการที่ซับซ้อนกว่าที่นักเรียนได้ทดลองมาแล้ว

ในวิธีโครมาโตกราฟีแบบกระดาษที่นักเรียนได้ทดลองมาแล้ว ใช้สำหรับทดสอบและแยกสารที่.....(มีสี, ใบปัสี)

รต่าง ๆ อาจละลายใน
น้ำละลายเหล่านี้นี้ได้ไม่
ากัน

32

ถ้ามันเป็นตัวดูดซับที่ดี ในการทำน้ำตาลทรายจากอ้อย เมื่อบีบน้ำอ้อยออกมาแล้วก็ใช้ถ่านดูดซับสารที่มีสีออกจากน้ำอ้อย แล้วเคี่ยวให้น้ำระเหยออกไป ก็จะได้น้ำตาลทรายตกผลึกออกมาเป็นเกล็ดขาวขึ้น

เราใช้อะไรสำหรับฟอกสีน้ำตาลทราย ? และสิ่งนั้นทำหน้าที่อะไร

ในการฟอกสี

อัลกอฮอล อะซีโตน
ธอร์ หรือ บีโครเลียม
ธอร์

33

น้ำอ้อยที่ใบปัสีฟอกสี เมื่อนำไปตกผลึกจะได้น้ำตาลทรายที่ขาวสะอาดหรือไม่ ? เพราะเหตุใด ?

ะภากรอง

34

สมัยก่อนเราใช้กรวด ทราย อิฐ และถ่าน ซ้อนกันเป็นชั้น ๆ สำหรับกรองน้ำขุ่นให้ใสสะอาดขึ้น เนื่องจากผิวของสิ่งเหล่านี้ดูดซับอนุภาคต่าง ๆ ที่กระจายอยู่ในน้ำได้ดี

ในการกรองน้ำโดยวิธีนี้ น้ำขุ่นกลับใสสะอาดขึ้น เพราะเหตุใด

35

เมื่อใส่ปุ๋ยต้นไป เวลาที่รดน้ำหรือฝนตกดินจะดูดซับปุ๋ยเอาไว้
ทำให้ต้นไม้ดูดปุ๋ยขึ้นไปได้
การดูดซับปุ๋ยของดินเทียบได้กับโครมาโตกราฟี เพราะใช้หลัก
..... เหมือนกัน

36

โครมาโตกราฟีหลักก็คือ ใช้ตัวดูดซับ สำหรับดูดซับสารต่าง ๆ
จากตัวอย่างที่กล่าวนำแล้ว เราใช้หลักของโครมาโตกราฟี
สำหรับทำอะไรบ้าง ?

37

การกลั่นและโครมาโตกราฟีต่างก็เป็นวิธีการที่ใช้ทดสอบว่าสารนั้น
เป็นสารบริสุทธิ์หรือเป็นสารละลาย และเป็นวิธีที่ใช้แยกสารต่าง ๆ ที่ปะปนอยู่
ให้ออกจากกัน แต่ทั้งสองวิธีนี้ มีข้อแตกต่างกันคือปริมาณสารที่ใส่กลั่นมีจำนวน
มากกว่าปริมาณสารที่ใช้ในวิธีโครมาโตกราฟีหลายเท่า

ถ้ามีของเหลวตัวอย่างอยู่จำนวน 1 cm^3 เราต้องการทดสอบ
เพื่อดูว่าเป็นสารบริสุทธิ์ หรือมีสารหลายชนิดปนกันอยู่ ควรใช้วิธีไหน ?

38

สารละลายชนิดหนึ่งทราบว่าเข้มข้นของแข็ง 3 ชนิดละลายปนกันอยู่
ในตัวอย่างละลาย ถ้าเรามีสารละลายนี้อยู่ 1 cm^3 ต้องการแยกของแข็ง
นี้ออกจากกัน ควรใช้วิธีไหน ?

35

เมื่อใส่ปุ๋ยต้นไป เวลาที่รดน้ำหรือฝนตกดินจะดูดซับปุ๋ยเอาไว้
ทำให้ต้นไม้ดูดปุ๋ยขึ้นไปได้
การดูดซับปุ๋ยของดินเทียบได้กับโครมาโตกราฟี เพราะใช้หลัก
..... เหมือนกัน

36

โครมาโตกราฟีหลักก็คือ ใช้ตัวดูดซับ สำหรับดูดซับสารต่าง ๆ
จากตัวอย่างที่กล่าวนำแล้ว เราใช้หลักของโครมาโตกราฟี
สำหรับทำอะไรบ้าง ?

37

การกลั่นและโครมาโตกราฟีต่างก็เป็นวิธีการที่ใช้ทดสอบว่าสารนั้น
เป็นสารบริสุทธิ์หรือเป็นสารละลาย และเป็นวิธีที่ใช้แยกสารต่าง ๆ ที่ปะปนอยู่
ให้ออกจากกัน แต่ทั้งสองวิธีนี้ มีข้อแตกต่างกันคือปริมาณสารที่ใส่กลั่นมีจำนวน
มากกว่าปริมาณสารที่ใช้ในวิธีโครมาโตกราฟีหลายเท่า

ถ้ามีของเหลวตัวอย่างอยู่จำนวน 1 cm^3 เราต้องการทดสอบ
เพื่อดูว่าเป็นสารบริสุทธิ์ หรือมีสารหลายชนิดปนกันอยู่ ควรใช้วิธีไหน ?

38

สารละลายชนิดหนึ่งทราบว่าเข้มข้นของแข็ง 3 ชนิดละลายปนกันอยู่
ในตัวอย่างละลาย ถ้าเรามีสารละลายนี้อยู่ 1 cm^3 ต้องการแยกของแข็ง
นี้ออกจากกัน ควรใช้วิธีไหน ?

รศ.กษัตริย์

39

นอกจากจะใช้การกลั่นและโครมาโตกราฟีสำหรับแยกสารออกจากกันแล้ว ยังมีวิธีการอื่น ๆ อีกหลายอย่าง เช่นการกรอง การตกผลึก การลอยตัว การระเหิด การระเหย เป็นต้น

การกรอง การตกผลึก การระเหย เป็นวิธีการที่ใช้สำหรับทำอะไร?

กสารต่าง ๆ ที่ผสมกัน
ฟอกสีน้ำตาลทราย
องน้ำ

40

ในการที่จะแยกสารออกจากกันได้ สารที่ผสมกันอยู่ต้องมีสมบัติต่างกัน ยิ่งสมบัติต่างกันมากก็ยิ่งแยกได้สะดวก เช่นการแยกของหนักออกจากของลอยน้ำ เพียงแค่เอาน้ำใส่ลงในน้ำก็แยกได้โดยง่าย

สารที่ผสมกันอยู่จะแยกออกจากกันได้โดยง่าย ถ้าสารเหล่านั้นมี

.....

โครมาโตกราฟี

41

จะเห็นว่าเรามีวิธีการหลายวิธีที่ใช้แยกสาร แต่จะเลือกวิธีไหนนั้น ย่อมแล้วแต่ความแตกต่างของสมบัติขององค์ประกอบ

ถ้าสาร 2 ชนิดที่เราเราทราบสมบัติผสมกันอยู่ก่อนที่จะทำการแยก จะต้องพิจารณาอะไรก่อน ?

โครมาโตกราฟี

42

การที่ของแข็งต่าง ๆ มีความสามารถในการละลายต่างกัน สมบัตินี้ก็ใช้เป็นประโยชน์ในการ

สารออกจากกัน

จึงบอกวิธีที่สามารถใช้แยกสารที่ผสมกันอยู่ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว
มา 4 วิธี

ต่างกันมาก

ในการทดลองที่ 1.5 นักเรียนได้ทำการทดลองเพื่อดูความสามารถ
ละลายของสารต่าง ๆ ในน้ำมาแล้ว จะเห็นว่าสารบางอย่างละลายได้
บางอย่างไม่ละลาย การที่สารมีความสามารถในการละลายต่างกันนั้น จึงใช้เป็น
ประโยชน์ในการแยกสารต่าง ๆ ออกจากกันได้ เราจะลองใช้ความสามารถ
ในการละลายรวมทั้งใช้เทคนิคการกรองแยกของแข็งที่ละลายกับไม่ละลายน้ำออก
จากกัน ตลอดจนถึงวิธีแยกสารที่ละลายน้ำออกจากน้ำ โดยการเคี้ยวสารละลาย

การทดลองที่ 1. การแยกของผสมเนพธาไลน์และเกลือแกงออกจากกัน

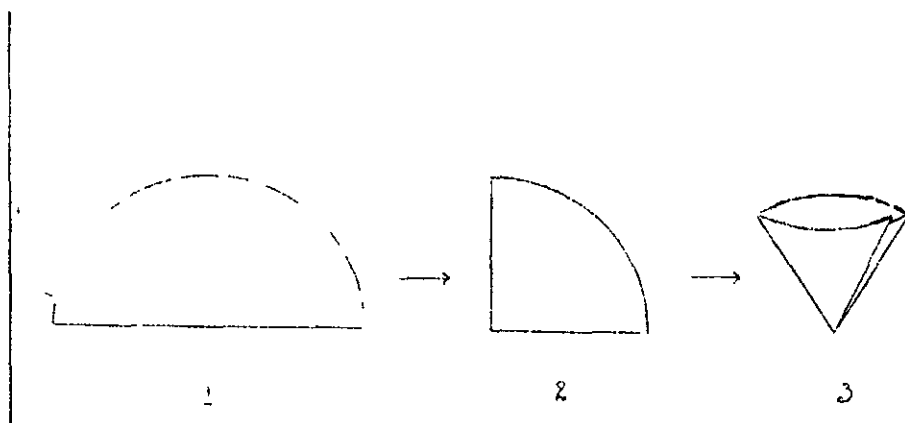
วิธีทำ

1. ตักเนพธาไลน์บนเกลือควยช้อนตวงเบอร์ 2 จำนวน 2 ช้อน (การ
ตักสารควยช้อนตวง ควรตักให้ช้อนรอบ แล้วใช้ช้อนตวงอีกอันหนึ่งปาดให้สารเต็ม
ช้อนพอดี) แล้วใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 cm³ เติมน้ำลงไปประมาณ 1 ใน 4
ของบีกเกอร์ คนและสังเกตดูว่าสารที่อยู่ในบีกเกอร์ละลายน้ำบ้างหรือไม่

2. พับกระดาษกรองเป็นรูปกรวยวงกลม แล้วพับอีกครั้ง จึงคลี่ออกเป็น
รวบ กังรูป

ของแข็งออกจากกัน

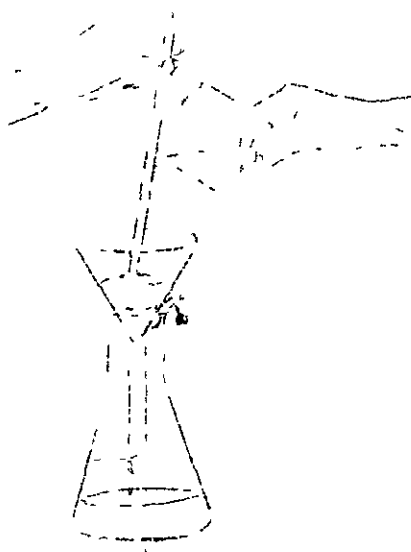
กลั่น การกรอง
 ทดลอง
 มาโครกราฟฟี



รูปแสดงวิธีพับกระดาษกรอง

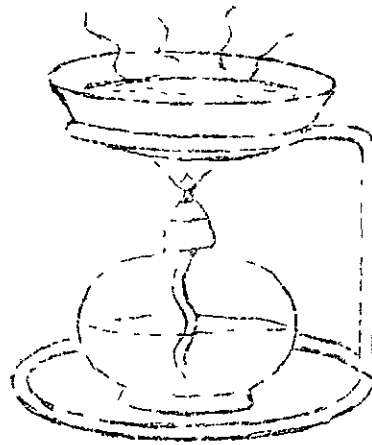
3. กดกรวยกระดาษให้แบนสนิทกับกรวยพลาสติก แล้วพรมน้ำบนกระดาษกรองพอชื้น ๆ กระดาษกรองจะติดกับกรวย นำไปวางบนปากขวดรูปกรวย ใช้ก้านไม้ขีดหักงอปากขวดไว้เพื่อกันมิให้กรวยแนบติดปากขวดแน่นเกินไป อากาศจะถ่ายเทออกจากขวดสะดวก (ดูรูปหลังข้อ 4.)

4. ใช้แท่งแก้วสำหรับคนพาคบนปากบีกเกอร์ ค่อย ๆ รินให้ของเหลวในบีกเกอร์ไหลลงตามแท่งแก้วลงสู่กรวยที่ไขกรอง เมื่อหมดแล้วให้ฉีกน้ำจากกระบอกฉีกน้ำล้างข้าง ๆ บีกเกอร์เพื่อให้ของแข็งที่เหลือมาอยู่รวมกัน แล้วเทลงในกรวยให้หมด นำสารที่เหลือค้างบนกระดาษกรองไปผึ่งให้แห้ง แล้วพิจารณาดูว่าเหมือนสารเดิมก่อนที่จะนำมาละลายน้ำหรือไม่



รูปแสดงวิธีกรอง

5. นำของเหลวที่กรองได้ ใส่ลงในถ้วยกระเบื้อง ทำให้อนขึ้นช้า ๆ จนเดือด ใช้ทัพแกวคนกันกระเด็น กอบ ๆ ลดความร้อนลงเมื่อของเหลวเริ่มงวด เมื่องวดแล้วให้ยกตั้งวางบนพื้นที่แห้ง (ถ้าวางบนที่เปียก ถ้วยจะแตก) เมื่อเป็นแล้วใช้พายโลหะช้อนเอาสารที่เหลือออกเพื่อพิจารณาว่าเหมือนสารเดิมก่อนนำมาละลายน้ำหรือไม่



รูปแสดงวิธีเคี่ยวของเหลว

นักเรียนบันทึกผลการทดลองลงในสมุด ผลการทดลองนี้ ไม่จำเป็นต้องทำเป็นตาราง ให้เขียนแบบบรรยายว่าที่นักเรียนทำแต่ละคนได้ผลอย่างไร เช่น เมื่อเติมน้ำลงในปีกเกอร์แล้วคน สังเกตเห็นว่าสารบางส่วนละลายน้ำหรือไม่ เมื่อกรองมีของแข็งติดบนกระดาษกรองหรือไม่ ถ้ามีของแข็งนั้นมีลักษณะอย่างไร เหมือนเดิมหรือไม่ เมื่อเคี่ยวของเหลวปรากฏผลอย่างไร มีของแข็งเหลืออยู่หรือไม่ ลักษณะอย่างไร

ในรายงานการทดลอง สรุปผลการทดลองด้วยว่า นักเรียนแยกของผสมได้สำเร็จหรือไม่ บอกเหตุผล

44

จากผลการทดลองของนักเรียน เมื่อใส่สีน้ำตาลลงในเนพธาลีนปนเกลือ
ปรากฏว่าของแข็งละลายน้ำได้หมดหรือไม่ ?

45

เมื่อนักเรียนนำเนพธาลีนปนเกลือมาละลายน้ำ นักเรียนสังเกตเห็น
ชัดหรือไม่ว่ามีของแข็งบางส่วนละลายได้

46

ถ้านักเรียนสังเกตเห็นไม่ชัด ก็ไม่รู้ว่า มีของแข็งบางส่วนละลายน้ำหรือ
ไม่ แต่ผลการทดลองก่อนหน้านี้ทำให้เรารู้ว่าในสารตัวอย่าง มีของแข็งบางส่วน
ที่ละลายน้ำได้ ?

47

จากผลการทดสอบความสามารถในการละลายของสารในการทดลอง
ที่ 1.5 นักเรียนพบว่าเกลือแกงละลายน้ำได้ ส่วนเนพธาลีนไม่ละลายน้ำ
ในการทดลองที่ 1.9 นี้ เมื่อทำการกรองแล้วปรากฏว่า มีของแข็ง
เหลืออยู่บนกระดาษกรอง นักเรียนคิดว่าของแข็งนี้จะเป็นเนพธาลีนหรือเกลือแกง ?
เพราะเหตุใด

48

เมื่อนำของเหลวที่กรองได้ไปเคี่ยวจนงวด จะปรากฏว่ามีของแข็งเหลือ
อยู่ ของแข็งนั้นน่าจะเป็นอะไร ? เพราะเหตุใด .

49

เมื่อพิจารณาจากภาพแล้ว นักเรียนคิดว่าเนพธาลีนปนเกล็ดเป็นสาร
เนื้อเยียวหรือเนื้อผสม ? เพราะเหตุใด .

50

เนพธาลีนปนเกล็ดที่บดละเอียด เมื่อใช้การมองดูอย่างเดี่ยวเราบอก
ไม่ได้ว่ามีองค์ประกอบเป็นสารสองชนิด แต่เมื่อได้ทำการทดลองดังที่ผ่านมา พบว่า
ส่วนหนึ่งไม่ละลายน้ำอีกส่วนหนึ่งละลายน้ำได้ จึงบอกได้ว่ามี
เป็นสารสองชนิด

51

สารสองชนิดที่เป็นองค์ประกอบของเนพธาลีนปนเกล็ดมีสมบัติต่างกัน
อย่างไร จึงทำให้เราสามารถแยกแต่ละองค์ประกอบออกจากกันได้ ?

มค

ำของเหลวที่กรอง
เคี่ยวจนงวดจะปรากฏ
องแข็งเหลืออยู่

าลีน เพราะ
าลีนไม่ละลายน้ำ

52

เพราะ
ละลายน้ำได้

ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น ๆ ว่า สารละลายและของผสมต่างก็มีองค์ประกอบเป็นสารตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป แต่สารละลายเป็นสารเนื้อเดียวเพราะมี สัดส่วนขององค์ประกอบเท่ากันทุกส่วน

ส่วนของผสมเป็น สารเนื้อเดียว หรือว่าเป็น สารเนื้อผสม ? เพราะเหตุใด ?

คียว เพราะมี
ละติเหมือนกัน

53

องจากบดจน
(หรือใช้หยดเอา
งนี้

เมื่อทราบว่าแนพธาซีนปนเกลือมีองค์ประกอบเป็นสารสองชนิดแล้ว เรา ก็ยังบอกไม่ได้ว่าเป็น สารละลาย หรือ ของผสม เพราะมีลักษณะและสีเหมือนกันตลอด จนคายตาแยกไม่ออก แต่ถ้าทดลองต้กลสารตัวอย่างมารั้งละเท่า ๆ กัน ทำการ ทดลองถึงการทดลองที่เพิ่งผ่านมา แล้วเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่กรองได้ในแต่ละ ครั้ง จะพบว่าไม่เท่ากัน หรือถ้าจะเปรียบเทียบของแข็งที่ได้จากการเคี่ยวจะพบว่า ไม่เท่ากันกาย แสดงว่ามีสัดส่วนขององค์ประกอบไม่เท่ากันตลอด

ฉะนั้น แนพธาซีนปนเกลือเป็นสารละลายหรือของผสม ? เพราะเหตุใด ?

รละลายน้ำต่างกัน
กอบหนงละลายน้ำ
ค้ประกอบหนึ่งไม่

54

เราจะทำการทดลองอย่างไร จึงจะทราบได้ว่าแนพธาซีนปนเกลือเป็น ของผสม ?

สรุปหลักการแยกสารที่ปนกันอยู่

55

สารที่ปนกันอาจอยู่ในรูปสารละลายหรือของผสมก็ได้

ถ้าในสารที่ปนกันอยู่นั้น มีของแข็งชนิดต่าง ๆ กัน เป็นองค์ประกอบ เราอาจแยกโดยใช้เทคนิคต่าง ๆ ดังนี้

1. ทำให้ร้อน บางส่วนจะระเหิดหายไป ก็เหลือส่วนที่ระเหิดแยกออกจากส่วนที่ยังไม่ระเหิด
2. เติมน้ำให้ระเหิด แล้วใช้ภาชนะเย็น ๆ มารับไอของสารที่ระเหิดได้ ซึ่งจะควบแน่นกลายเป็นของแข็งติดอยู่ที่ภาชนะ
3. เลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมมาละลายของผสมนั้น กรองแยกเอาส่วนที่ไม่ละลายออก แล้วนำส่วนที่ละลายได้ไปเคี่ยวได้ตัวทำละลายออก ก็จะได้ของแข็งอีกส่วนหนึ่ง

ถ้าเนพธาไลน์ซึ่งระเหิดได้ปนอยู่กับทราย เราจะแยกเอาเนพธาไลน์ออกได้อย่างไร ?

56

จงอธิบายวิธีแยกของผสม เกลือแกงปนทรายออกจากกัน ? (ทราย

จีนปนเกลือครั้งละเท่า ๆ กันจะไม่ละลายน้ำ)

จะละลายแล้วกรอง
แยกปริมาตร แล้วกรอง
แต่ละครั้ง จะพบว่าไม่
หรือถ้าส่วนของเหลวที่
แต่ละครั้งไปเคี่ยว จะ
แข็งที่ใดจากการเคี่ยว
ไม่เท่ากันควย)

เมื่อมีของแข็งละลายอยู่ในของเหลว เราอาจแยกของแข็ง (ตัวถูกละลาย) และของเหลว (ตัวทำละลาย) ออกจากกันได้โดยใช้เทคนิคดังนี้

1. กลั่น ให้ของเหลวเป็นไอ ผ่านไอเข้าเครื่องควบแน่นจะได้ของเหลวมา ส่วนของแข็งยังอยู่ในขวดกลั่น วิธีนี้จะได้ของเหลวที่บริสุทธิ์

2. เคี้ยว ให้ของเหลวระเหยไปจนหมด ก็จะเหลือของแข็งอยู่ วิธีนี้ไม่ต้องการของเหลว นอกจากนี้ยังเป็นวิธีง่าย ๆ สำหรับตรวจสอบว่าของเหลวที่มีของแข็งละลายอยู่บางหรือไม่

3. ตกผลึก ของแข็งออกจากของเหลวซึ่งเป็นตัวทำละลายโดยการกลั่นหรือเคี้ยวให้ตัวทำละลายระเหยไปบ้าง แล้วตั้งทิ้งไว้จะมีของแข็งตกผลึกออกมา วิธีนี้จะได้ของแข็งที่บริสุทธิ์

4. โครมาโตกราฟี โดยเลือกตัวดูดซับที่เหมาะสมรินสารละลายผ่านลงไปในตัวดูดซับส่วนที่เป็นของแข็งไว้ ภาชนะรองรับส่วนที่เป็นของเหลวที่ผ่านออกไปแล้วให้ตัวทำละลายที่เหมาะสมไหลผ่านสารที่เกาะอยู่กับตัวดูดซับก็จะได้สารละลายซึ่งเมื่อต้มให้ตัวทำละลายออกไปจะได้ของแข็งขึ้นมา

ถ้าต้องการให้น้ำกลั่นให้เป็นน้ำบริสุทธิ์ ควรใช้วิธีไหน ?

