

รายงานการวิจัย

การวิจัยเพื่อพัฒนาชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิชาเคมีอนินทรีย์ 2

THE RESEARCH FOR DEVELOPING THE MODULES ON INORGANIC CHEMISTRY LABORATORY II

โดย

รศ.อุดีวรรณ	บุญะรัตน์
ผศ.อุบล	พุ่มสะอาด
ผศ.โสภา	สิมะรัมย์อำไพ
ผศ.นิตยา	แซ่ซิม

ฝ่ายวิจัยและพัฒนาหลักสูตร โครงการ พวส.

สำนักงานสภาพัฒนาการศึกษาระดับปริญญาตรี

2544

งานวิจัยนี้

ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาการเรียนการสอน

วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ในสถาบันราชภัฏ

ประจำปีงบประมาณ 2544

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ชื่อเรื่อง	การวิจัยเพื่อพัฒนาชุดการเรียนรู้การสอนปฏิบัติการวิชา เคมีอินทรีย์ 2
ผู้วิจัย	รศ.ฤดีวรรณ บุญยะรัตน์ ผศ.อุบล พุ่มสะอาด ผศ.โสภา สิมะรักษ์อำไพ ผศ.นิตยา แซ่ซิ้ม
สาขาที่ทำการวิจัย	เคมี
ทำการวิจัยเสร็จเรียบร้อย	2545

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาชุดการเรียนรู้การสอนปฏิบัติการวิชาเคมีอินทรีย์ 2 ซึ่งเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเปิดโอกาสให้ใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์อย่างเต็มที่ โดยได้ทำการสร้างบทเรียนสำเร็จรูปพร้อมคู่มือครู 6 ชุด เนื้อหาของชุดการเรียนรู้การสอน สอดคล้องกับหลักสูตรสถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา 2543 ในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 และได้นำชุดการเรียนรู้การสอนนี้ทดลองใช้กับนักศึกษากลุ่มตัวอย่างในสถาบันราชภัฏ จำนวน 360 คน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้การสอนทั้ง 3 ด้าน คือ เกรดคติ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา และประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ ชุดการเรียนรู้การสอน แบบสอบถามวัดเจตคติ และแบบประเมินตนเองก่อนและหลังการใช้ บทเรียนสำเร็จรูป การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสอบถามวัดเจตคติของนักศึกษาที่มีต่อบทเรียนสำเร็จรูป ทุกชุด พบว่า นักศึกษาสถาบันราชภัฏมีเจตคติที่ดีต่อบทเรียนสำเร็จรูปในทุก ๆ ด้าน อยู่ในระดับ ดี (3.50 – 4.49) เช่น วัดผลประจักษ์ชัดเจน เนื้อหากระชับและชัดเจน ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างใช้ ความคิดและเหตุผล และเปิดโอกาสให้ใช้เครื่องมืออย่างเต็มที่ ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป ทุกชุด มีความแตกต่างกัน โดยหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูปนักศึกษามีการเรียนรู้ที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูปแต่ละชุดอยู่ในเกณฑ์ กำหนด $E_1 : E_2 = 75 : 75$ โดยมีค่าเบี่ยงเบนได้ $\pm 5\%$ เมื่อ E_1 เป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ของคะแนนจากรายงานผลการศึกษาบทเรียน E_2 เป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ของคะแนน จากแบบประเมินตนเองเมื่อสิ้นสุดการดำเนินกิจกรรมในบทเรียนสำเร็จรูปแต่ละชุด

Research Title : The Research for Developing the Modules on Inorganic Chemistry Laboratory II

Author : Assoc. Prof. Reudeewan Bunyarat

Asst. Prof. Ubon Pumsaard

Asst. Prof. Sopa Simarugumpai

Asst. Prof. Nittaya Saesim

Field : Chemistry

Research Year : 2002

Abstract

The purpose of this research is to develop the modules on Inorganic Chemistry laboratory II which designed to improve students' scientific skills are provided in order to enhance students' opportunities to utilize the scientific equipment. Through this process, six modules were constructed. The contents of all modules corresponded to Rajabhat Institute curriculum 2000 cover Inorganic Chemistry Laboratory II.

Population in this study was 360 Rajabhat undergraduates. This study was separated into three parts, firstly participants' attitude, secondly, participants' achievements and finally, the efficiency of the modules. The tools were, modules, attitude questionnaire and pre-test and post-test. SPSS for Window was used to analyze the data.

The findings showed that participants had positive attitude towards all modules. Logical thinking was achieved through the process of module interaction. All modules helped create students ability to utilize the installed scientific equipment. Participants gained more knowledge from studying all modules at the level of 0.05 statistically significant. The efficiency of all modules were in the criteria $E_1 : E_2 = 75 : 75$. This was accepted for the error $\pm 5\%$ where E_1 was the 75% average score from module study report E_2 was the 75% average score from the post-test.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

Abstract

สารบัญ

สารบัญตาราง

บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การสอนแบบปฏิบัติการ	4
2.2 ชุดการเรียนรู้การสอนหรือ โมดูล	5
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	8
3.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	8
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	8
3.3 การสร้างเครื่องมือ	8
3.4 การทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป	10
3.5 การรวบรวมข้อมูล	12
บทที่ 4 ผลการวิจัย	13
4.1 เจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป	13
4.2 ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา	28
4.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป	29
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	30
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	30
5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.3 สรุปผลการวิจัย	30
5.4 ข้อเสนอแนะ	31
บรรณานุกรม	32
ภาคผนวก	34
ภาคผนวก ก การหาประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป	35
ภาคผนวก ข เครื่องมือวิจัย	57
ภาคผนวก ค ตัวอย่างบทเรียนสำเร็จรูป และคู่มือครู	59

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1.1 รายละเอียดและระยะเวลาในการดำเนินงาน	3
ตาราง 3.1 ชื่อบทเรียนสำเร็จรูปในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 ผู้วิจัย และสถาบันต้นสังกัด	9
ตาราง 4.1 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อวัตถุประสงค์ของบทเรียนสำเร็จรูป	13
wind 4.2 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อความชัดเจนของขั้นตอนในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป	14
ตาราง 4.3 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อโอกาสการใช้เครื่องมือในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป	15
ตาราง 4.4 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อความสนุกเพลิดเพลินของการทดลองในบทเรียนสำเร็จรูป	16
ตาราง 4.5 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อการเรียนรู้ โดยใช้ความคิดและเหตุผลของบทเรียนสำเร็จรูป	17
ตาราง 4.6 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อวิธีการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปในด้านความง่าย กระชับ และชัดเจน	18
ตาราง 4.7 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อความเข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป	19
ตาราง 4.8 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อความยากของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป	20
ตาราง 4.9 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อความยาวของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป	21
ตาราง 4.10 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อความยากของศัพท์ที่ใช้ในบทเรียนสำเร็จรูป	22
ตาราง 4.11 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อรูปภาพประกอบในบทเรียนสำเร็จรูปที่ทำให้เกิดความเข้าใจบทเรียน สำเร็จรูป	23