58

ถ้าต้องการแยกน้ำกลั่นที่บริสุทธิ์ออกจากน้ำเชื่อมควรใช้วิธีไหน?

ทำให้เนพลาติน
แล้วใช้ภาชนะ
มารอรับไอ
เนพลาติน

สมมติว่าละลายน้ำ
แยกทรายออกไป
เหลวที่กรองได้ไป
ขวด จะได้เกลือ
มา

59

ถ้าต้องการทราบว่าในของเหลวชนิดหนึ่งมีของแข็งละลายอยู่หรือไม่ ควรใช้วิธีใดจึงจะสะดวกที่สุด ?

60

ถ้าต้องการแยกเกลือแกงออกจากน้ำทะเล ในกรณีที่ต้องการเฉพาะเกลือ และให้ทำได้สะดวกไม่ต้องใช้อุปกรณ์มาก ควรใช้วิธีไหนบ้าง บอกมา 2 วิธี ?

61

ถ้าต้องการแยกของแข็งและของเหลวหลายชนิดที่สีกัดได้จากพืช และแต่ละชนิดมีปริมาณไม่มาก ควรใช้วิธีไหน ?

62

ในกรณีที่มีของแข็งไม่ละลายในของเหลว เราแยกออกจากกันได้โดยการกรอง

แนวพาน้ำมันอยู่บนน้ำ เราควรใช้วิธีใดเพื่อแยกแนวพาน้ำมัน และนำออกจากกัน ?

63.

ยว

เมื่อมีของเหลวต่าง ๆ ละลายปนกันอยู่ เทคนิคในการแยกที่เหมาะสม คือการกลั่น อาศัยหลักว่าของเหลวต่าง ๆ มีจุดเดือดต่างกัน ถ้าของเหลวแต่ละชนิดมีจุดเดือดต่างกันมากก็ใช้การกลั่นแบบธรรมดา แต่ถ้าแต่ละชนิดมีจุดเดือดต่างกันไม่มากก็ใช้การกลั่นลำดับส่วน

ยว

ผลึก

อัลกอฮอล์มีจุดเดือด 78 องศาเซลเซียส น้ำมีจุดเดือด 100 องศาเซลเซียส ถือว่ามีจุดเดือดต่างกันไม่มาก ถ้าอัลกอฮอล์ละลายปนอยู่กับน้ำ เราจะใช้วิธีใด เพื่อแยกให้ได้อัลกอฮอล์บริสุทธิ์ออกมา ?

64.

ศกรภาพ

ในการแยกของเหลวพวก ปีโตรเลียมไฮโดร พวกน้ำมันเบนซิน และพวกน้ำมันก๊าด ซึ่งมีจุดเดือดต่างกันไม่มากนัก ออกจากน้ำมันดิบหรือน้ำมันปิโตรเลียม การใช้วิธีใด ?

65.

กรอง

ในการกลั่นแบบธรรมดา สารที่มีจุดเดือดต่ำจะเป็นไ้ออกมาก่อน เก็บไอนี้โดยผ่านเข้าเครื่องควบแน่น ก็จะได้อของเหลวนั้นขึ้นมา ส่วนของเหลวที่มีจุดเดือดสูง ก็อยู่ในขวดกลั่น แต่วิธีนี้ในของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำจะมีของเหลวที่มีจุดเดือดสูงปนมาบ้าง

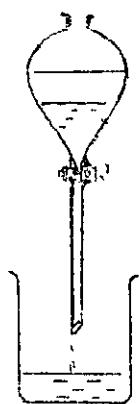
อัลกอฮอล์มีจุดเดือด 78 องศาเซลเซียส ละลายปนอยู่กับอีเทอร์จุดเดือด 35 องศาเซลเซียส ถือว่ามีจุดเดือดต่างกันมากพอควร จึงควรใช้วิธีง่าย ๆ และสะดวก คือการกลั่นแบบ . . .และจะได้ ออกมาก่อน

66

นลำคัสส่วน

ถ้ามีของเหลวสองชนิดปนกันแต่แยกชั้นกันอยู่ เราแยกของเหลวสองชนิด

นี้ได้โดยใช้กรวยแยกดังรูป



ใส่ของเหลวที่ปนกัน ลงในกรวยแยกให้ของเหลว
แยกตัวกันโดยสมบูรณ์ แล้วไขก๊อกที่ก้นกรวย
ของเหลวที่หนักกว่าจะอยู่ชั้นล่าง และไหลออกมา
ก่อน เมื่อไหลออกมาหมดแล้วจึงปิดก๊อก เหลือ
ของเหลวอีกส่วนหนึ่งอยู่ในกรวยแยก
ถ้าน้ำมันผสมอยู่กับน้ำ เราควรใช้
วิธีไหน สำหรับแยก ?

นลำคัสส่วน

67

ในการแยกน้ำมันปรุงอาหารที่ปนอยู่กับน้ำโดยใช้กรวยแยก ของเหลว
ชนิดใดอยู่ชั้นบน ?

68

อัลกอฮอล์ละลายน้ำ ได้ดีกว่าละลายในอีเธอร์ ส่วนอีเธอร์ไม่ละลายน้ำ
ถ้าอัลกอฮอล์ปนอยู่กับอีเธอร์เป็นสารละลายเนื้อเดียวเราต้องแยกเอา
เฉพาะอีเธอร์ออกมา นอกจากใช้วิธีกลั่นแล้ว เราอาจแยกได้อย่างไรอีก ? (บอ
บายวิธีทำ)

ร่ายเยก

69

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ก๊าซละลายน้ำได้น้อยลง
ถ้าจะแยกการคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในน้ำโซดาออกไป จะ
ต้องทำอย่างไร ?

70

แร่เหล็กที่ขุดได้ปนมากับกรวดทราย เราจะแยกแร่เหล็กออกได้อย่างไร ?
(ใช้อะไรดูแร่เหล็กออกมาได้)

71

รูปร่างอาหาร

เท่าที่กล่าวมาเราพอจะสรุปเกี่ยวกับสารละลาย และของผสมได้ว่า
- สารละลายเป็นสารเนื้อเดียว เพราะมีสัดส่วนขององค์ประกอบ
คงที่ หรือเท่ากันตลอด
- ของผสมเป็นสารเนื้อผสม เพราะมีสัดส่วนขององค์ประกอบไม่คงที่
หรือไม่เท่ากันตลอด
แต่ทั้งสารละลายและของผสมเกิดจากการผสมสารสองอย่างขึ้นไป
เข้าด้วยกัน ด้วยอัตราส่วนไม่แน่นอน ดังนั้นจึงไม่เป็นสารบริสุทธิ์
สารละลายต่างกับของผสมอย่างไร ?

จึงในสารละลาย

จึงในกรวยเยก

ะแยกชั้น ส่วนอัลกอฮอล

ยอยู่ในชั้นเดียวกับน้ำ

ขแยกออกได้

72

คาร์บอนไดออกไซด์

สารละลายและของผสมคล้ายกันในแง่ใด ?

73

ในบรรดาสารต่อไปนี้ ชนิดใดเป็นสารละลาย ? น้ำมันหมูปนน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำ ดิน น้ำเชื่อม อัลกอฮอล์ปนน้ำ แผลพลาตินัมเกล็ด

ลักษณะ
ของ
สาร
ละลาย

สารเป็นสารเนื้อเดียว
เป็นสารเนื้อผสม

ต่อไปนี้จะศึกษาสมบัติบางประการของสารบริสุทธิ์เพิ่มเติม สารบริสุทธิ์บางชนิดนั้นอาจประกอบอีกเราอาจทำได้โดยใช้พลังงานความร้อนทำให้เกิดการสลายตัว เมื่อทดสอบสมบัติของสารที่เกิดขึ้นจากการสลายตัว เราก็จะทราบว่าองค์ประกอบย่อย ๆ นั้น ๆ มีสมบัติแตกต่างจากสารเดิมอย่างไรบ้าง

ให้นักเรียนนึกถึงการเผาไหม้ในการทดลองที่ 1.3 ในการทดลองนั้น เราไม่ได้ทดสอบสมบัติของก๊าซที่เกิดขึ้น แต่คราวนี้เราจะใช้กระดาษลิตมัสทดสอบความเป็นกรดของก๊าซที่เกิดขึ้น เราจะทดสอบการช่วยให้อุณหภูมิของก๊าซที่เกิดขึ้น และจะใช้น้ำปูนใสทดสอบการคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย

ละลายและของผล

กการผสมสารสอง

นไปเข้าด้วยกัน และ
มเป็นสารบริสุทธิ์

ร่อนไดออกไซด์
น้ำ

ม
อบน้ำ

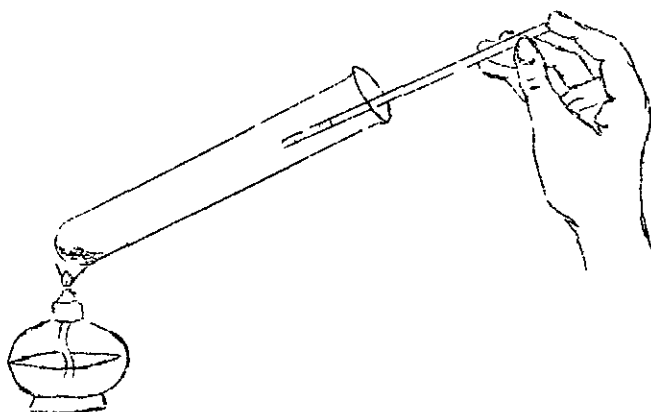
การทดลองที่ 1.10 การเผาไหม้และทดสอบก๊าซที่เกิดขึ้น

วิธีทำ

1. ตักคอปเปอร์ (II)คาร์บอเนต 2 ช้อนตวงเบอร์ 2 ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก สังเกตคุณสมบัติต่าง ๆ บันทึกไว้ แล้วใช้ที่จับหลอดทดลองซึ่งติดอยู่กับขาตั้งยึดหลอดทดลองไว้ แล้วจึงค่อย ๆ เติมน้ำมันขึ้นสังเกตการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และทดสอบก๊าซที่เกิดขึ้นพร้อมกันไปด้วย (ฉะนั้นจึงควรเตรียมสิ่งต่าง ๆ ที่จะใช้ทดสอบก๊าซให้พร้อมก่อนที่จะเผา)

วิธีทดสอบก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้คอปเปอร์ (II)คาร์บอเนต

รุ่มละลายหลอดนำกาบลงในน้ำปูนใส ใช้แว่นปิดปลาย อีกด้านหนึ่งแล้วยกขึ้นจากภาชนะ จะได้หยดน้ำปูนใสติดอยู่ในหลอดนำกาบยาวประมาณ 1 เซนติเมตร นำน้ำปูนใสไปรอรับกาบที่ได้จากการเผาไหม้ข้างต้น นักเรียนเห็นว่าน้ำปูนใสขุ่นหรือไม่ (ระวังอย่าให้หยดน้ำปูนใสตกลงในหลอด จะทำให้หลอดแตกได้)



รูปแสดงวิธีทดสอบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

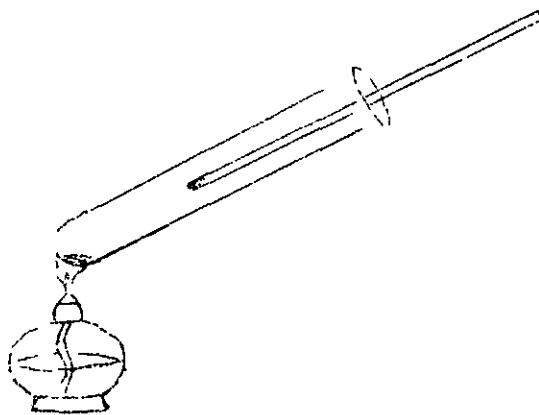
2. ทำการเผาผล (II) ในเตาตร เช่นเดียวกับในข้อ 1 แต่ใช้สารเพียง 1 ขอนทองเบอร์ 1

วิธีทดสอบกานที่เกิดขึ้น ใช้กระดาษลิตมัสสีน้ำเงินชุบน้ำกลั่นพอเปียกนำไปรอรับกานที่เกิดขึ้นตรงปากหลอดทดลอง สังเกตการเปลี่ยนสีของกระดาษลิตมัสบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ไว้

3 ทำการเผาเมอร์คิวรี (II) ออกไซด์ เช่นเดียวกับในข้อ 1 แต่ใช้สารขนาดครึ่งขอนทองเบอร์ 1 ก็พอ ถ้าใช้มากจะต้องใช้เวลาเผานานกว่าจะละลายทั้งหมด

วิธีทดสอบกานที่เกิดขึ้น ใช้แท่งไม้จันทน์เล็ก ๆ ขนาดเท่ากานไม้ขีด แต่ยาวกว่ากานไม้ขีด 3 เท่า จุดไฟแล้วค้ำให้เหลือแฉ่ านแดง ๆ นำไปรอรับกานที่ได้จากการเผาสาร สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นและไม้แต้ระวังอย่าให้ซี่งเข้าไต้ตกลงในหลอด ทำคังนั้คัก 2 - 3 ครั้ง ขณะที่ทำการเผาค้อไป เมื่อเห็นว่าไม่มีสารเหลืออยู่ทกนหลอดจึงหยุดเผา

พิจารณาขนาดสารที่เกาะอยู่ค้ำในคอนกลางของหลอดแล้วใจแห่งแก้วเพียให้ไหลลงสู่แผนกระดาษ บันทึกผล



รูปแสดงการทดสอบการช่วยให้ไฟติดของกาน

ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1.10

สารที่ใช้เผา	ลักษณะเดิม ของสารที่ใช้เผา	สมบัติของสารที่	
		เหลืออยู่ในหลอด	หนีออกไปจากหลอด

นักเรียนบันทึกผลการทดลองลงในสมุด ในช่องสมบัติของสารที่หนีไปจากหลอด ใ้บันทึกว่าเป็นกาซสีอะไร เมื่อทดสอบให้ผลอย่างไร (เช่น ทำให้น้ำปูนใสขุ่นเป็นต้น)

ในรายงานการทดลอง สรุปผลด้วยว่าสารทั้ง 3 ชนิดที่ใช้เผามีองค์ประกอบเป็น สารชนิดเดียวกันหรือไม่ ใ้ผลจากการทดลองให้เหตุผล

74

ถ้าเฝ้าสารชนิดหนึ่งแล้วได้สารใหม่ มีสมบัติผิดจากสารเดิม ซึ่งทราบได้จากการสังเกตหรือการทดสอบ แสดงว่าเกิดการสลายตัว

จากผลการทดลองของนักเรียน เมื่อเฝ้าคอปเปอร์(II) คลอไรด์ นักเรียนคิดว่าเกิดการสลายตัวหรือไม่ ? เพราะเหตุใด ?

75

เมื่อเฝ้าคอปเปอร์(II) คลอไรด์ถ้าสลายตัว จะให้องค์ประกอบย่อย 2 ชนิด คือ ก๊าซและของแข็ง

จากผลการทดลองของนักเรียน

ก. องค์ประกอบที่เป็นก๊าซมีสีอะไร ? ทำให้น้ำปูนใสขุ่นหรือไม่ ?

ข. องค์ประกอบที่เป็นของแข็งมีลักษณะอย่างไร ? ผิดกับสารเดิมหรือไม่ ?

76

นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองพบว่า เมื่อเฝ้าคอปเปอร์(II) คลอไรด์จะสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งไม่มีสีและทำให้น้ำปูนใสขุ่น และจะได้ออกไซด์(II) ออกไซด์เป็นของแข็งสีดำเหลืออยู่ในหลอด

ผลการทดลองของนักเรียน เมื่อเฝ้าคอปเปอร์(II) คลอไรด์ ได้สารใหม่มีสมบัติเหมือนกับที่กล่าวข้างต้นหรือไม่ ? ถ้าได้ผลบางประการที่แตกต่างออกไป นักเรียนคิดว่าอาจเป็นเพราะเหตุใด ?

77

เมื่อเผาโคปเปอร์ (II) คาร์บอเนต จะได้ก๊าซซึ่งทำให้น้ำปูนใสขุ่น
ก๊าซนี้คือ

78

เมื่อนักเรียนเผาเหล็ก (II) ในเตาปรอท ปรากฏว่าสลายตัวหรือไม่ ?
ถ้าสลายตัวองค์ประกอบย่อยที่เกิดขึ้นทั้งที่เป็นก๊าซและของแข็งมีสมบัติอย่างไร ?

79

ถ้านักเรียนทำการทดลองถลุงวิธี เมื่อเผาเหล็ก (II) ในเตาปรอทจะได้
ก๊าซสีน้ำตาล มีกลิ่นฉุน เป็นกรดถลุงที่มีรส และจะได้ก๊าซที่ไม่มีสีช่วยให้ไฟติดบน
อยู่ควาย (แต่นักเรียนจะไม่รู้ว่าก๊าซนี้เกิดขึ้น เพราะมองไม่เห็น และไม่ได้
ทดสอบสมบัติการช่วยให้ไฟติดควาย จึงเห็นเฉพาะสมบัติของก๊าซสีน้ำตาล) นอก
จากนี้จะมีของแข็งสีเหลืองอยู่ในหลอด

จากผลการทดลองของนักเรียน เมื่อเผาเหล็ก (II) ในเตาปรอท แล้ว
สลายตัวได้องค์ประกอบมีสมบัติเหมือนที่กล่าวหรือไม่ ? ถ้ามีบางประการที่ไม่
เหมือน คิดว่าเป็นเพราะเหตุใด ?

ก๊าซสีน้ำตาลที่ได้จากการเผาเลด (II) ในเตรตคือก๊าซ ไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซที่ไม่มีสีช่วยให้ไฟติดคือออกซิเจน ส่วนของแข็งสีเหลืองที่ก่อในหลอด คือ เลด (II) ออกไซด์

เมื่อเผาเลด (II) ในเตรต จะได้องค์ประกอบย่อยทั้งที่เป็นก๊าซและของแข็ง คืออะไรบ้าง ? (บอกชื่อ)

81

เมื่อนักเรียนเผาเลด (II) ในเตรต

- ก. ทำไมจึงไม่รู้ว่ามีการออกซิเจนเกิดขึ้นด้วย ?
- ข. ถ้าอย่างครู จะต้องทดสอบสมบัติกันใด ?
-

82

เมื่อนักเรียนเผาเมอร์คิวรี (II) ออกไซด์ ผลปรากฏว่า

- ก. สารที่ไขเผาละลายตัวหมดหรือไม่ ? (ถ้าละลายตัวไม่หมดจะมีของแข็งเหลืออยู่ที่ก้นหลอด)
- ข. องค์ประกอบที่เป็นก๊าซมีสมบัติอย่างไร ? (บอกคำนำสีและการช่วยให้ไฟติด)
- ค. องค์ประกอบที่ได้ซึ่งเกาะอยู่ข้างหลอด มีสมบัติอย่างไร ?
-

83 |

เงินโคออกไซค์

จน

I) ออกไซค์

ในการเผาเมอร์คิวรี (II) ออกไซค์ ถ้าใช้สารปริมาณพอเหมาะ กับ ปริมาณความร้อนที่ใช้เผาจะสลายตัวหมด ให้องค์ประกอบส่วนหนึ่งเป็นก๊าซ มีสีช่วยให้ไฟติด และองค์ประกอบอีกส่วนหนึ่งเป็นของเหลวสีคล้ายเงิน ผลการทดลองของนักเรียนมีอะไรบ้างที่ผิดไปจากที่กล่าวนี้ ? ถ้าผิด บั นักเรียนคิดว่า เป็นเพราะเหตุใด ?

ระเป็นก๊าซไม่มีสี และ
ทดสอบสมบัติของก๊าซนี้ด้วย
การช่วยให้ไฟติด

84 |

องค์ประกอบที่เป็นก๊าซ ซึ่งได้จากการเผาเมอร์คิวรี (II) ออกไซค์ นักวิทยาศาสตร์พบว่าคือออกซิเจน เพราะเมื่อนำไปทดสอบสมบัติแล้วพบว่า มีสมบัติเหมือนออกซิเจนทุกประการ ส่วนองค์ประกอบที่เป็นของเหลวนั้นคือปรอท เมื่อเผาเมอร์คิวรี (II) ออกไซค์ จะสลายตัวให้สารอะไรบ้าง ?

85 |

ในการเผาเมอร์คิวรี (II) ออกไซค์ ถ้าใช้สารมากไปจะสลายตัว ไม่หมด ต้องใช้เวลานานและอุณหภูมิสูงจึงจะสลายหมด

จากผลการทดลองของนักเรียน

ก. เมอร์คิวรี (II) ออกไซค์สลายตัวหมดหรือไม่ ?

ข. ส่วนที่สลายตัวไม่หมดนี้มีอะไร ? เมื่อทิ้งให้เย็นจะเปลี่ยนกลับเป็นสี อะไร ?

86

ถ้าเผาเมอร์คูรี (II) ออกไซด์แล้วสลายตัวไม่หมด ส่วนที่สลายตัวไม่หมดนี้จะเปลี่ยนเป็นสีดำ และเมื่อเย็นลงจะกลับเป็นสีแสดดั้งเดิม ทั้งนี้ได้มีผู้อธิบายไว้ว่าโครงสร้างภายในโมเลกุลของเมอร์คูรี (II) ออกไซด์เปลี่ยนแปลงได้ เมื่อถูกทำให้อน และกลับคืนเหมือนเดิมอีกเมื่ออุณหภูมิลดลง

ก. เมื่อเผาให้อน เมอร์คูรี (II) ออกไซด์ส่วนที่ไม่สลายตัว เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ?

ข. การเปลี่ยนสีของเมอร์คูรี (II) ออกไซด์เป็นผลมาจากอะไร ?

ออกซิเจน

87

สารบริสุทธิ์ทั้ง 3 ชนิดที่นักเรียนนำมาเผา สลายตัวให้องค์ประกอบย่อยได้หรือไม่ ?

88

จากผลการทดลองของนักเรียน องค์ประกอบย่อยที่ได้จากการเผาสารหนึ่งเป็น.....ที่พุ่งกระจายออกไป และอีกส่วนหนึ่งเป็น.....หรือ.....ที่เหลืออยู่ในหลอด

89

องค์ประกอบของสารทั้ง 3 ชนิด ที่เหลืออยู่ในหลอดทดลองมีสมบัติต่างกันอย่างไร ?

บนเป็นสีคำ และเมื่อ จะกลับเป็นสีแดงตามเดิม เปลี่ยนโครงสร้าง โมเลกุล	90 องค์ประกอบย่อยส่วนที่เป็นกาซของสารทั้ง 3 ชนิดมีสมบัติต่างกัน อย่างไร ?
วไก	91 สารบริสุทธิ์ทั้ง 3 ชนิดที่นักเรียนนำมาเผา มีองค์ประกอบมากกว่าหนึ่ง ชนิดหรือไม่ ? ให้เหตุผล ?
ง หรือของเหลว	92 สารบริสุทธิ์ทั้ง 3 ชนิดที่นักเรียนนำมาเผา มีองค์ประกอบเป็นสาร ชนิดเดียวกันหรือไม่ ? ให้เหตุผล ?
1 เป็นของแข็งสีคำ 2 เป็นของแข็งสีเหลือง 3. เป็นของเหลวสีเทา เงิน	93 จากผลการทดลองที่ 1.10 นี้ เราได้พบว่าสารบริสุทธิ์บางชนิดเมื่อ ได้รับความร้อนจะ..... ให้องค์ประกอบย่อยไ้มากกว่าหนึ่ง ชนิด

94

๑. เป็นกาที่ไม่มีสี
 ๒. ำบุบในสุก

สารบริสุทธิ์บางชนิดไม่สลายตัวเมื่อได้รับความร้อน เช่น น้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น น้ำเมื่อได้รับความร้อนจะเดือดกลายเป็นไอ และเมื่อทำให้เป็นจะกลับเป็นของเหลวตามเดิม

2 เป็นการชี้แจง
นกรคคณัติ

การเปลี่ยนแปลงของน้ำ เช่นนี้เรียกว่า การเปลี่ยน.

• เป็นกาชไม่มีสี
ไฟฟัก

95

าหนึ่งชนิด เพราะสลาย
งประกอบย่อยส่วนหนึ่ง
ช อีกส่วนหนึ่งเป็นของแข็ง
งเหลว

ข. จงยกตัวอย่างสารที่ได้รับความร้อนแล้วไม่สลายตัวมา 1 ชนิด

96

ด้วยกัน เพราะองค์ประกอบ
มันต่างกัน

ความรอนซึ่งเป็นพลังงานรูปหนึ่ง ทำให้สารเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
บ้าง ? (บอกมา 2 ประการ)

เราได้ใช้พลังงานความร้อนแยกสลายสารบริสุทธิ์บางชนิดออกเป็นองค์ประกอบย่อยมาแล้ว ในการทดลองต่อไปนี้จะลองใช้พลังงานไฟฟ้าแยกสารบ้าง เพื่อที่ว่าน้ำซึ่งเป็นสารบริสุทธิ์มีองค์ประกอบเป็นสารอะไรบ้าง และจะได้ทดสอบสมบัติขององค์ประกอบด้วย

เครื่องมือสำเร็จรูปที่ใช้แยกน้ำด้วยไฟฟ้าราคาแพงมาก เราจึงใช้เครื่องมือง่าย ๆ ดังรูปในคอนการทดลอง

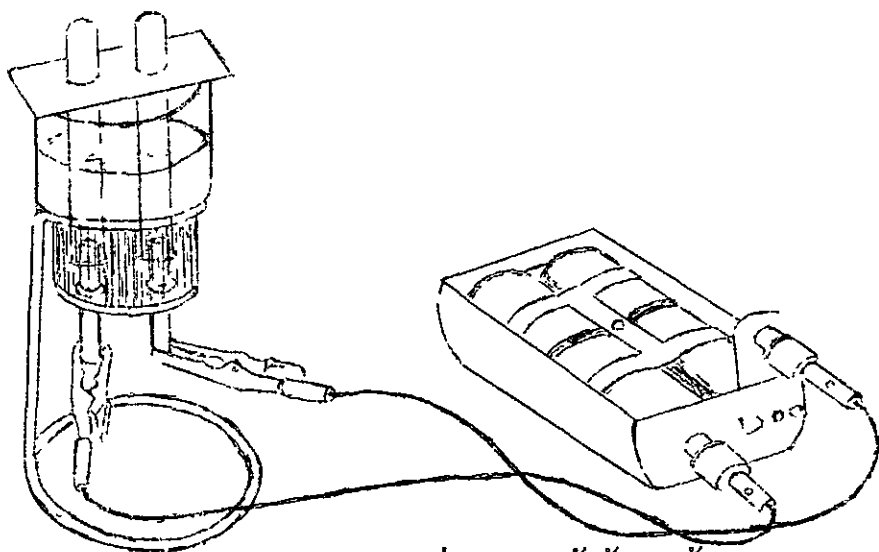
การทดลองที่ 1.11 การผ่านกระแสไฟฟ้าลงในน้ำ

วิธีทำ

1. บรรจุน้ำ ซึ่งไม่มีกรดหรือด่าง ละลายอยู่เล็กน้อย ลงในเครื่องมือแยกน้ำด้วยไฟฟ้าซึ่งมีแท่งขั้วเป็นอิเล็กโทรด ให้ระดับน้ำท่วมแท่งขั้วจนเกือบให้เต็มภาชนะ นำไปวางบนขาตั้ง

2. บรรจุน้ำที่จะทดลองลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก 2 หลอด ให้เต็มปริ่ม ใช้แถบกระดาษแข็งเล็ก ๆ ปิดปากหลอดแล้วคว่ำลงในภาชนะให้ครอบอยู่บนแท่งขั้วทั้งสอง อย่าให้มีอากาศเข้าไปในหลอดเป็นอันตราย แล้วใช้กระดาษแข็งซึ่งได้เจาะรูไว้แล้วปิดหลอดทั้งสองให้ตึงตรง

3. ต่อเครื่องมือเข้ากับวงจรไฟฟ้า (ดูรูป) สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่แท่งอิเล็กโทรด และระดับน้ำในหลอดทั้งสอง



รูปแสดงการจัดเครื่องมือแยกน้ำด้วยไฟฟ้า

(II) ในเตรต

รชณีก่อน ๆ ตามที่นัก -
คทดลองมาแล้ว)

ยกตัว
เปลี่ยนสถานะ

4. เมื่อระดับน้ำในหลอดที่อยู่ทางซ้ายตกลงมาประมาณครึ่งหลอดแล้ว ให้ใช้จุกยางปิดปากหลอดทั้งที่ยังคว่ำอยู่ในน้ำ ทั้งสองหลอด แล้วยกด้านปากหลอดหนึ่งขึ้น นำไปวางไว้ในที่ตั้งหลอดทดลอง ทำเครื่องหมายไว้ว่าหลอดไหนมาจากซ้ายหลอดไหนมาจากขวา

5. จุกไม้ขีดไฟขึ้น นำไปจุกกาซที่ได้จากซ้าย สังเกตว่ากาซติดไฟ หรือมีเสียงดังหรือไม่ (ในการทดสอบการติดไฟของกาซนี้ เมื่อเปิดจุกยางที่ปากหลอดแล้ว ให้รีบใช้เปลวไฟจ่อที่ปากหลอดทันที มิฉะนั้นกาซจะออกไปหมดเสียก่อน) ต่อมาก็จุกไม้ขีดไฟแล้วกลับให้หลอดด้านขวา นำไปจ่อเข้ากับกาซที่ได้จากซ้าย สังเกตว่าด้านที่เกือบเต็มแล้วนั้นสว่างขึ้นบ้างหรือไม่ ถ้าสว่างหรือมีเปลวไฟลุกขึ้น แสดงว่ากาซนี้ช่วยให้ไฟติด

นักเรียนบันทึกผลการทดลองลงในสมุดแล้วเขียนรายงานการทดลอง สรุปผล ระบุว่าน้ำซึ่งเป็นสารบริสุทธิ์ มีองค์ประกอบย่อยเป็นอะไร และองค์ประกอบย่อยนั้นมีสมบัติอย่างไรบ้าง

ในการบันทึกผลการทดลอง ให้เขียนว่าที่นักเรียนทำไปแต่ละตอนได้ผลอย่างไรบ้าง บันทึกอย่างละเอียด

97

โดยปกติแล้วน้ำบริสุทธิ์ กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไม่ได้ (หรือไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า) จึงใส่กรดซัลฟิวริกลงไปด้วย

ในการทดลองนี้ เราใส่กรดซัลฟิวริกลงไปเพื่อ.....

98

เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงในน้ำจนได้ก๊าซออกมาแล้ว ถ้าทำการทดสอบน้ำที่เหลือ จะพบว่ามีกรดซัลฟิวริกเท่ากับที่ใส่ลงในตอนแรก

ฉะนั้นอะไรที่สลายตัวให้ก๊าซออกมา ?

99

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงไป เป็นการเปลี่ยนแปลงของน้ำหรือของกรด ?

100

จากผลการทดลองของนักเรียน เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงในน้ำ ปรากฏว่ามีก๊าซเกิดขึ้นที่ขั้วทั้งสองหรือไม่ ? ถ้าเกิดก๊าซที่ได้จากขั้วไหนมีปริมาณมากกว่า ?

101

ไฟฟ้าไหลผ่านน้ำได้

เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงในน้ำ ถ้ามีก๊าซเกิดขึ้น จากผลการทดลอง
 ของนักเรียน ก๊าซที่ได้จากแต่ละขั้วมีสมบัติอย่างไร ? (บอกสมบัติค่าน้ำ
 และการติดไฟ หรือการช่วยให้ไฟติด)

102

ในการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า ถ้าใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพจะเกิด
 ก๊าซที่ขั้วทั้งสอง เมื่อใช้เวลาเท่ากันปริมาตรของก๊าซที่ขั้วลบจะเป็นสองเท่า
 ของก๊าซซึ่งเกิดที่ขั้วบวก ก๊าซจากขั้วลบ เป็นก๊าซที่ไม่มีสีและติดไฟได้ ส่วนก๊าซ
จากขั้วบวกเป็นก๊าซไม่มีสีและช่วยให้ไฟติด

ผลการทดลองของนักเรียนมีอะไรบ้างที่ไปเป็นไปตามที่กล่าวนี้ ?
 และนักเรียนคิดว่าน่าจะเกิดจากสาเหตุใด ?

103

นักเรียนคิดว่า

- ก. ก๊าซที่ช่วยให้ไฟติด จากขั้วบวกเป็นก๊าซอะไร ?
- ข. ก๊าซที่ติดไฟได้ จากขั้วลบเป็นก๊าซอะไร ?

104

ก๊าซที่ได้จากขั้วบวก ซึ่งช่วยให้ไฟติดพบว่าเป็นออกซิเจน ส่วนก๊าซที่ได้จากขั้วลบซึ่งติดไฟได้พบว่าเป็นไฮโดรเจน

ฉะนั้น เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงในน้ำปกรตซ์ลัฟริก จะได้สารอะไรบ้าง ?

105

ผลจากการทดลองนี้ แสดงว่า น้ำเกิดการ.....ให้ก๊าซ.....และก๊าซ.....

106

สิ่งที่ทำให้ น้ำเกิดการสลายตัว คือพลังงาน.....

107

จากผลการทดลองนี้แสดงว่า น้ำ ซึ่งเป็นสารบริสุทธิ์มีองค์ประกอบย่อยเป็น.....2 ชนิด คือ.....

108

ผลจากการทดลองนี้ สนับสนุนข้อสังเกตที่ว่า พลังงานเป็นส่วนสำคัญในการ.....ของสาร

ไฮโดรเจน และ
ออกซิเจน

109

ในการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า พลังงานมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของสารอย่างไร ?

1.2.4 ธาตุกับสารประกอบ

ยัตว์

ครเจนและออกซิเจ

110

การสลายสารบริสุทธิ์ออกเป็นองค์ประกอบย่อย ถ้าทำต่อกันไปเรื่อย ๆ จนในที่สุดได้ผลเป็นสารซึ่งมีองค์ประกอบเพียงชนิดเดียว ซึ่งสลายต่อไปอีกไม่ได้ เราเรียกสารบริสุทธิ์ที่ไ้กันว่าธาตุ

ถ้าเราสลายน้ำออกได้เป็นองค์ประกอบย่อย ก็ก๊าซไฮโดรเจน และ ก๊าซออกซิเจน แล้วปรากฏว่าออกซิเจนและไฮโดรเจน ต่างก็มีองค์ประกอบ เพียงชนิดเดียวซึ่งสลายต่อไปอีกไม่ได้ ฉะนั้น ออกซิเจนหรือไฮโดรเจนจึงเป็น สารบริสุทธิ์ที่เรียกว่า.....

ครเจนและออกซิเจ

111

ยนแปลง

เมื่อนำเลด (II) ไนเตรตมาเผา จะสลายตัวให้เลด(II) ออกไซด์, ไนโตรเจนไดออกไซด์, และออกซิเจน และเมื่อนำเลด(II) ออกไซด์ ไปสลายต่อด้วยวิธีที่เหมาะสม พบว่าประกอบด้วยตะกั่ว และออกซิเจน ซึ่งสลายต่อไปอีกไม่ได้ กรันเมื่อนำไนโตรเจนไดออกไซด์ไปสลายต่อ พบว่าประกอบด้วยไนโตรเจนกับออกซิเจน ซึ่งสลายต่อไปอีกไม่ได้เช่นกัน

ฉะนั้น ตะกั่ว, ออกซิเจน, และไนโตรเจน จึงเป็นสารบริสุทธิ์ที่เรียกว่า.....

พลังงานไฟฟ้าทำให้น้ำสลาย
ตัวออกเป็นกาซสองชนิด

112

ตะกั่ว ออกซิเจน ไนโตรเจน ต่างก็เป็นสารที่มีองค์ประกอบ
อย่างไร ?

113

จงให้ความหมายของคำว่าธาตุ ?

ธาตุ

114

สารบริสุทธิ์ที่สลายตัวให้องค์ประกอบย่อยได้ เรียกว่าสารประกอบ
น้ำเป็นสารบริสุทธิ์แต่สลายตัวได้กาซออกซิเจนและไฮโดรเจนได้
ดังนั้น น้ำจึงเป็น.....

115

เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงในเกลือแกง ที่กำลังหลอมเหลว ปรากฏ
ว่าเกลือแกงสลายตัวให้ธาตุโซเดียมและธาตุคลอรีน
ฉะนั้น เกลือแกงเป็นสารบริสุทธิ์ที่เรียกว่า.....

ธาตุ

116

ธาตุและสารประกอบต่างก็เป็นสารบริสุทธิ์เหมือนกัน แต่มีส่วน
ที่ต่างกันอย่างไร ?

ประกอบเพียงชนิดเดียว
ลายต่อไปอีกไม่ได้

117

จากผลการทดลองที่ผ่านมา ๆ มาแล้ว จะเห็นได้ว่าการที่จะตัดสิน
ว่าสารใดเป็นธาตุหรือสารประกอบนั้น ต้องตรวจดูที่องค์ประกอบ
ถ้ามีองค์ประกอบชนิดเดียวซึ่งแยกสลายต่อไปไม่ได้ เรียกว่า

.....

ถ้ามีองค์ประกอบมากกว่าหนึ่งชนิด เรียกว่า.....

สารบริสุทธิ์ที่มีองค์
ประกอบเพียงชนิดเดียว
ลายต่อไปอีกไม่ได้

118

จากผลการทดลองที่ผ่านมา ๆ มาแล้ว จึงยกตัวอย่างสารประกอบ
มา 4 ชนิด ?

ประกอบ

119

นอกจากการทดลองสลายสาร เพื่อให้ทราบว่าสารนั้นเป็นสาร
ประกอบหรือไม่แล้ว การทดลองรวมสารสองชนิดขึ้นเป็นสารชนิดเดียว ก็
จะทำให้เราทราบแน่ชัดว่าสารใหม่ที่เกิดขึ้น เป็นสารประกอบแน่นอน ไม่ใช่
ธาตุ

ถ้านำก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนมาผสมกันแล้วจุดไฟ ปรากฏว่า
ก๊าซทั้งสองรวมตัวกันได้น้ำเกิดขึ้น ก็แสดงให้เห็นได้แน่นอนว่าน้ำเป็นสาร
บริสุทธิ์ประเภท.....เพราะ.....

มีองค์ประกอบเพียงชนิด
เดียว สลายต่อไปอีกไม่ได้
ประกอบ มีองค์ประกอบ
กว่าหนึ่งชนิด สลายให้
ประกอบย่อยได้

120

นอกจากการสลายสารแล้ว เรายังมีวิธีใดอีกที่จะทราบได้ว่า สารนั้นเป็นสารประกอบ ?

เราได้แยกสลายสารประกอบที่ง่ายมาแล้ว ในการทดลองต่อไปนี้ จะสังเคราะห์สารประกอบขึ้นจากธาตุ เพื่อแสดงว่าสารประกอบเป็น สารบริสุทธิ์ที่เกิดจากธาตุต่างชนิดมาทำปฏิกิริยารวมตัวกัน เกิดสารใหม่ขึ้น

การทดลองที่ 1.12 ปฏิกิริยาระหว่างทองแดงกับกำมะถัน

วิธีทำ

1. หยิบชิ้นทองแดงขึ้นมา สังเกตสมบัติต่าง ๆ ไว้ เช่นสี ความแข็ง หรือเปราะ ลักษณะความมันบนผิว บันทึกไว้

2. หยิบหลอดทดลองที่บรรจุกำมะถันไว้ เปิดฝาทิ้ง แล้วสังเกต สมบัติต่าง ๆ เช่นเดียวกัน

3. ใส่ทองแดงลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก แล้วตักกำมะถันด้วย ช้อนตวงเบอร์ 2 จำนวน 2 ช้อน ใส่ลงในหลอดทดลองที่ได้ใส่ทองแดงไว้ แล้วเผาหลอดทดลองด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ เผาให้นานจนแน่ใจว่าเกิด การรวมตัวกันดีแล้ว ต่อก้นเผาใส่กำมะถันที่บดเก็บพอให้กลายเป็นไอ ออกทางปากหลอด

4. เบื่อส่วนที่ไว้จากการเผาเป็นลง ให้เหลือส่วนที่โคนลงบนแผ่น กระดาษแล้วตรวจดูสี ลักษณะความมันบนผิวความแข็งหรือเปราะ (โดย หักหรือทุบ) เพื่อใช้เป็นประจักษ์พยาน สำหรับสรุปว่ามีสารใหม่เกิดขึ้น หรือไป บันทึกผล

ระกอบ

ลค (II) ไนเตรต
คูรี(II) ออกไซด์
เปอร์(II) คาร์บอเนต
อาจเป็นสารชนิดอื่น ๆ
(ได้ทดลองมาแล้ว)

ระกอบ เพราะมีองค์
ประกอบมากกว่าหนึ่งชนิด

การรวมสารสองชนิด
เป็นสารชนิดเดียว

หมายเหตุ ในการให้ทองแดงและกำมะถันทำปฏิกิริยากัน ต้องให้มีกำมะถัน, ขากเกินพออยู่เสมอ เพราะเราต้องการให้ทองแดงทำปฏิกิริยาหมด ส่วนกำมะถันที่เหลือเราเผาให้กลายเป็นไอออกไปได้ แต่ถ้ามีทองแดงเหลือ เราเผาไล่ออกไปไม่ได้

ระวังอย่าคมไอของกำมะถัน และอย่าให้กำมะถันติดไฟ ซึ่งจะเกิดก๊าซที่เป็นออกไซด์ของกำมะถัน มีกลิ่นฉุน และเป็นพิษด้วย

ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1.12

สาร	สี	ความแข็งหรือเปราะ	ลักษณะความมันบนผิว
1. ทองแดง			
2. กำมะถัน			
3. สารที่ได้จาก การเผา			

ในรายงานการทดลองนี้ ให้นักเรียนสรุปผลด้วยว่ามีสารใหม่เกิดขึ้นหรือไม่ ให้ผลจากการทดลองให้เหตุผล

121

ทองแดงและกำมะถันต่างก็เป็นสารบริสุทธิ์ ซึ่งนักเคมีได้พยายามแยก
ออกเป็นส่วย่อย แต่ก็ยังไม่มีใครทำได้สำเร็จ

ฉะนั้นทองแดง หรือกำมะถันจึงเป็น ธาตุ หรือ สารประกอบ ?

122

จากผลการทดลองของนักเรียน เมื่อทองแดงกับกำมะถันทำปฏิกิริยากัน
ได้สารซึ่งมีสมบัติเหมือนกับทองแดงหรือกำมะถันทุกประการหรือไม่ ?

123

สารที่ได้จากการเผาทองแดงกับกำมะถัน มีสมบัติต่างจากกำมะถัน
อย่างไรบ้าง ? (บอกค่านรูปร่างและสี)

124

สารที่ได้จากการเผาทองแดงกับกำมะถัน มีสมบัติด้านใดบ้างที่ต่างไปจาก
ทองแดง ? (บอกมา 3 ประการ)

125

การที่เฆาทองแดงกับกำมะถันแล้วได้สารซึ่งมีสมบัติไม่เหมือนสารเดิม
แสดงว่า.....(มี,ไม่มี) สารใหม่เกิดขึ้น

126

เหมือนกันทุกประการ

ถ้าธาตุมากกว่าหนึ่งชนิดมารวมตัวกันแล้วได้สารใหม่แสดงว่าธาตุเหล่านั้น
ทำปฏิกิริยาเคมีรวมตัวกัน และสารใหม่ที่ได้นั้นเรียกว่าสารประกอบ
ฉะนั้นสารประกอบเกิดจากปฏิกิริยารวมตัวกันของ

127

3
ะดันมีรูปร่างเป็นผง
สีทอง ส่วนสารที่ได้จาก
รเฆา มีรูปร่างเป็นแผ่น
สีทองแดง และมี

จากผลการทดลองของนักเรียน สารใหม่ที่ได้จากการรวมตัวของทองแดง
กับกำมะถันนี้ มีชื่อว่าคอปเปอร์ (II) ซัลไฟด์
คอปเปอร์ (II) ซัลไฟด์ จัดเป็น ธาตุ สารประกอบหรือของผสม ?
เพราะเหตุใด ?