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตาราง 4.12 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อคำถามของบทเรียนสำเร็จรูปและความสามารถตอบคำถามในบทเรียน สำเร็จรูป	24
ตาราง 4.13 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อความเข้าใจคำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูปและความสามารถ ในการปฏิบัติตามคำสั่งหรือคำชี้แจง	25
ตาราง 4.14 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อเวลาที่กำหนดของบทเรียนสำเร็จรูป	26
ตาราง 4.15 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อแบบประเมินตนเองของบทเรียนสำเร็จรูป	27
ตาราง 4.16 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า t ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักศึกษาก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป	28
ตาราง 4.17 ประสิทธิภาพและความก้าวหน้าในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป	29

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเรียนภาคปฏิบัติการนับว่าเป็นหัวใจสำคัญในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพราะนอกจากจะทำให้เข้าใจภาคทฤษฎีได้อย่างลึกซึ้งแล้ว การปฏิบัติการยังช่วยกระตุ้นให้นักศึกษาเกิดจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการหากระบวนการและวิธีการต่าง ๆ หรือมีความคิดที่สมเหตุสมผลทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งมีเจตคติที่ดี

สภาพปัจจุบันที่เป็นอยู่ต้องยอมรับว่าการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการวิชาเคมีในสถาบันราชภัฏยังไม่ทันกับความก้าวหน้าใหม่ ๆ ซึ่งเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และไม่สามารถใช้การทดลองเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอดในเรื่องต่าง ๆ ได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะขาดปัจจัยสนับสนุนหลาย ๆ ด้านรวมทั้งชุดการเรียนการสอนที่จะใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวด้วย ด้านเจ้าหน้าที่ถึงความสำคัญในเรื่องนี้ ประกอบกับทางสถาบันได้รับการสนับสนุนจากโครงการพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ในสถาบันราชภัฏ ในเรื่อง อุปกรณ์ เครื่องมือ และวัสดุวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น จึงได้คิดวิจัยเพื่อพัฒนาชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิชาเคมีอนินทรีย์ 2 ชั้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิชาเคมีอนินทรีย์ 2 ซึ่งประกอบด้วยบทเรียนสำหรับรูป และคู่มือครู
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอนให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งแบ่งเป็นสามด้าน คือ
 - 1) เจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูปให้อยู่ในระดับดี (3.50 – 4.49)
 - 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาภายหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป มีความรู้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3) ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูปอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด $E_1/E_2 = 75/75$ โดยมีค่าเบี่ยงเบนได้ $\pm 5\%$

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิชาเคมีอินทรีย์ 2
2. ชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิชาเคมีอินทรีย์ 2 ได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพทั้งสามด้าน คือ

- 1) เจตคติของผู้ใช้บทเรียนสำเร็จรูป
- 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา
- 3) ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. สร้างชุดการเรียนการสอนซึ่งประกอบด้วยบทเรียนสำเร็จรูปและคู่มือครู จำนวน 6 ชุด ได้แก่

- 1) สถานะออกซิเดชันของธาตุแทนแทนซ์
- 2) การเตรียมและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารเชิงซ้อน
- 3) การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปีของสารเชิงซ้อน
- 4) ไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[\text{Co}(\text{en})_3]^{3+}$
- 5) ความเข้มข้นโมลิกอนต์
- 6) พลังยึดจับและสมมาตรของโมเลกุล

2. ทดสอบใช้บทเรียนสำเร็จรูปเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูปเป็นรายบุคคล รายกลุ่ม และทดสอบภาคสนาม ณ สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม สุรินทร์ พระนครศรีอยุธยา และมหาสารคาม ทั้งนี้รวมทั้งการทดสอบวัดเจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป และทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาภายหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นพื้นฐานการวิจัยในรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การสอนแบบปฏิบัติการ (Laboratory approach)

การสอนแบบปฏิบัติการ มีวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้บรรลุ 2 ประการ คือ การเรียนรู้เทคนิคปฏิบัติการ และการเข้าใจกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ตามหลักวิทยาศาสตร์ ซึ่งวัตถุประสงค์ข้อนี้มีความสำคัญพื้นฐานต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นการเรียนภาคปฏิบัติการจึงเป็นโอกาสที่ดีที่สุดสำหรับให้นักศึกษาเข้าใจเรื่องนี้ มีเหตุผลสำคัญ ๆ ที่ทำให้เราคิดว่าการพัฒนาการเรียนการสอนควรเป็นการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการ เนื่องจาก ประการที่หนึ่ง ความก้าวหน้าและเพิ่มพูนของวิทยาการต่าง ๆ ที่มีอยู่มากมายทุก ๆ วัน วิธีสอนที่จะนำวิทยาการเหล่านี้มาให้ผู้เรียนรับรู้ได้ในเวลาที่เท่าเดิมนั้น คือ การสอนที่ต้องเน้นกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ ประการที่สอง เป็นการสอนให้ผู้เรียน คิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น เพื่อให้ผู้เรียนพร้อมที่จะรับสถานการณ์ในปัจจุบันและอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สิปปนนท์ เกตุทัต (สกุลอักษรณ เข็มมถนอม, 2543) กล่าวว่า จุดอ่อนของการศึกษาไทยไปเน้นองค์ความรู้ องค์ความรู้ด้วย ๆ กับของซึ่งมนุษย์รู้อยู่แล้ว วิธีการหาความรู้สำคัญยิ่งกว่าองค์ความรู้มหาศาล