128

4
สี
ความแข็งหรือเปราะ
ลักษณะความมันบนผิว

สารประกอบเกิดจากปฏิกิริยารวมตัวของธาตุตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป และสาร
ประกอบมีสมบัติ.....จากธาตุเดิม

25

129

เหล็กและกำมะถันต่างก็เป็นธาตุ เมื่อเผาผงตะไบเหล็กรวมกับกำมะถัน จะได้อะไรของแข็งสีดำคือไอร่อน (II) ซัลไฟด์ ซึ่งไม่ถูกกัดโดยแม่เหล็ก

ก. ไอร่อน (II) ซัลไฟด์ มีสมบัติ.....จากสารเริ่มต้น

ข. แสดงว่าไอร่อน (II) ซัลไฟด์ เป็น.....ซึ่งเกิดจาก

26

ธาตุมากกว่าหนึ่งชนิด

การรวมตัวของธาตุ.....และธาตุ.....

27

สารประกอบเพราะเกิด
จากธาตุทองแดงและธาตุ
กำมะถันมาทำปฏิกิริยา
รวมตัวกัน

130

ทั้งสารละลายและสารประกอบต่างก็เป็นสารเนื้อเดียวแต่ต่างกันตรงที่ สารประกอบเป็นสารบริสุทธิ์ ชนิดเดียวล้วน ๆ ส่วนสารละลายประกอบด้วยสารบริสุทธิ์ มากกว่าหนึ่งชนิดขึ้นไป มารวมกันเป็นเนื้อเดียว ซึ่งแยกออกจากกันได้ไม่ยาก น้ำเกลือเป็นสารละลาย ประกอบด้วยสารประกอบ คืออะไรบ้าง ?

28

ตกต่าง

131

ถ้ามองในแง่สมบัติ สารประกอบเกิดจากสารละลายตรงที่สารละลายมีสมบัติต่างระหว่างส่วนประกอบต่าง ๆ ของสารละลาย แต่สารประกอบมีสมบัติออกไปจากองค์ประกอบต่าง ๆ โดยสิ้นเชิง

น้ำเชื่อมมีรสหวานคล้ายน้ำตาล และเป็นของเหลวเหมือนน้ำ น้ำเชื่อมมีสมบัติต่างระหว่างน้ำตาลกับน้ำจึงจัดเป็น.....

9

แตกทาง
สารประกอบ
ดีกและกำมะถัน

132

เกลือแกง (หรือโซเดียมคลอไรด์) ประกอบด้วยไอหะโซเดียม ซึ่งไม่มี
รสเค็ม และกาซคลอรีนไม่มีรสเค็มเช่นเดียวกัน เมื่อโซเดียมทำปฏิกิริยารวมตัว
กับคลอรีนจะได้เกลือแกง ซึ่งมีรสเค็ม

ฉะนั้นเกลือแกงจึงเป็น.....เพราะมีสมบัติ.....
จากโซเดียมและคลอรีน

133

และเกลือ

เมื่อมีสารตัวอย่างชนิดหนึ่ง เราพอจะจำแนกได้ว่าเป็นสารเนื้อเดียว
หรือสารเนื้อผสม (ของผสม) โดยอาศัยเกณฑ์ว่ามีสมบัติเหมือนกันโดยตลอดหรือไม่

ก. สารเนื้อเดียวจะมีสมบัติ.....โดยตลอด

ข. ของผสมจะมีสมบัติ.....(เหมือน,ไม่เหมือน)

กันโดยตลอด

134

รละลาย

ให้นักเรียนจำแนกสารต่อไปนี้ออกเป็นสารเนื้อเดียวและของผสม
อากาศ แนพทาซีนปนเกลือ น้ำมันหมูปนน้ำ พริกเกลือ เดล (II) ในเกรต
ทราย กำมะถัน คอปเปอร์ (II) ซัลไฟด์ น้ำเกลือ

135

ประกอบ
ภาพ

สารเนื้อเดียวแบ่งออกได้เป็นสารละลายและสารบริสุทธิ์
ให้นักเรียนจำแนกสารเนื้อเดียวในกรอบที่แล้วมาออกเป็นสารละลาย
และสารบริสุทธิ์

136

เหมือนกัน
ไม่เหมือน

สารบริสุทธิ์ จำแนกต่อไปได้เป็นธาตุและสารประกอบ
ถ้าสลายสารประกอบออกเป็นองค์ประกอบย่อย แล้วได้องค์ประกอบ
ย่อยซึ่งไม่สามารถสลายต่อไปได้อีก องค์ประกอบย่อยนี้เรียกว่า.....

137

ถ้าธาตุรวมตัวกันทางเคมีจะได้.....ซึ่งมีสมบัติไม่เหมือน
ธาตุเดิม

เนื้อเดียวมี อากาศ
(II) ในเตหต
เปอร์ (II) ชัดไฟต์
กำมะถัน น้ำเกลือ
ผสม ปี พริกเกลือ
วาสิณปนเกลือ
ผาฐฐะหน้า

138

ถ้าธาตุหรือสารประกอบมาผสมกัน จะได้.....
ซึ่งมีสมบัติเฉลี่ยระหว่างองค์ประกอบ

ย

5

39

ระคาย มี อากาศ
เกิด

จากผลการทดลองที่แล้ว ๆ มา ให้นักเรียนจำแนกสารบริสุทธิ์ต่อไป
ออกเป็นธาตุและสารประกอบ

กำมะถัน ทองแดง น้ำ คอปเปอร์ (II) ซัลไฟด์ ไฮโดรเจน ออกซิเจน
เหล็ก (II) ไนเตรต

บริสุทธิ์ มี

เหล็ก (II) ไนเตรต

คอปเปอร์ (II) ซัลไฟด์

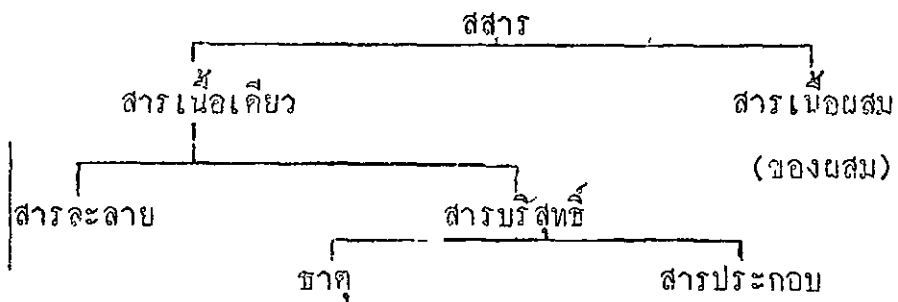
กำมะถัน

36

140

ธาตุ

การจำแนกสารเท่าที่กล่าวมาแล้ว สรุปเป็นแผนภาพได้ดังนี้



37

สารประกอบ

จากแผนภาพอธิบายได้ดังนี้

- ก. สารแบ่งได้เป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ.....และ.....
- ข. สารเนื้อเดียวแบ่งได้เป็น 2 พวก คือ.....และ.....
- ค. สารบริสุทธิ์แบ่งได้เป็น 2 พวก คือ.....และ.....

38

ของผสม

39

141

กาก มี กำมะถัน ทองแดง
ไฮโครเจน ออกซิเจน
สารประกอบ มี น้ำ
ไฮโปเปอร์ (II) ซัลไฟด์
ออก (II) ไนเตรต

ให้นักเรียนบอกว่าสารต่อไปนี้ เป็นของผสม สารละลาย สารประกอบ
หรือธาตุ
ไฮโครเจน น้ำ แอมโมเนียป่นเกลือ อัลกอฮอล์ปนน้ำ

142

40

สารเนื้อเคี้ยว และ
สารเนื้อผสม (หรือของ-
ผสม)
สารละลาย และ
สารบริสุทธิ์
ธาตุและสารประกอบ

สารตัวอย่างชนิดหนึ่งเมื่อนำมาละลายน้ำแล้วกรอง จะได้ผงสีขาว ก.
ที่ตกอยู่บนกระดาษกรอง ของเหลว ข. ที่ล้นออกจากรองออกมาไม่มีตะกอน
เมื่อนำของเหลว ข. มากลั่น พบว่า เคียงที่ 100 องศาเซลเซียส ภายใต้อากาศ
1 บรรยากาศ และเมื่อกลั่นจนแห้งก็ไม่มีสิ่งใดเหลือในขวดกลั่น
ก. สารตัวอย่างจะละลายน้ำหรือไม่ ?
ข. ของเหลว ข. คืออะไร ?

143

ผง ก. เมื่อนำมาเผาในเปลวไฟได้เขม่าสีดำ เมื่อต้กผง ก. ความหนัก
มาหาจากหลอดหลอดพบว่าหลอดที่ 60 องศาเซลเซียส กรันต้กผง ก. อีกส่วน
หนึ่งมาหาจากหลอดหลอดพบว่าหลอดที่ 45 องศาเซลเซียส
ผง ก. มีองค์ประกอบสม่ำเสมอหรือไม่ ? เพราะเหตุไร ?

144

ผง ก. เป็นสารบริสุทธิ์หรือของผสม ? เพราะเหตุไร ?

141 <u>ไฮโครเจน</u> เป็นธาตุ <u>น้ำ</u> เป็นสารประกอบ <u>แอมฟิซิลิน</u> เป็น ของผสม <u>อัลกอฮอล</u> เป็น สารละลาย	145 สารใดเมื่อเผาแล้วได้เขม่าสีดำ หรือมีถ่านเหลืออยู่ สารนี้ น่าจะเป็นสารอินทรีย์ ฉง ก. น่าจะมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบหรือไม่ ? เพราะ เหตุใด ? -----
142 ก. ไม่ละลาย ข. น้ำ	
143 ไม้สน่าเสมอ เพราะ มีจุลินทรีย์เห็ดไมคอร์ไรซา	
144 ของผสม เพราะมี องค์ประกอบไม้สน่าเสมอ	

เพราะเมื่อเนาแล้ว

1

เราทราบกันดีแล้วว่า สารมีสมบัติเฉพาะตัวหลายประการ ซึ่งเราสามารถบันทึกและบรรยายได้ เช่น

1. สถานะ สี กลิ่น รส

2.

3.

2

หากมีการเปลี่ยนแปลงอย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้นกับ สาร สมบัติต่าง ๆ หลังการเปลี่ยนแปลงนี้จะ จากเดิม

3

การเปลี่ยนแปลงของ สาร เช่น

- การเปลี่ยนแปลงเมื่อเกิดการละลาย

- การเปลี่ยนแปลงเมื่อ.....

- การเปลี่ยนแปลงเมื่อ.....

การนำไฟฟ้า
เปลี่ยนแปลงเมื่อ
รับความร้อน
หรืออุณหภูมิอื่น ๆ
ก็ได้)

4) หลังการเปลี่ยนแปลงสมบัติต่าง ๆ ของสารจะผิดไปจากเดิม
ซึ่งอาจเขียนเป็นรูปสมการได้ว่า
การเปลี่ยนแปลง = สมบัติตอนสุดท้าย - สมบัติตอนต้น
แปลความหมายได้ว่าการเปลี่ยนแปลงคือ ผลต่างระหว่าง
..... กับ

(หรือเปลี่ยนไป)

5) ถ้าสมบัติของสารตอนสุดท้ายอย่างใดอย่างหนึ่ง แตกต่างกับสมบัติ
ตอนต้น แสดงว่าเกิดการ.....

ความร้อน
ระเหยไฟฟ้าลงไป
เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี)

6) การเปลี่ยนแปลงใด ๆ ก็ตามมักเกิดพร้อมกับมีการเปลี่ยนแปลงพลังงาน
ควบคู่กันไปด้วยเสมอ ดังที่เราได้ตั้งข้อสังเกตไว้
การเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว เราต้องใช้พลังงาน
อะไรเข้าช่วย ?

7) พลังงานความร้อนภายในของแข็ง และของเหลวชนิดหนึ่งมีไม่เท่ากัน
ฉะนั้นเมื่อของแข็งชนิดนั้นเปลี่ยนเป็นของเหลว จะมีการเปลี่ยนแปลง.....
..... ด้วย

ติดคอนสตรัคท่าย กับ
ติดคอนตัน

8

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (หรือเกิดปฏิกิริยาเคมี) ก็จะมีการ
เปลี่ยนแปลง.....ด้วย

9

สำหรับการเกิดปฏิกิริยาเคมี ส่วนมากการเปลี่ยนแปลงของ
พลังงาน เกิดในรูปของพลังงานความร้อน
พลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีส่วนมากคือ.....

เปลี่ยนแปลง

10

เมื่อเผาไหม้ถ่านกับทองแดง จะเกิดปฏิกิริยาเคมี นั่นคือต้องใช้
พลังงาน.....เพื่อช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

ความร้อน

11

นอกจากพลังงานความร้อนแล้ว พลังงานรูปอื่นบางครั้งก็มีส่วน
เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีด้วย เช่น เมื่อน้ำเกิดการสลายตัวทางเคมีได้ก๊าซ
ไฮโดรเจน และออกซิเจนต้องใช้พลังงาน.....เข้าช่วย

งาน

12

ก๊าซคลอรีนทำปฏิกิริยากับก๊าซมีเทนในที่ที่มีแสงเกิดสารใหม่ได้
แสดงว่าปฏิกิริยานี้ต้องใช้พลังงาน.....เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

พลังงาน

1.3.1 ระบบและการเปลี่ยนแปลง

13

กลุ่มของสารต่าง ๆ ที่เราศึกษารวมเรียกว่าระบบ เช่นในการศึกษา
สิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการผสมสาร ก. กับสาร ข. ระบบก็ประกอบด้วย
.....

พลังงานความร้อน

14

ระบบหมายถึง.....

ความร้อน

15

ถ้าเราต้องการศึกษาว่า การเผาทองแดงกับกำมะถัน จะเกิดการ
เปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง ระบบก็ประกอบด้วย.....

ไฟฟ้า

16

สมบัติบางประการของระบบ ขึ้นกับสภาพของสิ่งแวดล้อม หรือแฟกเตอร์
ซึ่งมีผลต่อสมบัติของระบบ เช่นเมื่อมีก๊าซในระบบ สมบัติของก๊าซจะขึ้นกับอุณหภูมิ
และความดัน ดังนั้นในการบรรยายสมบัติต่าง ๆ ของระบบจึงควรกล่าวถึงสิ่ง
เหล่านี้ด้วย

สง

ในการศึกษาระบบที่ประกอบด้วยก๊าซ อะไรบ้างที่เป็นแฟกเตอร์ซึ่งมีผล
ต่อสมบัติของระบบ ?

ร ก. กับ สาร ข.

17

กาชบางชนิดละลายน้ำได้มาก บางชนิดละลายได้น้อย

การที่กาชชนิดหนึ่ง ๆ จะละลายน้ำได้มากหรือน้อยนั้น นอกจากจะขึ้นกับสมบัติเฉพาะตัวของกาชนั้นแล้ว ยังขึ้นกับอุณหภูมิและความดันของระบบ รวมทั้ง ปริมาณน้ำที่ใช้ คือถ้าอุณหภูมิต่ำกาชจะละลายได้ดี แต่ถ้าความดันต่ำกาชจะละลายได้น้อย และถ้าใช้น้ำมาก กาชจะละลายได้มากขึ้น

ในการศึกษาว่ากาชชนิดหนึ่งจะละลายน้ำได้มากหรือน้อย อะไรบ้างที่เป็นแฟคเตอร์ซึ่งมีผลต่อสมบัติของระบบ ?

มของสารต่าง ๆ
ราศึกษา

18

ในการศึกษาว่ากาชชนิดหนึ่งละลายน้ำได้มากหรือน้อย เราต้องคำนึงถึงว่า อุณหภูมิและความดันของระบบเป็นเท่าใด น้ำที่ใช้มีปริมาณเท่าใด เป็นต้น นั่นคือ ต้องกล่าวถึง.....ซึ่งมีผลต่อสมบัติของระบบด้วย

งแดงกับกำมะถัน

19

เราเรียกสมบัติต่าง ๆ กับแฟคเตอร์ซึ่งมีผลต่อสมบัติของระบบว่า "สถานะของระบบ" ซึ่งมีความหมายกว้างกว่าคำว่า สมบัติ

หภูมิ และความดัน

สถานะของระบบ หมายถึง.....

20

สมบัติต่าง ๆ และแฟคเตอร์ซึ่งมีผลต่อระบบ เช่น มวล ปริมาตร พลังงาน อุณหภูมิ ความดัน องค์ประกอบ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้รวมเรียกว่า...
.....

21

อุณหภูมิ ความดัน
และ ปริมาณน้ำที่ใช้

ในการที่จะตัดสินว่ามีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้นในระบบหรือไม่ ก็ดูได้จากผลต่างระหว่าง สถานะในขั้นสุดท้าย กับ สถานะตอนเริ่มต้น หรือเขียนเป็นสมการได้ว่า

การเปลี่ยนแปลง =

22

ก. เฟอร์

การเปลี่ยนแปลงสำคัญ ๆ ที่มักเกิดขึ้นกับระบบ ได้แก่ มวล ปริมาณ อุณหภูมิ ความดัน และองค์ประกอบ

ในการเผาไหม้ของแก๊สกับกำมะถันแล้วได้คอปเปอร์ (II) ซัลไฟด์ ในตอนแรก ระบบประกอบด้วยสาร 2 ชนิด คือ ทองแดง และกำมะถัน ภายหลังการเปลี่ยนแปลง มีคอปเปอร์ (II) ซัลไฟด์เพียงสารเดียว แสดงว่า องค์ประกอบของระบบเปลี่ยนไปหรือไม่

23

ปฏิกิริยาต่าง ๆ กับแฟลตเตอร์
มีผลต่อสมบัติของระบบ

ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ 2 cm^3 ทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจน 1 cm^3 เกิดเป็นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่มีปริมาตร 2 cm^3 (ปริมาตรเหล่านี้วัดที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน)

ก. ในตอนแรกระบบมีปริมาตรรวม.....

ในตอนสุดท้าย (หรือเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้ว)

ระบบมีปริมาตร.....

ข. ฉะนั้นระบบเกิดการเปลี่ยนแปลงในด้าน.....

และ.....

ภาวะของระบบ

1
ภาวะในขั้นสุดท้าย ---
ภาวะในขั้นเริ่มต้น

24]

ในการศึกษาผลการจุดเทียนไขในครอบแก้ว ก่อนทำการทดลอง ระบบประกอบด้วยเทียนไขและอากาศในครอบแก้ว เมื่อจุดเทียนไขเข้าไปในครอบแก้ว จะเห็นว่าเทียนไขติดไฟอยู่ชั่วครู่แล้วดับ

ทดลองการเปลี่ยนแปลง มวลสารทุกชนิดถูกกักอยู่ในครอบแก้ว ส่วนความดัน พลังงาน และองค์ประกอบเป็นแฟลเตอร์ที่แสดงว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นในการทดลอง

ก. ภาวะของระบบด้านใดบ้างที่คงที่ (ไม่เปลี่ยนแปลง) ?

ข. ภาวะด้านใดบ้างที่เกิดการเปลี่ยนแปลง ?

2
เปลี่ยนไป

25]

เมื่อจุดครอบแก้วจะรู้สึกว่าร้อนขึ้นกว่าก่อนจุดเทียนไข แสดงว่าระบบเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านใด ?

3
1. 3 cm^3 , 2 cm^3
ปริมาตร
และองค์ประกอบ

26]

ในการจุดเทียนไขในครอบแก้ว เทียนไขส่วนหนึ่งจะใช้การออกซิเจนจากอากาศในครอบแก้วเพื่อช่วยในการลุกไหม้ แล้วกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ

ตั้งแต่เริ่มจุดเทียนไขไปจนถึงตอนที่เทียนดับ องค์ประกอบของอากาศในครอบแก้วเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ?

มวลสารและปริมาตร
ความดัน พลังงาน
องค์ประกอบ

1.3.2 การถ่ายเทพลังงาน

27

การจุดเทียนไขในครอบแก้ว ทำให้อุณหภูมิของระบบสูงขึ้นกว่าเดิม ?

28

เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้วอุณหภูมิของระบบสูงขึ้น ถ้าจะให้ระบบมีอุณหภูมิเท่าเดิม จะต้องถ่ายเทพลังงานความร้อนออกจากระบบไปให้สิ่งแวดล้อมภายนอก การเปลี่ยนแปลงของระบบในลักษณะดังนี้เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงประเภทคายความร้อน

งาน
หรืออุณหภูมิ)

ในการจุดเทียนไขในครอบแก้ว สิ่งแวดล้อมภายนอกได้แก่ครอบแก้ว และอากาศนอกครอบแก้ว ดังนั้นถ้าจะให้ระบบมีอุณหภูมิเท่าเดิม จะต้องถ่าย-
เทพลังงานจากระบบไปสู่.....และ.....

ขนาดของออกซิเจนลดลง
ปริมาณของคาร์บอนได-
ออกไซด์ และไอน้ำเพิ่มขึ้น

29

การเปลี่ยนแปลงที่ระบบมีการถ่ายเทพลังงานไปสู่สิ่งแวดล้อม เรียกว่าการเปลี่ยนแปลงประเภท.....

ว่าเดิม

30

การจุดเทียนไขแล้วเทียนไขติดไฟให้ความร้อนออกมา จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงประเภทใด ? เพราะเหตุใด

บแกว และอากาศ
ครอบแกว

31

ในการทดลองบางครั้ง เช่นระบบที่อัมโมเนียมคลอไรด์ละลายน้ำ ถ้าจับดูภาชนะจะรู้ที่ว่าเป็นแก้วเดิม

ในกรณีนี้ อุณหภูมิของระบบสูงหรือต่ำกว่าเดิม ?

ความร้อน

32

เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้วอุณหภูมิ ของระบบต่ำกว่าเดิม ถ้าจะทำให้ระบบมีอุณหภูมิเท่าเดิม จะต้องให้พลังงานให้แก่ระบบโดยการถ่ายเทพลังงานจากภายนอกเข้าสู่ระบบ หรือระบบต้องดูดความร้อนเข้าไป การเปลี่ยนแปลงของระบบในลักษณะดังนี้ เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงประเภทดูดความร้อน

การที่อัมโมเนียมคลอไรด์ละลายน้ำ แล้วอุณหภูมิของระบบต่ำกว่าเดิม ระบบจึงต้องดูดความร้อนจากภายนอก หรือสิ่งแวดล้อมเข้าไป เพื่อปรับให้เข้าสู่อุณหภูมิเดิมได้ ดังนั้น การที่อัมโมเนียมคลอไรด์ละลายน้ำ จึงเป็นการเปลี่ยนแปลงประเภท

33

การเปลี่ยนแปลงซึ่งมีการถ่ายเทพลังงานจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบ เรียกว่าการเปลี่ยนแปลงประเภท.....

34

ยความร้อน เพราะมีการ
ยเทพลังงานจากระบบ
สู่สิ่งแวดล้อม

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบต่าง ๆ นั้น บางระบบมีอุณหภูมิ
สูงขึ้น บางระบบมีอุณหภูมิค่าลง ทั้งนี้เนื่องจากการถ่ายเทพลังงานระหว่าง
..... กับ

กว่าเดิม

1.3.3 ชนิดของการเปลี่ยนแปลง

35

ความร้อน

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับระบบ พอจะรวบรวม
และจำแนกออกได้เป็น 3 กรณี คือ

- ก. การเปลี่ยนสถานะ
- ข. การละลาย
- ค. การเกิดปฏิกิริยาเคมี

(กรอบนี้ไม่ต้องตอบ)

36

สารปรากฏอยู่ในโลกได้ 3 สถานะ คือ.....

ความร้อน

37

บกับสิ่งแวดลอม

การเปลี่ยนสถานะมีหลายแบบคือ

- ก. การเปลี่ยนจากของแข็งเป็นของเหลว เรียกว่าการ.....
- ข. การเปลี่ยนจากของเหลวเป็น..... เรียกว่าการแข็งตัว
- ค. การเปลี่ยนจากของเหลวเป็น..... เรียกว่าการเดือด
- ง. การเปลี่ยนจาก ก๊าซเป็น..... เรียกว่าการควบแน่น
- จ. การเปลี่ยนจากของแข็งเป็นก๊าซเลย เรียกว่าการ.....

38

ก. อุณหภูมิ ที่ของแข็งเปลี่ยนเป็นของเหลว หรือของเหลวเปลี่ยนเป็นของแข็ง เรียกว่าจุด.....

ข. อุณหภูมิที่ของเหลวเปลี่ยนเป็นก๊าซ หรือก๊าซเปลี่ยนเป็นของเหลว เรียกว่าจุด

งแข็ง ของเหลว

ข

39

ถ้าเราเปรียบเทียบ ึ่งแข็งกับของเหลว ภายหลังการเปลี่ยนแปลงระบบนี้ของเหลวอย่างเกียวยอยู่ในรูปสารละลาย เราเรียกการเปลี่ยนแปลงนี้ว่า.....

40

หลอมเหลว
ของแข็ง
ก๊าซ
ของเหลว
ระเหิด

ถ้าเดิมระบบมีทองแดงและกำมะถัน เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้ว
ระบบมีสารใหม่เกิดขึ้น คือ คอปเปอร์(II) ซัลไฟด์

การเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่าการเกิด

41

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับระบบเท่าที่กล่าวมาแล้ว
จำแนกออกได้เป็นกี่ประเภท ? อะไรบ้าง ?

หลอมเหลว
เคี้ยว

ละลาย

เคมี

1.3.4 พลังงานกับการเปลี่ยนสถานะ

42

โดยปกติการเพิ่มความร้อนให้แก่สารจะทำให้สารมีอุณหภูมิสูงขึ้น
ถ้าให้ความร้อนแก่น้ำซึ่งเดิมมีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แล้ว
เปลี่ยนเป็น 50 องศาเซลเซียส พลังงานความร้อนที่ให้น้ำ ทำให้น้ำ
มี.....สูงขึ้น

ท คือ

นสถานะ

ย

ฏิกิริยาเคมี

43

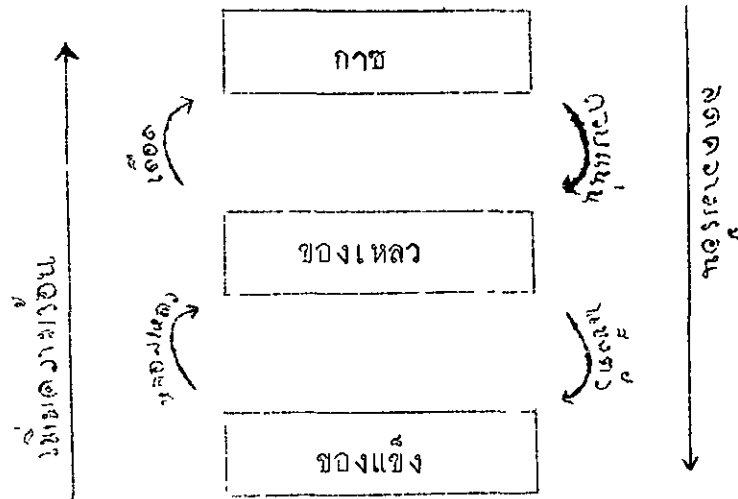
การเพิ่มความร้อนจะทำให้สารมีอุณหภูมิสูงขึ้น จนถึงจุดหนึ่งซึ่งเมื่อ
ให้ความร้อนอีกก็ไปทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น แต่จะทำให้สารเปลี่ยนสถานะ

การให้ความร้อนจำนวนหนึ่งแก่น้ำแข็ง ซึ่งมีอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส
ทำให้น้ำแข็งเปลี่ยนเป็นน้ำมีอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสเช่นกัน ฉะนั้น

ก. ความร้อนจำนวนนั้นทำให้น้ำแข็งมีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือไม่ ?

ข. ถ้าอุณหภูมิของน้ำแข็งไม่สูงขึ้น ระบบใช้ความร้อนจำนวนนั้นไปทำอะไร ?

44



รูปแสดงการถ่ายเทพลังงานในการเปลี่ยนสถานะ

จากรูปแสดงว่าพลังงานมีส่วนเกี่ยวข้องในการเปลี่ยนสถานะดังนี้

ก. การเปลี่ยนจากของแข็งเป็นของเหลว หรือการเปลี่ยนจากของเหลวเป็นก๊าซ จะต้อง.....ให้แก่วัสดุ

ข. การเปลี่ยนจากก๊าซเป็นของเหลว หรือของเหลวเป็นของแข็ง จะต้อง.....ออกจากวัสดุ

45

ก. การเพิ่มพลังงานความร้อนให้แก่วัสดุ ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะอย่างไรบ้าง ?

ข. การลดพลังงานความร้อนออกจากวัสดุ ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะอย่างไรบ้าง ?

46

ามร้อน
ามร้อน

ข้อสังเกต 1 การเปลี่ยนจากของแข็งเป็นของเหลว เช่นน้ำแข็ง หลอมเหลวเป็นน้ำ หรือการเปลี่ยนจากของเหลวเป็นกาซ เช่นน้ำกลายเป็นไอ การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ต้องใช้พลังงานจำนวนหนึ่ง พลังงานที่ถูกใช้ไปในการ เปลี่ยนสถานะเวลานั้นหายไปไหน

ข้อสังเกต 2 ถ้าทำให้กาซกลับเป็นของเหลว หรือของเหลวกลับ เป็นของแข็ง จะต้องมีการถ่ายเทพลังงานออกจากระบบ เช่นในการควบแน่น ของไอน้ำ หรือการทำน้ำแข็งเป็นตัน พลังงานที่ไอน้ำคายออกขณะเปลี่ยนเป็น ของเหลวจะเท่ากับพลังงานที่ใช้ในการทำให้น้ำกลายเป็นไอหรือไม่

(กรอบนี้ไม่ต้องตอบ)

47

นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองหลาย ๆ ครั้ง แล้วสรุปว่า "พลังงานเป็นสิ่งที่ไม่สูญหายไป และบิอยู่เท่าเดิม แต่อาจเปลี่ยนจากรูปหนึ่ง เป็นอีกรูปหนึ่งได้" ซึ่งถือเป็นกฎเรียกว่า กฎทรงพลังงาน

จากกฎนี้ก็อธิบายข้อสังเกต 1 ได้ว่า เมื่อใช้พลังงานจำนวนหนึ่ง ทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำ พลังงานจำนวนนั้นต้องอยู่ที่ไอน้ำ ทำให้ไอน้ำมีพลังงาน สูงกว่า

48

ของแข็งเปลี่ยน
เหลว และของเหลว
เป็นกาซ
ห้กาซกลับเป็นของ
ละของเหลวกลับเป็น

จากกฎทรงพลังงาน ก็อธิบายข้อสังเกต 2 ได้ว่า พลังงานที่ไอน้ำ คายออก ขณะเปลี่ยนเป็นของเหลวจะ.....พลังงานที่ใช้ ในการทำให้น้ำจำนวนนั้นกลายเป็นไอ เนื่องจากพลังงานไม่สูญหายไป

40

จงแสดงกฎทรงพลังงาน ?

50

เราทราบแล้วว่าระดับพลังงานของไอน้ำสูงกว่าของน้ำ

ในการทำให้น้ำกลายเป็นไอ ความแตกต่างของพลังงานในระบบก่อน
การเปลี่ยนแปลง (คือน้ำ) กับพลังงานในระบบหลังการเปลี่ยนแปลง (คือไอน้ำ)
ต้องเท่ากับ.....ที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของน้ำนั่นเอง

51

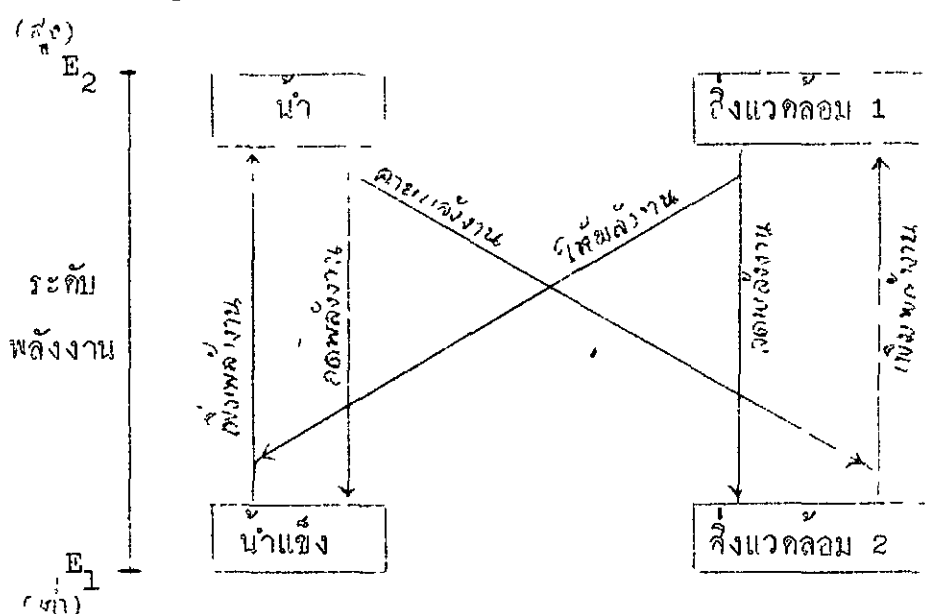
ถ้าก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง ระบบ (คือน้ำ) มีพลังงาน E_1 หลังการเปลี่ยนแปลง ระบบ (คือไอน้ำ) มีพลังงาน E_2

ฉะนั้นพลังงานที่ใช้ทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำ = ...

52

เป็นสิ่งที่ไม่สูญหายไป
ท่าเดิม แต่อาจ
กรุปหนึ่งเป็นอีกรูป

จงดูแผนภาพต่อไปนี้



จากแผนภาพ เมื่อน้ำแข็งได้รับความร้อนจากสิ่งแวคโลม 1
(เช่นจากอากาศ) จะหลอมเหลวกลายเป็นน้ำ ฉะนั้น น้ำจะมีระดับพลังงาน
..... กว่าน้ำแข็ง

53

เมื่อสิ่งแวคโลม 1 ให้อพลังงานแก่น้ำแข็งแล้ว ระดับพลังงานของ
สิ่งแวคโลม 1 จะลดลง กลายเป็น.....

54

ก. เมื่อทำให้เย็น น้ำซึ่งมีพลังงานสูงจะกลายเป็นน้ำแข็ง ซึ่งบ
พลังงานต่ำ ในกรณีนี้ น้ำจะต้อง.....ให้แก่สิ่งแวคโลม 2

ข. เมื่อสิ่งแวคโลม 2 รับพลังงานจากน้ำแล้ว ระดับพลังงานของ
สิ่งแวคโลม 2 จะ.....กลายเป็น.....

55

การเปลี่ยนสถานะทำให้.....ของระบบเกิดการเปลี่ยน

แปลง

56

การเปลี่ยนสถานะเกิดจากการถ่ายเทพลังงานระหว่าง.....
กับ.....

57

พลังงานความร้อนที่เกี่ยวข้องในการเปลี่ยนสถานะของสาร ก็คือ
ความร้อนแฝงซึ่งนักวิทยาศาสตร์เรียกมันว่า นั้นเอง
ความร้อนแฝงก็คือพลังงานความร้อนที่เกี่ยวข้องในการเปลี่ยน.....
.....ของสาร

58

ค่าความร้อนแฝงก็เป็นค่าเฉพาะตัวของสาร เช่นค่าความร้อนแฝง
ของน้ำมีค่า 80 แคลอรีต่อกรัม หรือ 0.33 กิโลจูลต่อกรัม
หรือพูดได้อีกอย่างหนึ่งว่า ค่าพลังงานความร้อนที่เกี่ยวข้องกับการ
เปลี่ยนสถานะต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของสาร เป็นค่าเฉพาะตัวของสาร เช่นของ
น้ำแข็งในหน่วยพลังงานเป็นแคลอรีค่า.....หรือในหน่วย
กิโลจูลมีค่า.....

วกล้อม 2

ลายพลังงาน

เพิ่มขึ้น

สิ่งแวดล้อม 1

59

นอกจากค่าความร้อนแฝงแล้ว จุดเดือด จุดหลอมเหลว เป็นค่าเฉพาะ
ตัวของสารหรือไม่ ?

1.3.5 พลังงานกับการเกิดการละลาย

60

ในการทดลองเพื่อจะทราบว่า เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นแล้ว ระบบ
มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนหรือมีการถ่ายเทพลังงานหรือไม่ เราจะต้อง
วัดอุณหภูมิของระบบ ณ สถานะขั้นต้นเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ ณ สถานะขั้นสุดท้าย

ในการที่จะตัดสินว่าขณะที่สารตัวอย่างละลายน้ำเป็นสารละลาย แล้ว
มีการถ่ายเทพลังงานความร้อนเกิดขึ้นหรือไม่นั้น จะต้องทำอย่างไร ?

61

ก. ถ้าวัดอุณหภูมิของระบบแล้วปรากฏว่าสถานะขั้นสุดท้ายมีอุณหภูมิ
ต่ำกว่าสถานะขั้นต้น ดังนั้นถ้าจะทำให้สถานะขั้นสุดท้ายมีอุณหภูมิเท่าเดิมระบบ
จะต้องดูดพลังงานจากสิ่งแวดล้อมเข้าไป แสดงว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงประเภท

.....

ข. ตรงกันข้าม ถ้าสถานะขั้นสุดท้ายมีอุณหภูมิสูงกว่าสถานะขั้นต้น
แสดงว่าระบบเกิดการเปลี่ยนแปลงประเภท.....

สิ่งแวคล้อม

อริคอกรัม
โลจุลคอกรัม

ค่าเฉพาะตัว

ถ้าจะเปรียบเทียบว่าเมื่อสารตัวอย่างชนิดใดละลายน้ำแล้วเกิดการถ่ายเทพลังงานต่างกันหรือไม่ เราควรใช้สารตัวอย่างหนักเท่ากันจะละลายน้ำซึ่งปริมาตรเท่า ๆ กัน

การใช้สารตัวอย่างหนักเท่ากันจะละลายน้ำปริมาตรเท่ากันทำให้เราสามารถ.....ได้ว่าเกิดการถ่ายเทพลังงานมากน้อยต่างกันหรือไม่

องวัดอุณหภูมิของ
บ ฌ สภาวะขั้นต้น
ยบเทียบกับอุณหภูมิ
สภาวะขั้นสุดท้าย

เราจะทำการทดลองเพื่อสำรวจว่า

1. ขณะที่สารตัวอย่างละลายน้ำเกิดเป็นสารละลายนั้น มีการถ่ายเทพลังงานระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมหรือไม่
2. การละลายของสารนั้น ๆ เป็นการเปลี่ยนแปลงประเภทวัตถุหรือกายภาพหรือไม่

การทดลองที่ 1.13 พลังงานกับการละลาย

วิธีทำ

1. ใช้กระบอกตรงตวงน้ำ 5 cm^3 ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดกลาง วัดอุณหภูมิของน้ำ บันทึกไว้ แล้วไม่ต้องยกเทอร์โมมิเตอร์ขึ้นจากน้ำ
2. ใส่วัตถุที่ละลายในเทอร์โมมิเตอร์ 2 ข้อนตวงเบอร์ 1 ลงไปในน้ำ ใช้เทอร์โมมิเตอร์คนเบา ๆ เพื่อให้วัตถุละลายกระจายไปทั่ว (แต่ระวังอย่าให้เทอร์โมมิเตอร์แตก) จนละลายหมด อ่านอุณหภูมิของสารละลาย บันทึกผล
3. ทดลองเช่นเดียวกันอีกครั้ง แต่ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นของแข็ง ปริมาณเท่ากับสารที่ไว้ในข้อ 2
4. ทดลองเช่นเดียวกันอีกครั้ง แต่ใช้กรดซัลฟริกเข้มข้น 5 หยดใส่ลงในน้ำ (ใช้หลอดหยด) บันทึกอุณหภูมิ

ดูความรอน
กายความรอน

ตัวอย่างการวางบันทึกผลการทดลองที่ 1.13

สารตัวอย่างที่ละลายในน้ำ	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) ณ สภาวะเริ่มต้น	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) ณ สภาวะสิ้นสุดท้าย

ในรายงานการทดลองนี้ ให้สรุปผลด้วยว่า การละลายของสาร-
ตัวอย่างชนิดใดเป็นการเปลี่ยนแปลงประเภทคู่ความร้อน ชนิดใดเป็นการเปลี่ยน
แปลงประเภทคายความร้อน

หมายเหตุ การอ่านอุณหภูมิของน้ำ (หรืออุณหภูมิ ณ สภาวะเริ่มต้น) นั้น ควรจะรอ
จนกระทั่งลำปรอทหยุดนิ่ง แล้วจึงบันทึกอุณหภูมิไว้ ส่วนการอ่านอุณหภูมิเมื่อใส่สาร
ลงในน้ำ (หรืออุณหภูมิ ณ สภาวะสิ้นสุดท้าย) นั้น ขณะที่คนสารในหลอดต้องคอย
สังเกตอุณหภูมิ ถ้าสารใดละลายน้ำแล้วอุณหภูมิลดลงให้บันทึกอุณหภูมิต่ำสุดไว้
แต่ถ้าตรงกันข้ามก็บันทึกอุณหภูมิสูงสุดไว้

63

ในการทดลองนี้ ระบบคือน้ำและสารที่เค็มลงไป ส่วนสิ่งแวดล้อม คือ เทอร์โมมิเตอร์ หลอดทดลอง และอากาศ

ถ้าเทอร์โมมิเตอร์อ่านอุณหภูมิสูงขึ้น แสดงว่าเทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งเป็นสิ่งแวดล้อมส่วนหนึ่งได้รับความร้อนจาก.....

64

เมื่อวัดอุณหภูมิของระบบแล้วปรากฏว่าเทอร์โมมิเตอร์อ่านอุณหภูมิสูงขึ้น แสดงว่าระบบคายความร้อนให้แก่สิ่งแวดล้อม จึงเป็นการเปลี่ยนแปลงประเภท...

65

เมื่อวัดอุณหภูมิของระบบ ปรากฏว่าเทอร์โมมิเตอร์อ่านอุณหภูมิต่ำกว่าเดิม แสดงว่าระบบดูดความร้อนจากเทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งเป็นสิ่งแวดล้อมอย่างหนึ่ง จึงเป็นการเปลี่ยนแปลงประเภท.....

66

เพราะเหตุใดเมื่อวัดอุณหภูมิของระบบ ปรากฏว่าเทอร์โมมิเตอร์อ่านอุณหภูมิสูงขึ้น จึงเรียกว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงประเภทคายความร้อน ๑

63

ระบบ

67

จากผลการทดลองของนักเรียน

ก. ระบบใดบ้างที่เป็นการเปลี่ยนแปลงประเภทคายความร้อน ?

ข. ระบบใดบ้างที่เป็นการเปลี่ยนแปลงประเภทดูดความร้อน ?

4

คายความร้อน

68

ในการเปลี่ยนแปลงประเภทคายความร้อน ระบบคายพลังงานความร้อนให้แก่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นพลังงานของระบบจะลดลงต่ำกว่าเดิม หรือกล่าวได้ว่า พลังงานของระบบในสภาวะขั้นสุดท้ายต่ำกว่าพลังงานของระบบในสภาวะขั้นต้น (แต่ถ้าวัดอุณหภูมิของระบบ สภาวะขั้นสุดท้ายจะมีอุณหภูมิสูงกว่าสภาวะขั้นต้น เนื่องจากระบบกำลังคายความร้อนออกมาให้แก่สิ่งแวดล้อม)

5

ดูดความร้อน

จากผลการทดลองของนักเรียน ระบบใดบ้างที่พลังงานของระบบในสภาวะขั้นสุดท้ายต่ำกว่า พลังงานของระบบในสภาวะขั้นต้น ?

69

6

ในการเปลี่ยนแปลงประเภทดูดความร้อน ระบบจะดูดความร้อนจาก เพราะระบบคายความร้อนให้แก่สิ่งแวดล้อม ทำให้พลังงานของระบบสูงกว่าเดิม และถ้าวัดอุณหภูมิจะปรากฏว่าต่ำกว่าเดิม เพราะระบบดูดความร้อนจากเทอร์โมมิเตอร์ซึ่งเป็นสิ่งแวดล้อมด้วย

จากผลการทดลองของนักเรียน ระบบใดบ้าง ที่พลังงานของระบบสูงกว่าเดิม ?