ลาวัลย์ พลกล้า (2523) ได้ให้ข้อคิดว่า การสอนแบบปฏิบัติการเป็นวิธีการสอนที่ผู้เรียนได้เรียนจากการปฏิบัติการจริง เป็นการเรียนจากประสบการณ์ตรง นักเรียนได้ทดลองปฏิบัติ เสาะหาข้อมูล ค้นหาวิธีการและกระบวนการด้วยตนเอง การสอนแบบปฏิบัติการมีลักษณะสำคัญ คือ ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่เป็นรูปธรรม มีการจัดบันทึกข้อมูล ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมดนักเรียนเป็นผู้กระทำ ส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ นักเรียนเรียนตามความสามารถ ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ การเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง นักเรียนมีหน้าที่ในการปฏิบัติกิจกรรมที่ครูเสนอแนะไว้ อันนำไปสู่การค้นพบ กฎ สูตร ข้อมูลด้วยตนเอง ครู

เป็นผู้จัดสื่อการเรียน แนะนำและอำนวยความสะดวกให้ และลาวัลย์ พลกล้า ได้สรุปคุณค่าของการสอนแบบปฏิบัติการไว้ดังนี้

1. ช่วยให้นักเรียนเกิดข้อสรุปในเรื่องนั้น ๆ เกิดจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการหากระบวนการและวิธีการต่าง ๆ
2. จากกิจกรรมที่ปฏิบัติจริง ทำให้เกิดข้อสรุปในเรื่องนั้น ๆ เกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ ทำให้เกิดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้
3. ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ผู้เรียนทำกิจกรรมตลอดเวลา
4. การเรียนแบบปฏิบัติการทำให้ผู้เรียนไม่เคร่งเครียด ทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชา
5. เปิดโอกาสในการนำปัญหาต่าง ๆ มาให้นักเรียนคิด เวิร์ให้เกิดความกระตือรือร้นในการแก้ปัญหา

ยุพิน พิพิธกุล (2523) ได้เสนอข้อดีของวิธีการสอนแบบปฏิบัติการไว้ดังนี้

1. นักเรียนสนใจเพราะได้ทำสิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง
2. การเรียนแบบบูรณาการ ไปสู่นามธรรม และการเรียนโดยการกระทำ
3. ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาวิชาได้ชัดเจนขึ้นและสามารถค้นพบความจริงด้วยตนเอง
4. ผู้เรียนมีอิสระในการทำงานและมีพัฒนาการเป็นรายบุคคล ทำให้เกิดความเชื่อมั่นในตนเอง
5. ผู้เรียนประสานงานกันและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเมื่อทดลองเป็นกลุ่ม
6. เมื่อผู้เรียนทดลองแล้วประสบผลสำเร็จทำให้มีกำลังใจในการเรียน
7. ผู้เรียนจะใช้มือได้คล่องแคล่วขึ้นเพราะจะต้องจับเครื่องมือหรือวัสดุ
8. ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาวิชาบางเรื่องได้ดีที่สุดจากการเรียนปฏิบัติการ

2.2 ชุดการเรียนการสอน หรือโมดูล (Module)

ฮุสตันและคณะ (Houston and others, 1972) ได้สรุปลักษณะสำคัญของบทเรียนโมดูลไว้ว่า บทเรียนโมดูลเป็นบทเรียนสำเร็จรูปเน้นตัวผู้เรียนเป็นสำคัญ มีจุดมุ่งหมายชัดเจนเป็นการเรียนรายบุคคลตามความสามารถของแต่ละบุคคล เลือกทำกิจกรรมได้ตามความสนใจและเน้นที่กระบวนการ

พาร์สัน และคณะ (Parson and others, 1976) ให้ความหมายว่า บทเรียนโมดูลเป็น บทเรียนที่นักเรียนสามารถเรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่งได้ด้วยตนเองอย่างสะดวกตามความสามารถของตน จะใช้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มก็ได้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และวาสนา ทวีกุลทรัพย์ (นิคม ทาแดง และคณะ, 2544) ให้ความหมายว่า โมดูลเป็นหน่วยการสอนย่อยที่มีความสมบูรณ์ในตัวเอง เป็นชุดการสอนรายบุคคล ในรูปสื่อพิมพ์ หรือสไลด์ทัศน์ หรือคอมพิวเตอร์ ที่เสนอเนื้อหาสาระซึ่งได้มีการวิเคราะห์และจำแนกไว้เป็นหน่วยย่อยที่สุดที่บรรจุเนื้อหาไว้สมบูรณ์สำหรับแต่ละเรื่อง โดยมีส่วนประกอบที่ขาดไม่ได้ 6 ส่วน คือ การประเมินตนเองก่อนเรียน สิ่งจัดแนวคิดล่วงหน้าในรูปแผนการเรียน เนื้อหาสาระ กิจกรรม การเรียน แนวตอบ และการประเมินตนเองหลังเรียน

พระเจ้า เกื้อกูล (2540) ได้วิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชา วงจรไฟฟ้า 1 เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง จากการสอนโดยใช้บทเรียนโมดูล และการสอนปกติ การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนโมดูล เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง ในวิชาวงจรไฟฟ้า 1 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นสูง พุทธศักราช 2540 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างการสอนโดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนโมดูลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 6 บทเรียน และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยทดลองกับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี การทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนโมดูล ดำเนินการเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 นำบทเรียนโมดูลทดลองกับนักศึกษาจำนวน 1 คน นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข ขั้นที่ 2 ทดลองกับนักศึกษา จำนวน 6 คน นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งหนึ่ง ขั้นที่ 3 ทดลองภาคสนามกับนักศึกษา จำนวน 20 คน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนโมดูล หลังจากนั้นจึงดำเนินการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง ระหว่างนักศึกษากลุ่มทดลอง จำนวน 20 คน ที่เรียนจากการสอนโดยใช้บทเรียนโมดูลกับนักศึกษากลุ่มควบคุม จำนวน 20 คน ที่เรียนจากการสอนปกติ ผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนโมดูลที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.65/84.75 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลองสูงกว่านักศึกษากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

สุวัฒนา คันน์ (2542) ได้วิจัยการพัฒนาบทเรียนสำเร็จรูปวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง “สารอาหาร” และการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียน โดยบทเรียนสำเร็จรูปกับที่เรียน โดยการสอนปกติ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. สร้างบทเรียนสำเร็จรูปวิชาวิทยาศาสตร์ รหัสวิชา ว203 เรื่อง “สารอาหาร” สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนที่ใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับที่เรียนโดยวิธีสอนปกติในวิชาวิทยาศาสตร์ รหัสวิชา ว203 เรื่อง “สารอาหาร” สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลองโดยใช้แบบแผนการทดลองแบบ