67 ก. ระบบที่โซ่เคี่ยม-ไฮดรอกไซค์ จะกรดซัลฟูริกละลายน้ำ ข. ระบบที่โปตัสเซียม-ในเทรตละลายน้ำ	70 ถ้าจะเปรียบเทียบว่าระบบใดเกิดการคายเทพลังงานมากกว่ากัน ต้องสังเกตอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป ถ้าระบบใดอุณหภูมิเปลี่ยนไปจากเดิมมากกว่าก็แสดงว่าเกิดการคายเทพลังงานมากกว่า ระบบที่โปตัสเซียมในเทรต และระบบที่โซ่เคี่ยมไฮดรอกไซค์ละลายน้ำ เราใช้สารหนักเท่ากัน (ประมาณ) และใช้น้ำปริมาณเท่ากัน ถ้าเปรียบเทียบกันอย่างคร่าว ๆ ระหว่างสองระบบนี้ ระบบใดที่เกิดการคายเทพลังงานมากกว่ากัน ? เพราะเหตุใด ?
68 ระบบที่ โซ่เคี่ยม-ไฮดรอกไซค์ และกรดซัลฟูริกละลายน้ำ	71 ในการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงพลังงานในระบบที่สารต่าง ๆ ละลายน้ำนั้น จะทำใจงานขึ้นถ้าเราใช้สารหนักเท่ากัน และใช้น้ำปริมาณเท่ากัน ทำไมเราไม่สามารถเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของพลังงานในระบบที่กรดซัลฟูริกละลายน้ำกับอีกสองระบบใด ?
69 ระบบที่โปตัสเซียม-ในเทรตละลายน้ำ	72 ค่าพลังงานที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของสารขณะเปลี่ยนสถานะซึ่งที่ใดกล่าวนมาแล้ว เป็นค่าเฉพาะตัวของสาร ท่านองเกี่ยวกับค่าพลังงานที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของสารขณะเกิดการละลายก็เป็น.....ของสารควย

73

บที่ โซเดียมไฮดรอก-
ไซด์ละลายน้ำ เพราะอุณหภูมิ
ขึ้นไปจากเดิมมากกว่า

กาพลังงานที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของสารขณะเกิดการละลาย
เรียกว่า "ความร้อนของการละลาย"
ความร้อนของการละลาย ความร้อนแฝง จุดเดือดจุดหลอมเหลว ต่าง
ก็เป็น.....ของสาร

1.3.6 พลังงานกับปฏิกิริยาเคมี

74

ที่เราไม่ทราบว่าใช้
ซิลิโคน หนักเท่ากับ
อีกสองชนิดหรือไม่

การเปลี่ยนแปลงที่มีสารใหม่เกิดขึ้นจัดเป็นการ เปลี่ยนแปลงทางเคมี
หรือเกิดปฏิกิริยาเคมี
จากการทดลองบาง การทดลองที่ผ่านมาแล้ว เช่น การแยกน้ำด้วย
ไฟฟ้า มีสารใหม่ซึ่งเป็นก๊าซเกิดขึ้น คือ.....และ.....

75

เฉพาะตัว

การแยกน้ำด้วยไฟฟ้าเป็นปฏิกิริยาเคมีที่มีพลังงาน.....
เข้ามาเกี่ยวข้อง

76

จากการทดลองที่ 1.10 พบว่าการสลายตัวของเมอร์คิวรี(II) ออกไซด์
ต้องใช้พลังงาน.....เข้าช่วย และปฏิกิริยาเคมีนี้ได้สารใหม่ คือ.....
.....และ.....

77

เฉพาะตัว

การเกิดปฏิกิริยาเคมีนอกจากมีสารใหม่เกิดขึ้นแล้ว จะต้องมีความ
เข้ามาเกี่ยวข้อง

ทำไมการเผาไหม้ของแก๊สกับกำมะถันในหลอดทดลองจึงคิดว่าเกิดปฏิกิริยา
เคมี ?

ครุฑ

สีเงิน

78

เมื่อผสมสารสองชนิดเข้าด้วยกัน จึงบอกเกณฑ์ที่ใช้ตัดสินว่าเกิดปฏิกิริยา
เคมีหรือไม่ มา 2 ประการ ?

79

เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีแล้ว

ก. เมื่อจับภาชนะปรากฏว่าร้อนขึ้น แสดงว่าระบบคายความร้อนให้แก่สิ่งแวดล้อม
จึงเรียกว่าปฏิกิริยาประเภท.....

ข. เมื่อจับภาชนะปรากฏว่าเย็นลง เรียกว่าเป็นปฏิกิริยาประเภทใด ?
เพราะเหตุใด ?

มร้อน

หและออกสีเงิน

7 เพราะมีสารใหม่ คือ อปเปอร์ (II) รัศไดไฟด์ เกิดขึ้น และต้องไขพลัง ความร้อนเข้าช่วย	การทดลองที่แล้ว ๆ มาล้วนเป็นประจักษ์พยานแล้วว่าพลังงานมีตัวตน เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีอย่างแน่นนอน แต่เนื่องจากขณะทำการทดลองเหล่านั้น มิได้มีการแนะนำให้สังเกตเรื่องการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน เราจึงจะทำการทดลอง เพิ่มเติมโดยให้สังเกตเรื่องพลังงานที่ปรากฏควบคู่ไปกับปฏิกิริยาเคมี <u>การทดลองที่ 1.14 พลังงานกับปฏิกิริยาเคมี</u> <u>วิธีทำ</u> 1. ตักโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตจำนวน 2 ช้อนตวง เบอร์ 1 ใส่ลงใน ขามกระป๋อง แล้วหยดกลีเซอรอล 2 - 3 หยด ลงบนโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต (ระวัง ให้นักเรียนยืนสังเกตปฏิกิริยาอยู่ทางผาชนะพอควร และอย่ารีบจับภาชนะ ทันทีที่เกิดปฏิกิริยา)
8 มีสารใหม่เกิดขึ้น มีพลังงานเข้ามา เกี่ยวข้อง	2. ผสมผลิตภัณฑ์เตรียมไฮดรอกไซด์กับผลิตภัณฑ์อะมิโนเอไซด์ไฮยาเนต (ผลิตภัณฑ์ เตรียมไฮดรอกไซด์ 2 ช้อนตวงเบอร์ 2 และใช้ผลิตภัณฑ์อะมิโนเอไซด์ไฮยาเนต 1 ช้อนตวงเบอร์ 2) คนหรือเขย่าให้เข้ากัน คอยสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิด ขึ้นภายในและรอบภาชนะ และใช้มือจับค้ำนอกภาชนะเพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลง พลังงานขณะเกิดปฏิกิริยาเคมี พร้อมทั้งสังเกตกลิ่นของการที่เกิดขึ้นด้วย
9 คายความร้อน ดูความร้อน เพราะ ระบบคายความร้อนจาก ภาชนะ	ในการบันทึกผลให้นักเรียนบันทึกว่าที่นักเรียนได้ทำไปแต่ละตอน ปรากฏ ผลอย่างไรบ้าง และสารที่เกิดขึ้นมีลักษณะอย่างไร ในรายงานการทดลอง สรุปผลด้วยว่าเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่ พร้อมทั้ง ทั้งเหตุผล และบอกด้วยว่าเกิดปฏิกิริยาชนิดใดหรือคายความร้อน

80

จากผลการทดลอง เมื่อหยดกลีเซอรอลลงบนโปตัสเซียมเปอร์-
มังกาเนต นักเรียนเห็นปรากฏการณ์ใดเกิดขึ้นบ้าง ?

81

การหยดกลีเซอรอลลงบนโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต

- ก. ในสภาวะขั้นต้น ระบบประกอบด้วย..... ซึ่งเป็นของเหลว
ไม่มีสี และ..... ซึ่งเป็นของแข็งสีม่วง
- ข. ในสภาวะขั้นสุดท้าย ระบบประกอบด้วยสารที่มีลักษณะอย่างไร ?
-

82

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของระบบในสภาวะขั้นต้นกับสภาวะขั้นสุดท้าย
นักเรียนสรุปได้หรือไม่ว่าการเปลี่ยนแปลงนี้มีสารใหม่เกิดขึ้น ? เพราะเหตุไร ?

83

เมื่อจับภาชนะพบว่าร้อนขึ้น แสดงว่าระบบถ่ายเทพลังงานให้แก่
สิ่งแวดล้อม ดังนั้นปฏิกิริยาของกลีเซอรอลกับ โปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต
เป็นปฏิกิริยาประเภท.....

84

ปฏิกิริยาของกลีเซอรอลกับ โปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตเป็นปฏิกิริยา
คายความร้อน คือระบบคายพลังงานความร้อนให้แก่สิ่งแวดล้อม

ฉะนั้นระดับพลังงานของระบบในสภาวะขั้นสุดท้ายจะ.....
กว่าระดับพลังงานของระบบในสภาวะขั้นต้น

85

กลีเซอรอล

ในการทดลองผสมผลิตภัณฑ์ไฮดรอกไซด์ กับผลิตภัณฑ์โมเนียม-

โปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต ไฮโอไฮยาเนต นักเรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเกิดขึ้นบ้าง ?

ของแข็งสีน้ำตาล
บางส่วนเป็นสีเขียวและ
น้ำตาล

86

ในการทดลองผสมผลิตภัณฑ์ไฮดรอกไซด์ กับผลิตภัณฑ์โมเนียม-

ไฮโอไฮยาเนต ในสภาวะขั้นต้นระบบประกอบด้วยของแข็งไม่มีกลิ่นทั้งสองชนิด

ไปได้เพราะสารที่เกิดขึ้น
ขณะเกิดจากสารเดิม

ก. ในสภาวะขั้นสุดท้ายระบบประกอบด้วยสารที่มีสมบัติอย่างไร ?

ข. สรุปลักษณะหรือการเปลี่ยนแปลงที่มีสารใหม่เกิดขึ้น ?

87

คายความร้อน

ในการผสมผลิตภัณฑ์ 2 ชนิดนี้เข้าด้วยกัน พบว่ารอบ ๆ ภาชนะมีหยดน้ำ
มาเกาะ และเมื่อจับภาชนะจะรู้สึกเย็นกว่าเดิมแสดงว่าเป็นการเปลี่ยนแปลง
ประเภท.....

84 คำถามว่า	88 การเปลี่ยนแปลงเมื่อผสมเซลล์แบเรียมไฮดรอกไซด์กับเซลล์อัลโมเนียมไฮดรอกไซด์ เป็นการเปลี่ยนแปลงประเภทใด ความร้อน คือระบบควบคุมพลังงาน ความร้อนจากสิ่งแวดล้อม ฉะนั้น ระดับพลังงานของระบบในสภาวะขั้นสุดท้ายจะ..... กว่าในสภาวะขั้นต้น -----
85	89 ในการหยดกลีเซอรอลลงบนโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต มีปรากฏการณ์ที่ใช้เป็นเครื่องตัดสินว่าเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ 1. มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนเกิดขึ้น 2. มี.....เกิดขึ้น -----
86 ก. ของเหลวมีกลิ่นฉุน ข. สรุบได้	90 ในการผสมเซลล์อัลโมเนียมไฮดรอกไซด์กับเซลล์แบเรียมไฮดรอกไซด์ จากผลการทดลองของนักเรียน สามารถบอกได้หรือไม่ว่าเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น ? เพราะเหตุใด ? -----
87 ดูความรอน	

88

สูงกว่ำ

91

อาจสรุปได้ว่า ปรัชญาการณ์ที่อาจใช้เป็นเครื่องตัดสินว่าเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่นั้น ได้แก่การพิจารณาว่า

1.....

2.....

89

สารใหม่

92

1.3.7 พลังงานกับปฏิกิริยาเคมี ในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม

ยังมีตัวอย่างของพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันอีกมากมาย เช่นการสันดาปของเทียนไข หรือการสันดาปของเชื้อเพลิงอื่น ๆ การสันดาปของเทียนไขและเชื้อเพลิงเป็นตัวอย่างของ.....

.....

90

สามารถบอกได้ เพราะมี
สารใหม่เกิดขึ้น และมีการ
เปลี่ยนแปลงของพลังงาน
ความร้อน

93

เทียนไขและเชื้อเพลิง วางทิ้งไว้ในอากาศเป็นเวลานานไม่ติดไฟ แต่ถ้าทำให้รอบถึงขีดติดไฟก่อน แล้วหลังจากนั้นเทียนไขหรือเชื้อเพลิงนั้น จะทำปฏิกิริยาต่อไปกับออกซิเจนให้ความร้อนออกมามากมาย การที่เทียนไขและเชื้อเพลิงติดไฟได้ จะต้องได้รับ... ..
จนถึง.....

1 มีสารใหม่เกิดขึ้นหรือไม่ มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานหรือไม่	94 เมื่อเชื้อเพลิงได้รับความร้อนจนถึงขีดติดไฟแล้ว จะเกิดการสันดาป ก๊าซเชื้อเพลิงจะหาปฏิกิริยากับ.....แล้วให้.....ออกมา ----- 95 การสันดาปเป็นปฏิกิริยาดูดหรือคายความร้อน ? -----
2 พลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี	96 การสันดาปเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน แต่เราก็ต้องใช้ความร้อนจำนวนหนึ่งเพื่อช่วยกระตุ้นให้ปฏิกิริยาเกิดการเริ่มต้นแล้วต่อจากนั้นความร้อนจากปฏิกิริยาก็จะช่วยให้เกิดการสันดาปต่อไปจนเชื้อเพลิงหรือออกซิเจนหมดไปอย่างใดอย่างหนึ่ง ความร้อนที่ใช้กระตุ้นให้ปฏิกิริยาเกิดการเริ่มต้น ก็คือความร้อนที่ใช้ทำให้สารมีอุณหภูมิสูงถึงขีด..... -----
93 ความร้อน ติดไฟ	97 ตัวอย่างของการใช้พลังงานกระตุ้น เช่นการใช้เปลวไฟจากไม้ขีดไปจ่อที่ไส้เทียนไข เพื่อให้ไส้เทียนมีความร้อนจนถึง..... -----

4

ออกซิเจน
ความร้อน

เมื่อเทียนไขมีความร้อนถึงขีดติดไฟแล้วก็จะเกิดการ.....
คือเทียนไขเข้าทำปฏิกิริยากับ.....แล้วให้ความร้อน
ออกมา

-----\-----

5

คายความร้อน

99 ความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยาการสันดาปของเทียนไขครั้งแรกนี้
จะช่วยให้เกิด.....ต่อไป

6

คไฟ

100 การสันดาปของเทียนไขเมื่อเริ่มต้นแล้วก็จะดำเนินต่อไป
จนกระทั่ง.....หรือ.....หมดไป

101
สรุปกระบวนการที่เชื้อเพลิงเกิดการลุกไหม้
ตอนแรกเชื้อเพลิงต้องได้รับ.....จนถึงขีดติดไฟ
ซึ่งหมายความว่าเชื้อเพลิงได้รับพลังงานกระตุ้นจำนวนหนึ่ง เพื่อช่วยให้
เกิด.....เริ่มต้น หรือเริ่มเกิดการสันดาป แล้วให้ความร้อน
ออกมา

ความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยาเริ่มต้นจะช่วยให้เกิดการสันดาปต่อไป
คือช่วยให้เชื้อเพลิงทำปฏิกิริยากับออกซิเจนต่อไป แล้วให้.....
ออกมาอีกต่อไปเรื่อย ๆ

7

คติดไฟ

98

สันดาป

ออกซิเจน

102

การที่การสันดาปของเชื้อเพลิงเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน
ทำให้เกิดผลึกแก่เราอย่างไร ?

99

การสันดาป

103

เชื้อเพลิงที่ใช้ในประเทศไทย ได้แก่ ถ่าน ถ่านหิน และ
ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม (ได้แก่ ก๊าซชีวภาพ น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด
เป็นต้น) เชื้อเพลิงเหล่านี้เป็นสารอินทรีย์ ฉะนั้น ผลของการสันดาป
จึงเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำเป็นส่วนใหญ่ หากเกิดการ
สันดาปในที่ที่มีออกซิเจนไม่พอ ก็จะได้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และ
เขม่าปนออกมา (แสดงว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของสารอินทรีย์ที่ใช้
เป็นเชื้อเพลิง เป็นธาตุ คาร์บอน และไฮโดรเจน)

100

เห็นใจ

ออกซิเจน

เชื้อเพลิงที่ใช้ในประเทศไทยเป็นสารประเภทใด ?

101

ความร้อน

ปฏิกิริยา

ความร้อน

104

จงยกตัวอย่างเชื้อเพลิงที่เป็นสารอินทรีย์ ?

105

ผลการสันดาปของเชื้อเพลิง จะได้.....และ.....
เป็นส่วนใหญ่

02

ทำให้เรานำความร้อนที่เกิดขึ้น
มาใช้ประโยชน์ได้

106

ถ้าเชื้อเพลิงเกิดการสันดาปในที่ที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ นอกจาก
จากได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำแล้ว จะมีอะไรปนมากับ ?

03

ารอินทรีย์

107

บรรดาสารต่าง ๆ ที่เกิดจากการสันดาปของเชื้อเพลิงบางชนิด
ก็เป็นพิษต่อมนุษย์ เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ของกำมะถัน
เป็นต้น ฉะนั้นถ้ามีสารเหล่านี้ปะปนอยู่ในอากาศมากจะทำให้อากาศเสีย
จึงต้องหาวิธีป้องกันไม่ให้เกิดก๊าซเหล่านี้มาก และต้องหาวิธีกำจัดกา
สเหล่านั้นด้วย นักเรียนจึงควรศึกษาเรื่องเหล่านี้ จะได้ช่วยกันหาวิธี
การต่าง ๆ ที่จะป้องกันและกำจัดสารต่าง ๆ ซึ่งเป็นเหตุให้อากาศเสีย
สาเหตุที่ทำให้อากาศเสียเกิดจากอะไร ?

04

น ถ่าน ถ่านหิน
ลิกไนต์ปิโตรเลียม

108

หลักการที่จะป้องกันอากาศเสียตามที่ได้อ่านมาแล้ว

1.

2.

105

าซคาร์บอนไดออกไซด์
และไอน้ำ

06

ชาคาร์บอนมอนนอกไซด์
ละเข้ามา

109|

เชื้อเพลิงที่มีมากในประเทศไทยได้แก่ ฟืน และถ่าน แต่จัด
เป็นเชื้อเพลิงที่ไม่น่าจะใช้กันมากนัก เพราะเป็นสาเหตุให้มีการตัด
ต้นไม้ทำให้เสียคุณธรรมชาติได้ เช่นทำให้ฝนตกน้อย หรือถ้าฝนตกลงมา
แล้วไปมีรากของต้นไม้ช่วยดูดซับน้ำไว้ ทำให้เกิดน้ำท่วม และเมื่อถึง
ฤดูแล้งน้ำตามแม่น้ำลำคลองก็แห้งขอด เป็นต้น

07

ารต่าง ๆ ที่เกิดจากการสันดาป
ของเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นพิษปนอยู่
ในอากาศมาก (หรือใช้ถ้อยคำ
อาเองท่านเองป)

เชื้อเพลิงที่ไม่ควรใช้กันมากได้แก่.....

110|

จงยกตัวอย่างการเสียคุณธรรมชาติ อันเกิดจากการตัดต้นไม้
กันมาก ?

08

. หาวิธีป้องกันไปให้เกิดสารที่
เป็นพิษปนอยู่ในอากาศ
. หาวิธีกำจัดสารเหล่านี้

111|

แหล่งเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ ในประเทศไทย เช่น แหล่งถ่านหิน
ที่อำเภอแม่เมาะจังหวัดลำปาง และบ่อน้ำมันที่อำเภอฝางจังหวัด
เชียงใหม่ แต่ก็แหล่งที่ไม่ใหญ่โตนัก เรายังคงซื้อเชื้อเพลิง
ประเภทผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก
นอกจากฟืนและถ่านแล้ว เชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ ที่มีในประเทศไทย
แต่มีไม่มาก ได้แก่อะไรบ้าง ?

112|

ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่ใช้กันในประเทศเราส่วนมากได้มาจากไหน

109 พื้นและถ่าน	113 ปัจจุบันรัฐบาลอนุญาตให้บริษัทเอกชนต่างประเทศลงทุนขุดน้ำมันปิโตรเลียมในบริเวณอ่าวไทย ซึ่งถ้าพบน้ำมันปิโตรเลียม ประเทศไทยก็จะมีแหล่งเชื้อเพลิงของตนเอง ไม่ต้องซื้อจากต่างประเทศ บริเวณไหนของประเทศไทยที่สำรวจพบว่าน่าจะมีน้ำมันปิโตรเลียม ? -----
110 ฝนตกน้อย น้ำท่วม เมื่อถึงฤดูแล้ง ว่าคาบสมรณ้ำลำคลองแห้ง เป็นกัน	114 ถ้าพบน้ำมันปิโตรเลียมในบริเวณอ่าวไทยจะเป็นผลดีแก่ประเทศเราอย่างไร ? -----
111 ถ่านหิน น้ำมัน	115 เชื้อเพลิงประเภทใดเป็นที่ต้องการมากที่สุดในปัจจุบัน ? -----
112 ต่างประเทศ	116 เราใช้เชื้อเพลิงเป็นบ่อเกิดของพลังงานความร้อน และอาจเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานรูปอื่น เช่นพลังงานไฟฟ้า หรือพลังงานกล พลังงานความร้อนส่วนใหญ่ได้จากการสันดาปของ..... -----

13
บริเวณอ่าวไทย

117
ตามกฎทรงพลังงานกล่าวว่าพลังงานไม่สูญหายไปแต่เปลี่ยนรูป
ได้ เช่น พลังงานความร้อนเปลี่ยนรูปเป็น.....หรือ
.....

14
ทำให้ใบต้องซึมน้ำขึ้นจากต่าง-
ประเทศ

118
เตารีดไฟฟ้าใช้หลักการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงาน
.....

15
ลิคลัดพีโตรเลียม

119
การประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ ส่วนมากอาศัยพลังงาน
เป็นเครื่องขับเคลื่อนให้เครื่องมือเหล่านั้นทำงาน เพื่อความสะดวกและเป็น
การช่วยผ่อนแรงของมนุษย์
ทำไมปัจจุบันเราจึงได้รับความสะดวกและไม่ต้องใช้แรงงาน
มากนักในการทำงาน ?

16
ข้อเพลิง

120
ข้อเพลิงอ่านวยความสะดวกแก่มนุษย์อย่างไร ?

17

พลังงานไฟฟ้า

พลังงานกล

121

ได้มีผู้พยากรณ์ว่า ในระยะเวลาไม่นานนักทรัพยากรธรรมชาติประเภทเชื้อเพลิงที่เราใช้อยู่จะหมดไป นักวิทยาศาสตร์จึงพยายามค้นหาแหล่งพลังงานใหม่ ๆ ขึ้นมาแทน เช่นพยายามใช้สารกัมมันตรังสีเป็นเชื้อเพลิง

นักวิทยาศาสตร์พยายามจะใช้เชื้อเพลิงชนิดไหนเป็นแหล่งพลังงานแทนเชื้อเพลิงที่มีอยู่เดิม ?

18

ความร้อน

122

ทำไมจึงต้องพยายามใช้สารกัมมันตรังสีเป็นเชื้อเพลิง ?

19

เพราะได้มีการประดิษฐ์เครื่องใช้ต่าง ๆ ซึ่งใช้พลังงานเป็นเครื่องขับเคลื่อน สำหรับทำงานแทนมนุษย์

123|

การเปลี่ยนแปลงของสารกัมมันตรังสีเป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์ให้พลังงานจำนวนมาก ถ้าเรามีวิธีใช้พลังงานเหล่านี้ได้โดยปลอดภัย ก็คงจะพอลดความวิตกกังวลกลัวเชื้อเพลิงหมดไปจากโลกได้อีกชั่วระยะหนึ่ง

20

การค้นคว้าของเชื้อเพลิงทำให้เกิดพลังงานความร้อน แล้วเปลี่ยนพลังงานรูปอื่น ๆ เป็นหมุนเครื่องทำงานแทนมนุษย์

จากที่กล่าวมา แสดงว่าการใช้สารกัมมันตรังสีเป็นเชื้อเพลิงจะให้พลังงานออกมาจำนวน..... แต่ถ้าเราไม่มีวิธีควบคุมการใช้พลังงานเหล่านี้ก็จะเกิด

121

สารกัมมันตรังสี

124

ถ้าเรามีวิธีใช้พลังงานจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้โดยปลอดภัย จะทำให้เราหมดความกังวลเรื่องใด ?

122

เพราะความกลัวเชื้อเพลิงจะหมด
ไปจากโลก

125

ปัจจุบันนี้นักวิทยาศาสตร์ได้นำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ประโยชน์ บ้างแล้ว เช่นใช้ขับเคลื่อนเรือดำน้ำ และผลิตพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น แต่ว่าเงินลงทุนในตอนแรกของโครงการประเภทนี้ค่อนข้างสูง ประกอบกับเรายังไม่ขาดแคลนเชื้อเพลิง จึงไม่ค่อยมีการลงทุนเพื่อใช้พลังงานนิวเคลียร์อย่างกว้างขวางนักในขณะนี้

ก. พลังงานนิวเคลียร์เกิดจากอะไร ?

ข. ปัจจุบันเราได้นำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ประโยชน์ด้านใดบ้าง?

23

หาศาล

นทราย

126

จงบอกถึงสาเหตุที่เราไม่ได้นำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ให้
กว้างขวางในปัจจุบัน ?

24

ร่องความกลัว เชื้อเพลิงจะหมด
ไปจากโลก

127

ภายในร่างกายของเราก็มีการสันดาปเกิดขึ้นตลอดเวลา แต่
เป็นการสันดาปที่ค่อย ๆ เกิดเป็นชั้น ๆ ให้พลังงานออกมาทีละน้อย ๆ
เราใช้พลังงานจากการสันดาปของอาหารสำหรับให้ความร้อนแก่ร่างกาย
และกระทำกิจกรรมต่าง ๆ

25

. เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ
ารกับมันตรังสี
. ใช้ขับเคลื่อนเรือดำน้ำ และ
ผลิตพลังงานไฟฟ้า

เราหายใจเอาออกซิเจนเข้าไปเพื่อให้เกิดการสันดาปกับ

.....ภายในร่างกาย

128

ลักษณะการสันดาปภายในร่างกายเป็นอย่างไร ?

129

การเคลื่อนไหวของร่างกายและการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ
อาศัยพลังงานจากไหน ?

130

จงยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นในร่างกาย
มาหนึ่งชนิด ?

26

เนื่องจากเงินลงทุนในตอนแรก
ของโครงการค่อนข้างสูง และ
ระกอบกับเรายังไม่ขาดแคลน
เชื้อเพลิง

จงยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นในร่างกาย

มาหนึ่งชนิด ?

27

131

อาหาร

พลังงานไฟฟ้าก็มีส่วนเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี เช่นการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าการเปลี่ยนของพลังงานจากปฏิกิริยาเคมีในถ่านไฟฉายหรือแบตเตอรี่เป็นพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น

ก. การแยกน้ำด้วยไฟฟ้า เป็นการใช้พลังงาน.....
เพื่อให้เกิด.....

ข. การเปลี่ยนแปลงในถ่านไฟฉายหรือแบตเตอรี่ เป็นปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดพลังงาน.....

28

เป็นการสันดาปที่ค่อย ๆ เกิดเป็น
ขึ้น ๆ ให้พลังงานออกมาทีละน้อย
แต่เกิดขึ้นตลอดเวลา

132

การระเบิดของไอน้ำมันรถยนต์กับอากาศในเครื่องยนต์ด้วย
ประกายไฟฟ้าจากหัวเทียน กรณีนี้พลังงานเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี
อย่างไร ?

29

จากการสันดาปของอาหาร

133

30

การสันดาปของอาหาร

เวลาฟ้าผ่าทำให้ออกซิเจนกับไนโตรเจนในอากาศทำปฏิกิริยา
รวมตัวกันกลายเป็นออกไซด์ของไนโตรเจน ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับน้ำฝน
เป็นกรดไนตริกตกลงมา แล้วกรดไนตริกจะทำปฏิกิริยากับเบสในดิน
เป็นเกลือไนเตรตต่อไป ดังที่เราได้เรียนมาจากชั้นต้น ๆ ในเรื่อง
วัฏจักรของไนโตรเจน

ข้อความข้างบนนี้เป็นการกล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงของธาตุ

.....

131

ก. ไฟฟ้า ปฏิกริยาเคมี

ข. ไฟฟ้า

134

การเกิดการเปลี่ยนแปลงของธาตุไนโคโรเจนในตอนแรก คือ
ตอนเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ต้องอาศัยพลังงาน.....

ล

135

จงยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงที่พลังงานไฟฟ้าเกี่ยวข้องกับ
ปฏิกิริยาเคมี ซึ่งได้กล่าวแล้วมา 3 อย่าง ?

132

พลังงานไฟฟ้าทำให้เกิดปฏิกิริยา
เคมี

136

จงยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงที่พลังงานความร้อนเกี่ยวข้องกับ
ปฏิกิริยาเคมี ซึ่งได้กล่าวแล้ว มา 3 อย่าง ?

133

ไนโคโรเจน

134

ไฟฟ้า

135

การแยกนำด้วยไฟฟ้า

การเปลี่ยนแปลงในด้านไฟฉาย

หรือแบตเตอรี่

การระเบิดของไอน้ำมันรถยนต์

(หรือการที่ไนโตรเจนเข้ารวมกับ

ออกซิเจนเป็นออกไซด์ของ

ไนโตรเจน)

136

การสันดาปของเชื้อเพลิง

การเผาไหม้แก๊สกับกำมะถัน

การหยดกลีเซอรอลลงบน-

โปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต

(หรือจะใช้ตัวอย่างอื่น ๆ ก็ได้)

คู่มือแบบเรียนโปรแกรม

เรื่อง

สสารและพลังงาน

ในคู่มือนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ตอนแรกเป็นการกำหนดรายการอุปกรณ์และสารเคมีที่จะใช้ในการทดลอง ซึ่งครูจะต้องจัดเตรียมไว้ให้พร้อมก่อนที่จะให้นักเรียนเรียนจากแบบเรียนโปรแกรม ตอนหลังเป็นตัวอย่างผลการทดลอง ซึ่งเขียนอยู่ในรูปของรายงานการทดลอง มีไว้เพื่อให้นักเรียนได้ทำการทดลองและเขียนรายงานเสร็จแล้วได้เปรียบเทียบกับรายงานที่นักเรียนเขียน เพื่อจะทราบว่าที่ได้ทำการทดลองไปแล้วนั้นนักเรียนยังมีความบกพร่องเรื่องใดบ้าง เช่น สังเกตและบันทึกผลไม่ละเอียดพอ หรือทำการทดลองผิดพลาดไป เป็นต้น จะได้ปรับปรุงข้อบกพร่องเหล่านี้ในการทำการทดลองครั้งต่อไป

ในการใช้คู่มือเล่มนี้ ครูจะต้องแจกให้นักเรียนเป็นส่วน ๆ ไป คือ ก่อนลงมือเรียนให้แจกตอนแรก เพื่อนักเรียนจะได้ช่วยครูในการจัดเตรียมและสำรวจอุปกรณ์และสารเคมีต่าง ๆ เมื่อนักเรียนลงมือเรียน ทำการทดลอง และเขียนรายงานในการทดลองใดเสร็จ ครูก็แจกตัวอย่างรายงานการทดลองนั้นให้นักเรียนได้ใช้เปรียบเทียบ ไม่ควรแจกตัวอย่างรายงานการทดลองในการทดลองที่นักเรียนยังมิได้ทำ ในกรณีที่นักเรียนเรียนด้วยตนเองโดยไม่มีครูควบคุมก็ต้องจัดหาอุปกรณ์และสารเคมีต่าง ๆ มาเอง และเมื่อทำการทดลองและเขียนรายงานการทดลองใดเสร็จก็เปิดดูตัวอย่างรายงานเพื่อเปรียบเทียบเช่นกัน ไม่ควรเปิดดูตัวอย่างรายงานในการทดลองที่นักเรียนยังมิได้ทำ

อุปกรณ์และสารเคมีที่ต้องจัดเตรียมไว้มี 2 ชุด คือชุดหนึ่งเป็นอุปกรณ์บรรจุไว้ในภาชนะ ซึ่งอาจเป็นตะกร้าพลาสติก หีบอุปกรณ์ หรือกล่องกระดาษก็ได้ อีกชุดหนึ่งเป็นสารเคมีบรรจุไว้ในกล่อง อาจเป็นกล่องพลาสติก หรือกล่องกระดาษก็ได้ และสารเคมีแต่ละชนิดบรรจุอยู่ในหลอดพลาสติกเล็ก ๆ มีหมายเลขหรือชื่อสารกำกับไว้

6.

7.

8.

9.

10.

11.

12.

13.

14.

รายชื่ออุปกรณ์ที่มีอยู่ในภาชนะบรรจุอุปกรณ์

- | | |
|---|---|
| 1 ตะเกียงแอลกอฮอล์ | 2 ที่กั้นลม |
| 3 ขาค้ำรูปวงแหวน (Ring Stand) | 4 ตะแกรงลวด |
| 5 ถ้วยกระเบื้อง | 6 บีกเกอร์ ขนาด 50 cm ³ จำนวน 2 ใบ |
| 7 บีกเกอร์ ขนาด 100 cm ³ จำนวน 2 ใบ | 8 ขวดฉีดยา |
| 9 แปร่งล่างหลอดทดลอง | 10 กระบอกตวงขนาด 10 cm ³ |
| 11 จานหลุมโลหะ | 12 หลอดหยด ขนาด 65 mm. |
| 13 ขวดรูปกรวย ขนาด 100 cm ³ | 14 กรวยรองพลาสติก |
| 15 ที่จับหลอดทดลอง | 16 ขาค้ำ (Stand) |
| 17 โกร่งและที่บด | 18 ที่ตั้งหลอดทดลอง |
| 19 แท่งแก้วสำหรับใช้คน | 20 พายโลหะ |
| 21 ซ่อนตวงเบอร์ 1, เบอร์ 2 | 22 จุกยางเจาะ 2 รู สำหรับหลอดทดลองขนาดใหญ่ |
| 23 หลอดแก้วยาว (5 mm x 180 mm) | 24 หลอดแก้วอ (5 mm x 100 mm) |
| 25 สายพลาสติก (fit 5 mm glass - 300 mm) | 26 หลอดทดลองขนาดเล็ก (10 mm x 100 mm) จำนวน 6 หลอด |
| 27 หลอดทดลองขนาดกลาง (16 mm x 160 mm) จำนวน 6 หลอด | 28 หลอดทดลองขนาดใหญ่ (24 mm x 150 mm) |
| 29 เทอร์โมมิเตอร์ (0 - 100° C) | 30 เครื่องตรวจการนำไฟฟ้า พร้อมถ้วยกลองบรรจุน้ำ 4 ถ้วย |
| 31 เครื่องแยกน้ำด้วยไฟฟ้า พร้อมสายไฟชุดละ 2 สาย | 32 หลอดเคบิลลารี จำนวน 5 หลอด |
| 33 กระดาษกรอง (เส้นผ่าศูนย์กลาง 9.5 cm) จำนวน 4 แผ่น | 34 ไม้ขีดไฟ |
| 35 จุกยาง พอดีกับหลอดทดลองขนาดเล็ก จำนวน 2 จุก | |

หมายเหตุ อุปกรณ์ที่ไม่ได้ระบุจำนวน หมายถึงมีอย่างละ 1 ชิ้น

รายชื่อสารเคมีที่มีอยู่ในกล่องบรรจุสารเคมี

- 1 หลอดพลาสติกหมายเลข 1.1ก มีทรายบรรจุอยู่
- 2 กล่องหมายเลข 1.1ก มีแท่งซัลเฟอร์สีขาว และสีเหลือง อย่างละ 1 แท่ง
- 3 กล่องหมายเลข 1.1ข มีสารตัวอย่าง 6 ชนิด บรรจุอยู่ในหลอดพลาสติกเล็ก ๆ แต่ละหลอด คือ จุนส์ แป้งเปียก กัมมะถัน เกลือปนทราย น้ำป่นน้ำมันปรุงอาหาร แผ่นทองแดงบาง ๆ
- 4 กล่องหมายเลข 1.2ก มีสารตัวอย่าง 7 ชนิด บรรจุในหลอดพลาสติก แต่ละหลอด คือ จุนส์ กัมมะถัน น้ำตาลทราย น้ำกลั่น อัลกอฮอล์ น้ำหมึก อากาศ
- 5 กล่องหมายเลข 1.2ข มีสารตัวอย่าง 17 ชนิด บรรจุในหลอดพลาสติก แต่ละหลอด คือ จุนส์ กัมมะถัน แป้งเปียก เกลือปนทราย น้ำป่นน้ำมันปรุงอาหาร แผ่นทองแดง อัลกอฮอล์ น้ำหมึก อากาศ ดิน แพนทาลีน ผงชูรส พริกเกลือ ทิงเจอร์ไอโอดีน น้ำส้มสายชู น้ำปนพาราฟิน กรดไฮโดรคลอริกเจือจาง
- 6 หลอดพลาสติกหมายเลข 1.2.2ก บรรจุน้ำกลั่น หมายเลข 1.2.2ข บรรจุน้ำเกลือ
- 7 แพนทาลีนปนเกลือ 8 แพนทาลีน
- 9 น้ำตาลทราย 10 เกลือแกง
- 11 ผงชูรส 12 คัลเลียมคาร์บอเนต
- 13 เลค(II)ไนเตรต 14 น้ำกลั่น (บรรจุอยู่ในขวดฉีกน้ำ)
- 15 สารละลายในน้ำของ น้ำตาลทราย เกลือแกง 16 หมึกสีต่าง ๆ
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรดไฮโดรคลอริก
- 17 คอปเปอร์, II) คาร์บอเนต 18 เมอร์คิวรี (II) ออกไซด์
- 19 กระดาษลิตมัสทั้งสองสี อย่างละ 2 แผ่น 20 น้ำปูนใส
- 21 น้ำกลั่นผสมกรดซัลฟูริก (ใช้ปริมาตรกรด : 22 แผ่นทองแดง
- น้ำ = 1 : 100)
- 23 กัมมะถันผง 24 โปตัสเซียมไนเตรต (ของแข็ง)
- 25 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (ของแข็ง) 26 กรดซัลฟูริกเข้มข้น
- 27 โปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต 28 กลีเซอรอล
- 29 ผลึกแบเรียมไฮดรอกไซด์ 30 ผลึกอัมโมเนียมไฮโอไซยาเนต
- 31 อัลกอฮอล์จุกไฟ

(ตัวอย่างรายงานการทดลองที่ 1.1)

รายงานการทดลอง

วันที่.....

การทดลองที่ 1.1 สมบัติของสาร

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสมบัติของสาร

วิธีทำ สังเกตสมบัติของ สารตัวอย่าง แล้วบันทึกผล

ผลการทดลอง

สารตัวอย่าง	สมบัติ
ทองแดง	มีสถานะเป็นของแข็ง รูปร่างเป็นแผ่นบาง ๆ รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สีแดงแกมเหลือง เป็นสารเนื้อเดียว
จุนสี	มีสถานะเป็นของแข็ง รูปร่างเป็นเม็ด สีน้ำเงิน เป็นสารเนื้อเดียว
แป้งเปียก	มีสถานะกึ่งของแข็งกึ่งของเหลว มีรูปร่างเป็นไปตามภาชนะ สีขาว เป็นสารเนื้อเดียว
กำมะถัน	มีสถานะเป็นของแข็ง รูปร่างเป็นผง สีเหลือง เป็นสารเนื้อเดียว
เกลือป่นทราย	มีสถานะเป็นของแข็ง รูปร่างเป็นเม็ดเล็ก ๆ บางส่วนมีสีขาว บางส่วนมีสีน้ำตาล มีลักษณะเป็นสารเนื้อผสม
น้ำมันน้ำมันปรุงอาหาร	มีสถานะเป็นของเหลว รูปร่างเป็นไปตามภาชนะ แคของเหลว ทั้งสองแยกชั้นกันอยู่ ชั้นบนมีสีเหลือง ชั้นล่างไม่มีสี เป็นเนื้อผสม

ตัวอย่างรายงานการทดลองที่ 1.2)

รายงานการทดลอง

วันที่.....

การทดลองที่ 1.2 การจำแนกสาร ออกเป็นหมวดหมู่

วัตถุประสงค์ เพื่อให้สามารถเลือกและใช้สมบัติของสาร เป็นเกณฑ์ในการจำแนกสาร ออกเป็นหมวดหมู่
ทำ สังเกตสมบัติของสาร แล้วเลือกเกณฑ์ที่เหมาะสมว่าแยก สารตัวอย่างออกเป็นหมวดหมู่แล้วบันทึกผล

การทดลอง

สารตัวอย่างมีอยู่ทั้งหมด 17 ชนิด

ครั้งแรก ใช้ สถานะ เป็นเกณฑ์ จำแนก สารทั้งหมดออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 เป็นของแข็ง มี จุนสี กำมะถัน แป้งเปียก เกลือป่นทราย แขนทองแดง ดิน
แนพชาลิน ผงชูรส พริกเกลือ

กลุ่มที่ 2 เป็นของเหลว มี น้ำป่นน้ำมันปรุงอาหาร อัลกอฮอล์ น้ำหมึก ทิงเจอร์ไอโอดีน
น้ำส้มสายชู น้ำป่นพาราฟิน กรดไฮโดรคลอริก

กลุ่มที่ 3 เป็นกาซ มี อากาศ

ครั้งที่สอง ใช้ สีเป็นเกณฑ์ จำแนกสาร ในกลุ่มที่ 1 ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1.1 เป็น ของแข็งมีสี มี จุนสี กำมะถัน ดิน ทองแดง เกลือป่นทราย พริกเกลือ

กลุ่มที่ 1.2 เป็น ของแข็งไม่มีสี มี แป้งเปียก ผงชูรส แนพชาลิน

จำแนก สารในกลุ่มที่ 2 ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 2.1 เป็น ของเหลวมีสี มี น้ำป่นน้ำมันปรุงอาหาร น้ำหมึก ทิงเจอร์ไอโอดีน

กลุ่มที่ 2.2 เป็น ของเหลวไม่มีสี มี อัลกอฮอล์ น้ำส้มสายชู น้ำป่นพาราฟิน กรดไฮโดรคลอริก

จำแนก สารในกลุ่มที่ 3 ออกเป็น 1 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 3.1 เป็น กาซไม่มีสี มี อากาศ

(ตัวอย่างรายงานการทดลองที่ 1.3)

รายงานการทดลอง

วันที่.....

การทดลองที่ 1.3 การศึกษาสมบัติของสารเพื่อได้รับความร้อน

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบสมบัติของสารโดยการเผาในสภาวะต่าง ๆ กัน

วิธีทำ เผาสารตัวอย่างทีละชนิด โดยใช้วิธีการต่าง ๆ คือเผาในหลอดทดลอง เผาในจานหลุมโลหะ และเผาบนพายโลหะ สังเกตการเปลี่ยนแปลง แล้วบันทึกผล

ผลการทดลอง

อสาร	เผาในหลอดทดลอง	เผาในจานหลุมโลหะ	เผาบนพายโลหะ
ล	หลอมเหลวไคของเหลวใส เมื่อเผาต่อไปเปลี่ยนเป็น สีน้ำตาลแล้วมีสีเข้มขึ้น ใน ที่สุดเหลือของแข็งสีดำ	ให้ผลเช่นเดียวกันกับการ เผาในหลอดทดลอง	ติดไฟ ให้เปลวไฟ ในที่สุด เหลือของแข็งสีดำ
รส	หลอมเหลวไคของเหลวใส ซึ่งค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสี น้ำตาล ในที่สุดเหลือของ แข็งสีดำ	ให้ผลเช่นเดียวกัน	ให้ผลเช่นเดียวกัน
แกง	แตกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ไม่หลอมเหลว และไม่ เปลี่ยนสี	ให้ผลเช่นเดียวกัน	ให้ผลเช่นเดียวกัน

ชื่อสาร	เผาในหลอดทดลอง	เผาในจานหลุมโลหะ	เผาบนพายโลหะ
แนพชาลิน	หลอมเหลว ใต้ของเหลว ใสไม่มีสี เคี้ยว และกลายเป็นไอ เป็นไอ มีการระเหิดเกิดขึ้น ง่าย	หลอมเหลวแล้วกลายเป็นไอ ไม่มีสารเหลืออยู่เลย	ติดไฟให้เปลวไฟที่มีควัน และมีเขม่าเกิดขึ้นจำนวนมาก
เลก ไนเตรท	สลายตัวให้ก๊าซสีน้ำตาล แดง และก๊าซของแข็งสี เหลืองเหลืออยู่	ของแข็งเค็มมีสีขาวเปลี่ยน เป็นสีเหลืองอ่อน	ให้ผลเหมือนกับการเผา โบจานหลุมโลหะ
คัลเซียม คาร์บอเนต	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง ใดๆ	ให้ผลเช่นเดียวกัน	ให้ผลเช่นเดียวกัน

สรุปผลการทดลอง

- เมื่อสารได้รับความร้อนแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนี้ บางชนิดหลอมเหลวแล้วค่อย ๆ สลายตัว
เป็นของแข็งสีดำ บางชนิดติดไฟ บางชนิดระเหิดได้ บางชนิดสลายตัวให้ก๊าซสีน้ำตาลและใต้ของแข็ง
ซึ่งมีลักษณะไม่เหมือนสารเค็มเหลืออยู่ และบางชนิดไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงใดๆ
- สารชนิดเดียวกันเมื่อเผาโดยวิธี ว่างกัน บางสารให้ผลเหมือนกัน บางสารให้ผลต่างกัน

(ตัวอย่างรายงานการทดลองที่ 1.4)

รายงานการทดลอง

วันที่.....