Nonrandomized Pretest – Posttest Controlled Group Design กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2541 โรงเรียนลาดปลาเค้าพิทยาคม กรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 80 คน ที่ได้จากการเลือกนักเรียน 2 ห้อง จาก 13 ห้อง ที่มีค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสัมประสิทธิ์ความแปรผันใกล้เคียงกันมากที่สุด และจับฉลากแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 1 ห้อง ห้องละ 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนสำเร็จรูปวิชาวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การหาประสิทธิภาพบทเรียนสำเร็จรูป ตามเกณฑ์ 90/190 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียนบทเรียนสำเร็จรูป โดยใช้ t -test แบบ Dependent samples และการหาค่าเฉลี่ย การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับที่เรียนโดยวิธีสอนปกติในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารอาหารสำหรับระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ t -test แบบ Independent samples ในรูป Gain score ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า

1. บทเรียนสำเร็จรูปวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง “สารอาหาร” มีประสิทธิภาพ 93.32/192.32

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนบทเรียนสำเร็จรูปสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปวิชาวิทยาศาสตร์ ว203 เรื่อง “สารอาหาร” ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสูงกว่าที่เรียนโดยวิธีสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ชุดการเรียนการสอนที่สร้างขึ้น ได้นำไปทดลองใช้กับนักศึกษา โปรแกรมวิชาเคมี ระดับปริญญาตรี ใน 4 สถาบัน คือ สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม สถาบันราชภัฏศรีนคร สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา และสถาบันราชภัฏมหาสารคาม

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดการเรียนการสอน
2. แบบสอบถามวัดเจตคติ
3. แบบประเมินตนเองก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

3.3 การสร้างเครื่องมือ

1. สร้างชุดการเรียนการสอน

การสร้างชุดการเรียนการสอน มีขั้นตอนดังนี้

1) วิเคราะห์เนื้อหา

คณะผู้วิจัยได้นำหัวข้อเรื่องในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 ตามหลักสูตรสถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์ 2543 มาจัดทำเป็นชุดการเรียนการสอนได้ทั้งหมด 6 ชุด ชุดการเรียนการสอนแต่ละชุดประกอบด้วยบทเรียนสำเร็จรูป และคู่มือครู รายละเอียดของบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 3.1

ตาราง 3.1 ชื่อบทเรียนสำเร็จรูปในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 ผู้วิจัยและสถาบันต้นสังกัด

บทเรียนสำเร็จรูป	ผู้วิจัย	สถาบันต้นสังกัด
1. สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน	รศ.ฤดีวรรณ บุญยะรัตน์	พิบูลสงคราม
2. การเตรียมและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารเชิงซ้อน	ผศ.อุบล พุ่มสะอาด	พระนครศรีอยุธยา
3. การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปีของสารเชิงซ้อน	ผศ.โสภา สิมะรักษ์อำไพ	สุรินทร์
4. ไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[Co(en)_3]^{3+}$	รศ.ฤดีวรรณ บุญยะรัตน์	พิบูลสงคราม
5. ความเข้มข้นนามลิแกนด์	ผศ.นิตยา แซ่ซิ้ม	มหาสารคาม
6. ทฤษฎีกลุ่มและสมมาตรของโมเลกุล	รศ.ฤดีวรรณ บุญยะรัตน์	พิบูลสงคราม

2) เขียนเค้าโครงบทเรียนสำเร็จรูป

3) เขียนบทเรียนสำเร็จรูป ซึ่งประกอบด้วย

ก. จัดระเบียบโครงสร้างเนื้อหา

ข. กำหนดกิจกรรม

ค. เขียนแบบประเมินตนเองก่อนเรียน

ง. เขียนแบบประเมินตนเองหลังเรียน

4) สร้างและจัดหน่วยอบรม

5) เขียนคู่มือครู

2. สร้างแบบสอบถามวัดเจตคติ

แบบสอบถามวัดเจตคติ เป็นการตรวจสอบความพอใจของผู้เรียนต่อประเด็นต่าง ๆ ของบทเรียนสำเร็จรูป แบบสอบถามดังกล่าวใช้ตามแบบของ พล คำปึงส์ และคณะทำงาน (2543) รายละเอียดของแบบสอบถาม แสดงดังภาคผนวก ข.

3. สร้างแบบประเมินตนเองก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

ซึ่งสร้างให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ในแผนการเรียน

3.4 การทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

การทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูปใช้ตามแบบของชัยยงค์ พรหมวงศ์ และวาสนา ทวีกุลทรัพย์ (นิคม ทาแดง และคณะ, 2544) มีขั้นตอนดังนี้

1. เกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพ

ก่อนทดสอบประสิทธิภาพ ได้กำหนดเกณฑ์ในการทดสอบไว้ดังนี้

1) การทดสอบวัดเจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป หาได้จากความพอใจของผู้เรียนที่ได้รับจากการเรียนจากบทเรียนสำเร็จรูปในประเด็นต่าง ๆ

เกณฑ์การแปรผลมัชฌิมเลขคณิต	จากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติใช้
1.00 – 1.49	= ระดับต่ำ หรือ ไม่มี
1.50 – 2.49	= ระดับต่ำ
2.50 – 3.49	= ระดับปานกลาง
3.50 – 4.49	= ระดับดี
4.50 – 5.00	= ระดับดีมาก

การวิจัยครั้งนี้ ต้องการให้การทดสอบวัดเจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูปอยู่ในเกณฑ์ดี (3.50 – 4.49)

2) การทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือความก้าวหน้าในการเรียนของนักศึกษา หาได้จากผลต่างระหว่างแบบประเมินตนเองหลังเรียนและก่อนเรียน

เกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ หลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป นักศึกษามีการเรียนรู้ที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3) การทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

การทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป คำนวณจากสูตร $E_1; E_2$

$$E_1 = \frac{\sum X/n}{A} \times 100$$

เมื่อ E_1 = ประสิทธิภาพของกระบวนการ

X = คะแนนรวมของรายงานผลการศึกษาบทเรียน

A = คะแนนเต็มของรายงานผลการศึกษาบทเรียน

n = จำนวนนักศึกษา

$$E_2 = \frac{\sum F/n}{B} \times 100$$

เมื่อ E_2 = ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

F = คะแนนรวมของแบบประเมินตนเองหลังการใช้
บทเรียนสำเร็จรูป

B = คะแนนเต็มของแบบประเมินตนเองหลังการใช้
บทเรียนสำเร็จรูป

n = จำนวนนักศึกษา

เกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ $E_1:E_2 = 75:75$ โดยมีค่าเบี่ยงเบนได้ $\pm 5\%$

2. ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ

1) ทดลองใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับนักศึกษาเป็นรายบุคคล (1:1) ผู้สอน 1 **nu** กับนักศึกษา 1 **nu** โดยทดลอง 3 ครั้ง กับนักศึกษานานกลาง นักศึกษาอ่อน และนักศึกษาเก่ง นำผลที่ได้มาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด และทำการปรับปรุงแก้ไข ระหว่างเดือน เมษายน - พฤษภาคม 2544 ณ สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม สุรินทร์ พระนครศรีอยุธยา และมหาสารคาม

2) ทดลองใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับนักศึกษาเป็นรายกลุ่ม (1:10) **fnou** 1 **nu** กับนักศึกษา 10 **nu** โดยเลือกนักศึกษามีระดับสติปัญญาคละกัน นำผลที่ได้มาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด และทำการปรับปรุงแก้ไข ระหว่างภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 ณ สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม สุรินทร์ พระนครศรีอยุธยา และมหาสารคาม

3) ทดลองใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับนักศึกษาแบบภาคสนาม (1:>40) ผู้สอน 1 **nu** กับนักศึกษามากกว่า 40 คน ซึ่งมีนักศึกษาคละกัน นำผลที่ได้มาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด และทำการปรับปรุงแก้ไข ระหว่างภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 ณ สถาบันราชภัฏสุรินทร์ พระนครศรีอยุธยา และพิบูลสงคราม

3.5 การรวบรวมข้อมูล

1. ให้นักศึกษาทำแบบประเมินตนเองก่อนใช้บทเรียนสำเร็จรูป
2. นักศึกษาคำเนินกิจกรรมตามบทเรียนสำเร็จรูป และรายงานผลการศึกษบทเรียน
(ตอบคำถามท้ายบทเรียน)
3. ให้นักศึกษาทำแบบประเมินตนเองเพื่อสิ้นสุดการดำเนินกิจกรรมในบทเรียน
สำเร็จรูป
4. หลังจากสิ้นสุดการเรียน ให้นักศึกษาตอบแบบสอบถามวัดเจตคติที่มีต่อบทเรียน
สำเร็จรูป

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยจากการใช้ชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิชาเคมีอนินทรีย์ 2 คณะผู้วิจัยได้นำเสนอเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป ส่วนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ส่วนที่ 3 ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

4.1 เจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

1. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อวัตถุประสงค์ของบทเรียนสำเร็จรูปในด้านความชัดเจนและความเข้าใจ ซึ่งผลที่ได้แสดงดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อวัตถุประสงค์ของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติ อยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน	3.9200	0.6337	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารเชิงซ้อน	3.7778	0.4204	ดี
ชุดที่ 3 การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปีของสารเชิงซ้อน	4.0103	0.5495	ดีมาก
ชุดที่ 4 ไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[\text{Co}(\text{en})_3]^{3+}$	3.8600	0.6392	ดี
ชุดที่ 5 ความเข้มข้นสัมฤทธิ์	3.8824	0.6116	ดี
ชุดที่ 6 ทฤษฎีกลุ่มและสมมาตรของโมเลกุล	3.7800	0.9750	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวัตถุประสงค์ของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ วัตถุประสงค์ของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดมีความชัดเจนดีและเข้าใจง่าย

2. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความชัดเจนของขั้นตอนในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป
แสดงดังตาราง 4.2

ตาราง 4.2 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง
ต่อความชัดเจนของขั้นตอนในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติ อยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน	3.7200	0.8816	๑๒
ชุดที่ 2 การเตรียมและศึกษาองค์ประกอบ ทางเคมีของสารเชิงซ้อน	3.6667	0.4767	๑๒
ชุดที่ 3 การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปี ของสารเชิงซ้อน	3.8247	0.6616	๑๒
ชุดที่ 4 ไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[\text{Co}(\text{en})_3]^{3+}$	3.8000	0.6389	๑๒
ชุดที่ 5 ความเข้มข้นสัมมูล	3.9559	0.7418	๑๒
ชุดที่ 6 ทฤษฎีกลุ่มและสมมาตรของโมเลกุล	3.5200	0.9089	๑๒

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความชัดเจนของขั้นตอนในการใช้บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด
นั่นคือ ขั้นตอนในการใช้บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดมีความชัดเจนดี

3. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อโอกาสการใช้เครื่องมือในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

ตาราง 4.3 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อโอกาสการใช้เครื่องมือในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติ อยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 สถานะออกซิเดชันของธาตุทรานซิชัน	4.0200	0.9366	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารเชิงซ้อน	4.3333	0.4767	ดี
ชุดที่ 3 การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปีของสารเชิงซ้อน	4.0619	0.7748	ดี
ชุดที่ 4 ไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[\text{Co(en)}_3]^{3+}$	3.9600	0.6688	ดี
ชุดที่ 5 ความเข้มข้นสัมฤทธิ์	3.9700	0.8098	ดี
ชุดที่ 6 ทฤษฎีกลุ่มและสมมาตรของโมเลกุล	3.5600	0.9723	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อโอกาสการใช้เครื่องมือในการทดลองของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ ผู้เรียนมีโอกาใช้เครื่องมือในการทดลองของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดเป็นอย่างดี

4. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความสนุกเพลิดเพลินต่อการทดลองในบทเรียนสำเร็จรูป

แสดงดังตาราง 4.4

ตาราง 4.4 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความสนุกเพลิดเพลินของการทดลองในบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติ อยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน	3.8200	0.6908	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารเชิงซ้อน	4.1110	0.5730	ดี
ชุดที่ 3 การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปีของสารเชิงซ้อน	3.8660	0.6230	ดี
ชุดที่ 4 ไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[\text{Co(en)}_3]^{3+}$	3.5600	0.7820	ดี
ชุดที่ 5 ความเข้มข้นสัมพัทธ์	3.9706	0.5978	ดี
ชุดที่ 6 ทฤษฎีกลุ่มและสมมาตรของโมเลกุล	3.5600	0.8122	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความสนุกเพลิดเพลินกับการทดลองของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ ผู้เรียนเกิดความสนุกเพลิดเพลินกับการทดลองของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดเป็นอย่างดี

5. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้โดยใช้ความคิดและเหตุผลของบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.5

ตาราง 4.5 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อการเรียนรู้โดยใช้ความคิดและเหตุผลของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติ อยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน	3.9600	0.6688	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารเชิงซ้อน	4.0222	0.5834	ดี
ชุดที่ 3 การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปีของสารเชิงซ้อน	3.6392	0.5807	ดี
ชุดที่ 4 ไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[Co(en)_3]^{3+}$	3.9000	0.7626	ดี
ชุดที่ 5 ความเข้มข้นสัมพัทธ์	3.8088	0.3962	ดี
ชุดที่ 6 ทฤษฎีกลุ่มและสมมาตรของโมเลกุล	3.7800	0.8401	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้โดยใช้ความคิดและเหตุผลของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยใช้ความคิดและเหตุผลจากบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดเป็นอย่างดี

6. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อวิธีการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปว่ามีความ
ง่าย กระชับ และชัดเจน แสดงดังตาราง 4.6

ตาราง 4.6 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อ
วิธีการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปในด้านความง่าย กระชับและชัดเจน

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติ อยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน	3.7000	0.8018	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและศึกษาของค์ประกอบ ทางเคมีของสารเชิงซ้อน	3.9778	0.5834	ดี
ชุดที่ 3 การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปี ของสารเชิงซ้อน	3.5773	0.8144	ดี
ชุดที่ 4 ไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[Co(en)_3]^{3+}$	3.5800	0.9055	ดี
ชุดที่ 5 ความเข้มข้นสัมบูรณ์	3.5882	0.4958	ดี
ชุดที่ 6 ทฤษฎีกลุ่มและสมมาตรของโมเลกุล	3.5000	0.8144	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิธีการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ วิธี
การนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดทำให้เกิดความเข้าใจได้ง่าย มีความชัดเจนและ
กระชับดี

7. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความเข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดัง

ตาราง 4.7

ตาราง 4.7 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความเข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติ อยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน	3.5400	0.7203	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและศึกษาของค์ประกอบทางเคมีของสารเชิงซ้อน	3.6444	0.4841	ดี
ชุดที่ 3 การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปีของสารเชิงซ้อน	3.6907	0.7124	ดี
ชุดที่ 4 ไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[Co(en)_3]^{3+}$	3.5400	0.9082	ดี
ชุดที่ 5 ความเข้มข้นสัมพัทธ์	3.9706	0.6222	ดี
ชุดที่ 6 ทฤษฎีกลุ่มและสมมาตรของโมเลกุล	3.5200	0.8389	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความเข้าใจเนื้อหาที่นำเสนอของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาที่นำเสนอของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดเป็นอย่างดี

8. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความยากของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดัง

ตาราง 4.8

ตาราง 4.8 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความยากของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติ อยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน	3.5200	0.7068	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารเชิงซ้อน	3.5556	0.5025	ดี
ชุดที่ 3 การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปีของสารเชิงซ้อน	3.7526	0.6129	ดี
ชุดที่ 4 ไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[\text{Co(en)}_3]^{3+}$	3.5200	0.8389	ดี
ชุดที่ 5 ความเข้มข้นสัมพัทธ์	3.6912	0.6966	ดี
ชุดที่ 6 ทฤษฎีกลุ่มและสมมาตรของโมเลกุล	3.5200	0.7068	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความยากของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือผู้เรียนคิดว่าบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดไม่ยากเกินกว่าที่จะทำให้เกิดความเข้าใจ

9. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความยาวของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดัง

ตาราง 4.9

ตาราง 4.9 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความยาวของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติ อยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน	3.5200	0.8628	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารเชิงซ้อน	3.6222	0.4903	ดี
ชุดที่ 3 การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปีของสารเชิงซ้อน	3.5155	0.6473	ดี
ชุดที่ 4 ไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[\text{Co(en)}_3]^{3+}$	3.7600	0.7440	ดี
ชุดที่ 5 ความเข้มข้นที่แกว่ง	3.8235	0.7318	ดี
ชุดที่ 6 ทฤษฎีกลุ่มและสมมาตรของโมเลกุล	3.5600	0.6188	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความยาวของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดมีความยาวเหมาะสมดี

10. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความยากของศัพท์ที่ใช้ในบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดัง
ตาราง 4.10

ตาราง 4.10 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อ
ความยากของศัพท์ที่ใช้ในบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติ อยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน	3.5800	0.8104	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและศึกษาของค์ประกอบ ทางเคมีของสารเชิงซ้อน	3.6000	0.4954	ดี
ชุดที่ 3 การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปี ของสารเชิงซ้อน	3.6186	0.7136	ดี
ชุดที่ 4 ไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[\text{Co(en)}_3]$	3.6800	0.7407	ดี
ชุดที่ 5 ความเข้มข้นนามลิแกนด์	3.6765	0.6789	ดี
ชุดที่ 6 ทฤษฎีกลุ่มและสมมาตรของ โมเลกุล	3.5000	0.5000	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความยากของศัพท์ที่ใช้ของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ
ผู้เรียนมีความคิดว่าคำศัพท์ที่ใช้ของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดไม่ยากเกินไป

11. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อรูปภาพประกอบในบทเรียนสำเร็จรูป ที่ทำให้เกิดความ
 เข้าใจบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.11

ตาราง 4.11 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อ
 รูปภาพประกอบในบทเรียนสำเร็จรูปที่ทำให้เกิดความเข้าใจบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติ อยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน	3.7000	0.5803	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและศึกษาองค์ประกอบ ทางเคมีของสารเชิงซ้อน	3.8444	0.3665	ดี
ชุดที่ 3 การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปี ของสารเชิงซ้อน	3.8041	0.8371	ดี
ชุดที่ 4 ไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[Co(en)_3]^{3+}$	3.6600	0.7174	ดี
ชุดที่ 5 ความเข้มข้นนามลิแกนด์	3.7059	0.9782	ดี
ชุดที่ 6 ทฤษฎีกลุ่มและสมมาตรของ โมเลกุล	3.7600	0.7160	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อรูปภาพประกอบของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ รูปภาพ
 ประกอบของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจดียิ่งขึ้น

12. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อคำถามของบทเรียนสำเร็จรูปและความสามารถตอบคำถามในบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.12

ตาราง 4.12 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อคำถามของบทเรียนสำเร็จรูปและความสามารถตอบคำถามในบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติ อยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน	3.6000	0.9258	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารเชิงซ้อน	3.5778	0.4995	ดี
ชุดที่ 3 การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปีของสารเชิงซ้อน	3.5876	0.8386	ดี
ชุดที่ 4 ไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[\text{Co(en)}_3]^{3+}$	3.7800	0.7365	ดี
ชุดที่ 5 ความเข้มข้นของแก๊ส	3.5882	0.4958	ดี
ชุดที่ 6 ทฤษฎีกลุ่มและสมมาตรของโมเลกุล	3.8400	0.7918	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อคำถามของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ คำถามของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้ง่าย และผู้เรียนสามารถหาคำตอบได้

13. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความเข้าใจคำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูปและความสามารถในการปฏิบัติตามคำสั่งหรือคำชี้แจง แสดงดังตาราง 4.13

ตาราง 4.13 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความเข้าใจคำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูปและความสามารถในการปฏิบัติตามคำสั่งหรือคำชี้แจง

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติ อยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน	3.6200	0.9234	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและศึกษาของค์ประกอบทางเคมีของสารเชิงซ้อน	3.7333	0.4472	ดี
ชุดที่ 3 การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปีของสารเชิงซ้อน	3.7526	0.5779	ดี
ชุดที่ 4 ไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[Co(en)_3]^{3+}$	3.6400	0.4849	ดี
ชุดที่ 5 ความเข้มข้นสัมพัทธ์	3.5000	0.5859	ดี
ชุดที่ 6 ทฤษฎีกลุ่มและสมมาตรของ โมเลกุล	3.6200	0.9010	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อคำสั่งหรือคำชี้แจงของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ คำสั่งหรือคำชี้แจงของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่ายและสามารถปฏิบัติได้ดี

14. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อเวลาที่กำหนดของบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดัง

ตาราง 4.14

ตาราง 4.14 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อเวลาที่กำหนดของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติ อยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 สถานะออกซิเดชันของธาตุทรานซิชัน	3.5400	0.8855	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารเชิงซ้อน	3.5556	0.5025	ดี
ชุดที่ 3 การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปีของสารเชิงซ้อน	3.6186	0.8347	ดี
ชุดที่ 4 ไอโซเมอร์เชิงแสงของ [Co(en) ₃] ³⁺	3.6400	0.7494	ดี
ชุดที่ 5 ความเข้มข้นสัมฤทธิ์	3.5765	0.5956	ดี
ชุดที่ 6 ทฤษฎีกลุ่มและสมมาตรของโมเลกุล	3.5200	0.9331	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อเวลาที่กำหนดของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ เวลาที่กำหนดในการเรียนของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดมีความเหมาะสมดี ไม่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป

15. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อแบบประเมินตนเองของบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดัง

ตาราง 4.15

ตาราง 4.15 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อแบบประเมินตนเองของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติ อยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 สถานะออกซิเดชันของธาตุทรานซิชัน	3.7600	0.7709	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารเชิงซ้อน	3.7111	0.4584	ดี
ชุดที่ 3 การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปีของสารเชิงซ้อน	4.0722	0.7253	ดี
ชุดที่ 4 ไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[\text{Co}(\text{en})_3]^{3+}$	3.7000	0.4629	ดี
ชุดที่ 5 ความเข้มข้นของลิแกนด์	3.7941	0.4074	ดี
ชุดที่ 6 ทฤษฎีกลุ่มและสมมาตรของโมเลกุล	3.8400	0.7918	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อแบบประเมินตนเองของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ แบบประเมินตนเองของบทเรียนสำเร็จรูปมีความเหมาะสมดี

4.2 ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา

ถ้าใช้สัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นดังนี้

n = จำนวนนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง

\bar{X} = คะแนนเฉลี่ย

S.D. = ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

t = ค่าสถิติ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูปของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างในสถาบันราชภัฏ แสดงดังตาราง 4.16

ตาราง 4.16 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่า t ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	การทดสอบ	n	\bar{X}	S.D.	t
ชุดที่ 1 สถานะออกซิเดชันของธาตุทรานซิชัน	ก่อน	50	6.70	1.7173	36.0361*
	หลัง	50	17.44	2.1156	
ชุดที่ 2 การเตรียมและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารเชิงซ้อน	ก่อน	45	9.98	2.1689	13.98*
	หลัง	45	15.47	2.1805	
ชุดที่ 3 การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปีของสารเชิงซ้อน	ก่อน	97	9.56	2.21	10.81*
	หลัง	97	15.14	1.62	
ชุดที่ 4 ไอออนเบอริ่งแสงของ $[\text{Co}(\text{en})_3]^{3+}$	ก่อน	50	4.38	1.1045	58.27*
	หลัง	50	15.36	1.1021	
ชุดที่ 5 ความเข้มข้นนามลิแกนด์	ก่อน	68	6.40	4.0321	27.6844*
	หลัง	68	14.19	2.4450	
ชุดที่ 6 ทฤษฎีกลุ่มและสมมาตรของโมเลกุล	ก่อน	50	4.80	1.4142	39.0899*
	หลัง	50	14.82	1.7224	

หมายเหตุ * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตาราง 4.16 ผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักศึกษากลุ่มตัวอย่าง ก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด พบว่า มีความแตกต่างกัน โดยหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูปนักศึกษามีการเรียนรู้ที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

การทดสอบประสิทธิภาพและความก้าวหน้าในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป แสดงดัง

ตาราง 4.17

ตาราง 4.17 ประสิทธิภาพและความก้าวหน้าในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	ค่าประสิทธิภาพ $E_1 : E_2$	ความก้าวหน้าในการใช้ บทเรียนสำเร็จรูป
ชุดที่ 1 สถานะออกซิเดชันของธาตุแวนาเดียม	86.70 : 87.20	53.70 %
ชุดที่ 2 การเตรียมและศึกษาองค์ประกอบ ทางเคมีของสารเชิงซ้อน	84.35 : 77.35	27.45 %
ชุดที่ 3 การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปี ของสารเชิงซ้อน	88.10 : 75.70	27.90 %
ชุดที่ 4 ไอโซเมอร์เชิงแสงของ [Co(en) ₃]	87.50 : 76.80	54.90 %
ชุดที่ 5 ความเข้มข้นนามลิแกนด์	81.25 : 70.95	38.95 %
ชุดที่ 6 ทฤษฎีกลุ่มและสมมาตรของโมเลกุล	83.50 : 74.10	50.10 %