การทดลองที่ 1.4 การหาจุดหลอมเหลวของของแข็ง

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสมบัติเฉพาะตัวของของแข็งโดยการหาจุดหลอมเหลว และเพื่อที่ว่าสารบริสุทธิ์และสารไม่บริสุทธิ์มีจุดหลอมเหลวต่างกันอย่างไร

- วิธีทำ
1. หลอมปลายหลอด บิลลารี บดสารตัวอย่างแล้วบรรจุลงในหลอดตะบิลลารี
 2. นำหลอดตะบิลลารี ผูกติดกับกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์ แล้วนำไปจุ่มลงในบีกเกอร์ซึ่งมีน้ำบรรจุอยู่ ปิดเทอร์โมมิเตอร์กับที่จับหลอดทดลอง ซึ่งติดอยู่กับขาตั้ง
 3. คำนวณให้ร้อนขึ้นช้า ๆ ใช้แท่งแก้วคนน้ำในบีกเกอร์ คอยสังเกตและอ่านอุณหภูมิที่สารเริ่มหลอมเหลวและอุณหภูมิที่สารหลอมเหลวหมด

ผลการทดลอง

สารตัวอย่าง	จุดหลอมเหลว		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
แนพทาลีน	80.4 - 83.5	80.0 - 83.0	80.2 - 83.3
แนพทาลีนปนเกลือ (4 : 1)	79.0 - 83.5	79.2 - 84.0	79.1 - 83.8

สรุปผลการทดลอง จากผลการทดลองจะเห็นว่า จุดหลอมเหลวของแนพทาลีนบริสุทธิ์ ต่างกับแนพทาลีนไม่บริสุทธิ์ (ปนเกลือ) คือ แนพทาลีนบริสุทธิ์มีจุดหลอมเหลวสูงกว่า และช่วงของจุดหลอมเหลวแคบกว่า แนพทาลีนไม่บริสุทธิ์

(ตัวอย่างรายงานการทดลองที่ 1.5)

รายงานการทดลอง

วันที่

การทดลองที่ 1.5 ความสามารถในการละลายของสาร

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบสมบัติการละลายของสารตัวอย่างในน้ำ

- วิธีทำ
1. ใ้กระบอกตวง ตวงน้ำครึ่งละ 5 cm³ ใส่ลงในหลอดทดลอง จำนวน 6 หลอด
 2. ตักสารตัวอย่าง คำนวณน้ำหนักเท่า ๆ กัน แต่ละชนิดใส่ลงในหลอดทดลอง ซึ่งได้บรรจุน้ำไว้แต่ละหลอด คนหรือเขย่าเบา ๆ สังเกตและบันทึกผล

ผลการทดลอง

ชื่อสาร	ความสามารถในการละลาย
1. น้ำตาลทราย	ละลายได้หมด และละลายได้เร็ว
2. แอมโมเนียม	ไม่ละลาย
3. ผงชูรส	ละลายได้หมด และละลายได้เร็วมาก
4. เกลือแกง	ละลายได้หมด
5. เลค (II) ในเตตรต	ละลายได้หมด แต่ช้ากว่าผงชูรส
6. คัลเซียมคาร์บอเนต	ทำให้น้ำเป็นสีขาวขุ่น และเมื่อตั้งทิ้งไว้ผงสีขาวจะนอนก้นหมด จึงถือว่าไม่ละลาย

สรุปผลการทดลอง

สารต่าง ๆ มีสมบัติการละลายต่างกันดังนี้ บางชนิดละลายได้เร็ว บางชนิดละลายได้ช้า และบางชนิดไม่ละลาย

(ตัวอย่างรายงานการทดลองที่ 1.6)

รายงานการทดลอง

วันที่.....

การทดลองที่ 1.6 การนำไฟฟ้าและความเป็นกรดของของเหลว

วัตถุประสงค์ เพื่อตรวจว่าของเหลวซึ่งมีลักษณะเหมือนกันเป็นสารชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน

วิธีทำ ตรวจจับของเหลวตัวอย่างแต่ละชนิดใส่ลงในหลอดทดลอง แต่ละหลอดแล้วใช้แท่งแก้วแตะของเหลวแต่ละชนิดมาหยดลงบนกระดาษลิตมัสทั้งสีแดงและสีน้ำเงิน ค่อยไปกลุ่มปลายหลอดหัวนำของเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าลงในของเหลวแต่ละชนิด สังเกตและบันทึกผล

ผลการทดลอง

ชนิดที่	ของเหลวตัวอย่าง		การนำไฟฟ้า
1.	น้ำ	เป็นกลาง	ไม่นำ
2.	สารละลายน้ำตาลทราย	เป็นกลาง	ไม่นำ
3.	สารละลายเกลือแกง	เป็นกลาง	นำ
4.	สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	เป็นเบส	นำ
5.	กรดไฮโดรคลอริก	เป็นกรด	นำ

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างการนำไฟฟ้าและความเป็นกรดเป็นเบสของของเหลวตัวอย่าง เป็นดังนี้
ของเหลวที่นำไฟฟ้า อาจเป็นกรด เป็นเบส หรือเป็นกลางก็ได้ ส่วนของเหลวที่ไม่นำไฟฟ้า จะเป็นกลางเท่านั้น

(ตัวอย่างรายงานการทดลองที่ 1.7)

รายงานการทดลอง

วันที่.....

การทดลองที่ 1.7 การกลั่นของเหลว

วัตถุประสงค์ เพื่อใช้การกลั่นเป็นวิธีทดสอบว่าของเหลวที่มีลักษณะภายนอกเหมือนกันเป็นสารชนิดเดียวกันหรือไม่

- วิธีทำ 1. ตวงสารตัวอย่างใส่ลงในหลอดทดลอง แล้วใส่เศษกระดาษที่สะอาดลงไป แล้วปิดหลอดด้วยขลุ่ยยางซึ่งได้เสียบเทอร์โมมิเตอร์ และท่อสำหรับให้อากาศออกไว้แล้ว นำหลอดไปยึดไว้กับที่จับหลอดทดลองซึ่งติดอยู่กับขาตั้ง
2. ต้มของเหลวในหลอดให้ร้อนขึ้นช้า ๆ จนเดือด คอยอ่านอุณหภูมิที่เทอร์โมมิเตอร์ และบันทึกไว้เมื่อกลั่นของเหลวได้ทุก ๆ 1 cm³ จนครบ 5 cm³

ผลการทดลอง

เหลวที่ใช้กลั่น	อุณหภูมิ (°C) เมื่อเก็บของเหลวได้ทุก ๆ 1 cm ³					
	1	2	3	4	5	
เหลวชนิดที่ 1	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	
เหลวชนิดที่ 2	99.2	99.2	99.3	99.3	99.4	

สรุปผลการทดลอง จะเห็นว่าจุดเดือดของของเหลวสองชนิดนี้ ต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่ก็พอจะสรุปได้ว่าเป็นของเหลวต่างชนิดกัน เนื่องจาก

- ของเหลวชนิดที่ 1 มีจุดเดือดคงที่
- ของเหลวชนิดที่ 2 มีจุดเดือดไม่คงที่และต่ำกว่าชนิดที่ 1

(ตัวอย่างรายงานการทดลองที่ 1.8)

รายงานการทดลอง

วันที่

การทดลองที่ 1.8 การแยกสารละลายโดยวิธีโครมาโตกราฟี

วัตถุประสงค์ เพื่อใช้วิธีโครมาโตกราฟี สำหรับทดสอบความบริสุทธิ์ของสารและใช้แยกสารต่าง ๆ ออกจากกัน

วิธีทำ ตักกระดาษกรองจากเส้นรอบวงเข้าหาศูนย์กลาง เพื่อให้ได้แถบกระดาษซึ่งกว้าง 1 เซนติเมตร แล้วพับเป็นมุมฉากที่ศูนย์กลาง หยกของเหลวตัวอย่างลงที่จุดศูนย์กลางของกระดาษกรอง แล้วนำไปวางบนมิกเกอร์ซึ่งบรรจุน้ำพोटัสเซียมพลายกระดาษกรองของส่วนที่ตัดออก สังเกตการเคลื่อนที่ของน้ำพร้อมทั้งวงสีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

ผลการทดลอง

สารที่ใช้	ผลการสังเกต
1. หมึกดำ (ควีน)	มีแถบสี 3 แถบ คือ สีเขียวอยู่นอกสุด ถัดเข้ามาเป็นสีเหลือง และสีน้ำเงิน ตามลำดับ
2. หมึกสีน้ำตาล (นีโอเมจิก)	มีแถบสี 3 แถบ คือ สีม่วงอยู่นอกสุด ถัดเข้ามาเป็นสีแดง และสีเหลือง ตามลำดับ
3. หมึกสีน้ำเงิน (เกอา)	มีแถบสีน้ำเงินสีเขียวเหมือนกันตลอด

สรุปผลการทดลอง จากผลการทดลองพบว่า ส่วนที่เป็นสีของหมึกดำ (ควีน) และหมึกสีน้ำตาล (นีโอเมจิก) เป็นสารละลาย เพราะประกอบด้วยสารหลายชนิด ส่วนหมึกสีน้ำเงิน (เกอา) เป็นสารบริสุทธิ์ เพราะประกอบด้วยสารเพียงชนิดเดียว

(ตัวอย่างรายงานการทดลองที่ 1.9)

รายงานการทดลอง

วันที่

การทดลองที่ 1.9 การแยกของผสมเนพธาลินและเกลือแกงออกจากกัน

วัตถุประสงค์ เพื่อใช้ความสามารถในการละลายของสาร รวมทั้งใช้เทคนิคการกรอง สำหรับแยกสารต่าง ๆ ที่ปนกันอยู่

วิธีทำ นำของผสมมาละลายน้ำ แล้วกรองแยกเอาส่วนที่ไม่ละลายออกไป ทิ้งไว้ ก็นำของเหลวที่กรองได้ไปเคี่ยวให้น้ำระเหยไป เพื่อให้ได้ของแข็งที่ละลาย น้ำได้คืนมา

ผลการทดลอง

เมื่อเติมน้ำลงไปลงในของผสมและใช้แท่งแก้วคน ปรากฏว่ามีของแข็งสีขาวลอยอยู่บนผิวน้ำ อาจมีของแข็งบางส่วนละลายน้ำก็ได้ เมื่อกรองจะได้ของแข็ง ส่วนที่ไม่ละลายเป็นผงละเอียดสีขาวค้างอยู่บนกระดาษกรอง

เมื่อนำของเหลวที่กรองได้ไปเคี่ยวจนงวด จะได้ของแข็งสีขาวเหลืออยู่ในถ้วย กระเบื้อง ลักษณะเป็นผงละเอียด

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นว่าสามารถแยกของผสมได้สำเร็จ เพราะส่วนหนึ่งไม่ละลายน้ำกรองแยกออกได้ อีกส่วนหนึ่งละลายน้ำได้ ซึ่งเมื่อนำไปเคี่ยวก็จะได้ของแข็งส่วนนี้กลับคืนมา

(ตัวอย่างรายงานการทดลองที่ 1.10)

รายงานการทดลอง

วันที่

การทดลองที่ 1.10 การเผาสารและทดสอบก๊าซที่เกิดขึ้น

วัตถุประสงค์ เพื่อทดลองละลายสารบริสุทธิ์ออกเป็นองค์ประกอบย่อย และทำการทดสอบสมบัติขององค์ประกอบย่อยด้วย

วิธีทำ เผาสารตัวอย่าง 3 ชนิดในหลอดทดลอง แล้วทดสอบสมบัติของก๊าซที่เกิดขึ้นโดยใช้น้ำปูนใสสำหรับสารที่ 1 กระดาษลิตมัสสำหรับสารที่ 2 และทดสอบการช่วยให้ไฟติดสำหรับสารที่ 3 พร้อมทั้งสังเกตสมบัติของสารที่เหลืออยู่ในหลอดด้วย

ผลการทดลอง

สารที่ใช้เผา	ลักษณะเดิมของสารที่ใช้เผา	สมบัติของสารที่	
		เหลืออยู่ในหลอด	หนีออกไปจากหลอด
1. คอปเปอร์ (II) คาร์บอเนต	ผงสีเขียวอ่อน	ผงสีดำ	ก๊าซไม่มีสี ทำให้ น้ำปูนใสขุ่นขาว
2. เลด (II) ไนเตรต	ผงสีขาว	ของแข็งสีเหลือง	ก๊าซสีน้ำตาลแดง เป็นกรดคอปอลิตมัส
3. เมอร์คิวรี (II) ออกไซด์	ผงสีน้ำตาลแดง	ของเหลวสีเทา คล้ายเงิน	ก๊าซไม่มีสี ช่วยให้ ไฟติด

สรุปผลการทดลอง

จะเห็นว่าสารทั้ง 3 ชนิดที่ใช้เผามีองค์ประกอบเป็นสารต่างชนิดกัน เพราะทั้งองค์ประกอบที่เหลืออยู่ในหลอด และองค์ประกอบที่หนีไปจากหลอดมีสมบัติต่างกันทั้ง 3 ชนิด

(ตัวอย่างรายงานการทดลองที่ 1.11)

รายงานการทดลอง

วันที่

การทดลองที่ 1.11 การผ่านกระแสไฟฟ้าลงในน้ำ

วัตถุประสงค์ เพื่อใช้พลังงานไฟฟ้าแยกสลายสารบริสุทธิ์ออกเป็นองค์ประกอบย่อย และทำการทดสอบสมบัติขององค์ประกอบย่อยด้วย

วิธีทำ บรรจุน้ำป้อนกรวดลงในเครื่องแยกน้ำด้วยไฟฟ้า และบรรจุน้ำที่จะทดลองลงในหลอดทดลองนำไปคว่ำให้ครบบนแท่งอิเล็กโทรดทั้งสอง ต่อเครื่องมือเข้ากับวงจรไฟฟ้า เมื่อได้ก๊าซเกิดขึ้นเต็มหลอดก็ทำการทดสอบการติดไฟของก๊าซที่เกิดจากขั้วลบ และทดสอบการช่วยให้ไฟติดของก๊าซจากขั้วบวก

ผลการทดลอง

เมื่อต่อวงจรไฟฟ้าแล้วปรากฏว่า มีก๊าซไม่มีสีเกิดขึ้นแทนที่น้ำในหลอดทั้งสอง ก๊าซทั้งสองมีปริมาตรต่างกันทั้ง ๆ ที่ใช้เวลาเก็บเท่า ๆ กัน ก๊าซที่เกิดขึ้นที่ขั้วลบมีปริมาตรมากกว่า เมื่อจุดไม้ขีดมารอรับก๊าซนี้ปรากฏว่ามีเสียงเกิดขึ้น ซึ่งแสดงว่าก๊าซนี้ติดไฟได้ ส่วนก๊าซที่เกิดขึ้นที่ขั้วบวกนั้น มีปริมาตรน้อยกว่าและช่วยให้ไฟติด

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นว่า น้ำซึ่งเป็นสารบริสุทธิ์มีองค์ประกอบย่อยเป็นก๊าซไม่มีสี 2 ชนิด ก๊าซจากขั้วบวกช่วยให้ไฟติด ส่วนก๊าซจากขั้วลบติดไฟได้

(ตัวอย่างรายงานการทดลองที่ 1.12)

รายงานการทดลอง

วันที่

การทดลองที่ 1.12 ปฏิกริยาระหว่างทองแดงกับกำมะถัน

วัตถุประสงค์ เพื่อใช้พลังงานความร้อนทำการสังเคราะห์สารประกอบขึ้นจากธาตุ

วิธีทำ บรรจุทองแดงและกำมะถันลงในหลอดทดลองหลอดเดียวกัน แล้วเผาหลอดทดลองจนสารทั้งสองเกิดการรวมตัวกัน ต่อไปก็เผาไล่กำมะถันที่เหลือให้ออกไปจากหลอด เมื่อเย็นลงก็สังเกตสมบัติของสารที่ได้จากการเผา

ผลการทดลอง

สาร	สี	ความแข็งหรือเปราะ	ลักษณะความมันบนผิว
1. ทองแดง	น้ำตาลแกมแดง	เหนียว	เป็นมัน
2. กำมะถัน	เหลือง	ไม่เหนียว และไม่แข็ง	ไม่เป็นมัน
3. สารที่ได้ จากการเผา	ดำ	เปราะ	ไม่เป็นมัน

สรุปผลการทดลอง

เมื่อเผาทองแดงกับกำมะถัน จะได้สารใหม่เกิดขึ้น เนื่องจากสารที่ได้มีสมบัติหลายประการแตกต่างจากสารเดิมก่อนเผา

(ตัวอย่างรายงานการทดลองที่ 1.13)

รายงานการทดลอง

วันที่

การทดลองที่ 1.13 พลังงานกับการละลาย

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาว่า เมื่อสารบางอย่างละลายน้ำจะมีการถ่ายเทพลังงานเกิดขึ้นหรือไม่ และเป็นการเปลี่ยนแปลงประเภทดูดหรือคายความร้อน

วิธีทำ ตวงน้ำปริมาตรเท่า ๆ กัน ใส่ลงในหลอดทดลอง 3 หลอด วัดอุณหภูมิของน้ำบันทึกไว้ แล้วใส่สารตัวอย่างแต่ละชนิดหนักเท่า ๆ กันลงในแต่ละหลอด วัดอุณหภูมิขณะที่สารตัวอย่างละลายน้ำ

ผลการทดลอง

สารตัวอย่างที่ละลายในน้ำ	อุณหภูมิ ณ สภาวะเริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิ ณ สภาวะขั้นสุดท้าย (°C)
1. โปตัสเชียมไนเตรท	30.0	25.4
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์	30.0	78.0
3. กรดซัลฟริกเข้มข้น	30.0	34.8

สรุปผลการทดลอง

การละลายของโปตัสเชียมไนเตรท เป็นการเปลี่ยนแปลงประเภทดูดความร้อน

การละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์และกรดซัลฟริกเป็นการเปลี่ยนแปลง

ประเภทคายความร้อน

(ตัวอย่างรายงานการทดลองที่ 1.14)

รายงานการทดลอง

วันที่

การทดลองที่ 1.14 พลังงานกับปฏิกิริยาเคมี

วัตถุประสงค์ เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงพลังงานขณะเกิดปฏิกิริยาเคมี

- วิธีทำ
1. ตักโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตใส่ลงในถ้วยกระเบื้อง แล้วหยดกลีเซอรอลลงบนโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
 2. ผสมผลิตภัณฑ์แบเรียมไฮดรอกไซด์กับผลิตภัณฑ์อะมโมเนียมไฮดรอกไซด์ในบีกเกอร์ แล้วคนให้เข้ากัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

ผลการทดลอง

1. เมื่อหยดกลีเซอรอลลงบนโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตสักครู่จะเห็นควันขาว ๆ เกิดขึ้น มีเสียงดังเหมือนถ่านแตกและมีเปลวไฟขณะเกิดปฏิกิริยา ของแข็งในถ้วยกระเบื้องมีลักษณะคล้ายถ่านไฟแดง ๆ เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดจะเหลือของแข็งสีดำ มีบางส่วนเป็นสีน้ำตาลและสีเขียว เมื่อจับภาชนะรู้สึกวอร์มขึ้น
2. เมื่อผสมผลิตภัณฑ์แบเรียมไฮดรอกไซด์กับผลิตภัณฑ์อะมโมเนียมไฮดรอกไซด์แล้วคนให้เข้ากัน จะมีของเหลวเกิดขึ้น เบื่อกมจะไค้กลิ่นคล้ายกาซอัมโมเนีย มีไอน้ำมาเกาะที่คานนอกของภาชนะ เมื่อใช้มือจับคานนอกภาชนะจะรู้สึกวอร์มขึ้น

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่าเกิดปฏิกิริยาเคมีทั้งสองปฏิกิริยา เพราะมีสารใหม่เกิดขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานเกิดขึ้นกับระบบ

ปฏิกิริยาของกลีเซอรอลกับโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ส่วนปฏิกิริยาของแบเรียมไฮดรอกไซด์กับอะมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน

ประวัติย่อของผู้เขียน

ชื่อ นายบรรชา รัตนวัย

เกิด วันที่ 25 ตุลาคม 2489 ที่ตำบลบางจาก อำเภอมะนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช
การศึกษา

- ป. 1 - 3 จากโรงเรียนบ้านในหูก อำเภอลำสนธิ จังหวัดลพบุรี
- ป. 4 จากโรงเรียนวัดธาราวดี อำเภอมะนัง นครศรีธรรมราช
- ม. 1 - 6 จากโรงเรียนเบญจมราชูทิศ นครศรีธรรมราช
- ป.กศ. จากโรงเรียนฝึกหัดครู นครศรีธรรมราช
- พ.ม. จากสนามสอบจังหวัดยะลา
- กศ.บ. (เคมี) จากวิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร
- กศ.ม. (เคมี) จากวิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร

การทำงาน

- ครู โรงเรียนบ้านตะโละพะลอ อำเภอรามัน จังหวัดยะลา
- ครู โรงเรียนเพิ่มวิทยามูลนิธิ อำเภอนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช
- ครู โรงเรียนช่างกลไทยสุริยะ กรุงเทพมหานคร
- ครู โรงเรียนรุจิเรขวิทยา กรุงเทพมหานคร
- ครู โรงเรียนสมาคมโรงเรียนราษฎร์ กรุงเทพมหานคร