จากตาราง 4.17 เมื่อพิจารณาผลการทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป ทุกชุด พบว่า อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดคือ $E_1 : E_2 = 75 : 75$ โดยมีค่าเบี่ยงเบนได้ $\pm 5\%$ เมื่อ E_1 เป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ของคะแนนจากรายงานผลการศึกษาบทเรียน E_2 เป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ของคะแนนจากแบบประเมินตนเอง เมื่อสิ้นสุดการดำเนินกิจกรรมในบทเรียน สำเร็จรูป

ความก้าวหน้าของการใช้บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดอยู่ในช่วง 27.45 % – 54.90 %

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิชาเคมีอินทรีย์ 2 ซึ่งประกอบด้วยบทเรียนสำเร็จรูป และคู่มือครู
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอนให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งแบ่งเป็นสามด้าน คือ
 - 1) เจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูปอยู่ในระดับดี (3.50 – 4.49)
 - 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาภาคหลังการ ใช้บทเรียนสำเร็จรูป มีความรู้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
 - 3) ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูปอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด $E_1 : E_2 = 75 : 75$ โดยมีค่าเบี่ยงเบนได้ $\pm 5\%$

5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดการเรียนการสอน
2. แบบสอบถามวัดเจตคติ
3. แบบประเมินตนเองก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

5.3 สรุปผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบวัดเจตคติของนักศึกษาทุกกลุ่มตัวอย่างต่อการ ใช้บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด พบว่า นักศึกษามีเจตคติที่ดีต่อบทเรียนสำเร็จรูปในทุก ๆ ด้าน อยู่ในระดับดี (3.50 – 4.49) เช่น
 - 1) วัตถุประสงค์ ขั้นตอนการใช้ การนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป มีความชัดเจนดี
 - 2) ผู้เรียนมีโอกาสใช้เครื่องมือในการทดลองเป็นอย่างดี

3) เนื้อหาในบทเรียนสำเร็จรูปมีความเหมาะสมและทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยใช้ความคิดและเหตุผล

4) คำถามและคำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูปมีความชัดเจนและปฏิบัติได้

5) แบบประเมินตนเองมีความเหมาะสม

2. ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง ก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป พบว่าหลังการเรียนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูป นักศึกษามีการเรียนรู้ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีความสามารถใช้เครื่องมือสูงชันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. ค่าประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป ได้คำนวณ โดยกรหาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และหาค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) และแปรความโดยเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด $E_1 : E_2 = 75 : 75$ โดยมีค่าเบี่ยงเบนได้ $\pm 5\%$ พบว่าประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. ชุดการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นนี้สามารถนำไปใช้กับนักศึกษาในสถาบันราชภัฏได้ทั้ง 36 แห่ง เพราะทำให้เกิดการเรียนรู้โดยใช้ความคิดและเหตุผล เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเปิดโอกาสให้ใช้เครื่องมือหลากหลายตั้งแต่เครื่องแก้ว จนถึงเครื่องมือวิจัยระดับสูง

2. ชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิชาเคมีอนินทรีย์ 2 ที่พัฒนาขึ้นนี้ ใช้สารเคมีไม่มากนัก ทำให้ไม่สิ้นเปลือง ประหยัด เหมาะสมจะนำไปใช้สำหรับการเรียนการสอน

3. ควรมีการสัมมนาวิเคราะห์ชุดการเรียนการสอน โดยคณะอาจารย์ของสถาบันราชภัฏ ทั้ง 36 แห่ง ที่ผ่านการสอนรายวิชานี้มาแล้ว

บรรณานุกรม

- คณะอนุกรรมการปฏิรูปการเรียนรู้. ปฏิรูปการเรียนรู้ ผู้เรียนสำคัญที่สุด. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช, 2544.
- ประชา เลียบดีตระกูล. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในวิชาวงจรไฟฟ้า 1 เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง จากการทดลองโดยใช้บทเรียนโมดูล และการสอนปกติ. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2540.
- พล คำปิงส์ และคณะทำงาน. คู่มือการรวบรวมข้อมูล. (โครงการประเมินผลการศึกษาวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน) สถาบันราชภัฏเลย, 2543.
- นิคม ทาแดงและคณะ. สื่อการศึกษาพัฒนาสรร. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช, 2544.
- ยุพิน พิพิธกุล. การเรียนการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ : บพิธการพิมพ์, 2523.
- ลาวัลย์ พลกล้า. การสอนคณิตศาสตร์แบบปฏิบัติการ. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2523.
- ศิริเพ็ญ มากบุญ. การพัฒนาแบบฝึกเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางการวิจัยสำหรับนักศึกษาครู. สถาบันราชภัฏเทพสตรี, 2541.
- สัญญาลักษณ์ เทียมถนอม. การศึกษาไทยในสถานการณ์โลก. พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี : มิติใหม่, 2543.
- สุจิตรา สุขุมานันท์. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ : ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปฏิบัติการในโรงเรียนที่จัดชั้นเรียนแบบรวมชั้น. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2542.
- สุวิวัฒนา คำนัน. การพัฒนาบทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง “สารอาหาร” และการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยบทเรียนสำเร็จรูป กับที่เรียนโดยการสอนปกติ. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2542.
- สำนักงานมาตรฐานการศึกษา, สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ. หลักสูตรสถาบันราชภัฏ พุทธศักราช 2543. กรุงเทพฯ, 2543.

อุไรวรรณ วิจารณกุลและคณะ. การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนโดยเน้นการปฏิบัติและ
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในสถาบันราชภัฏ : ชุดการเรียนการสอน
ชีววิทยา. สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ, 2543.

Houston and others. **Development Instruction Modules**. Houston, Texas, College of
Education, University of Texas, 1972. Lawlence, C.A. "Curriculum-Making
in The United States" Teachers College Record. December, 1973.

Parsons, J. and others. "**Criteria for Selecting Evaluation or Development Learning
Modules**" Educational Technology. 4:31-32 ; February, 1976.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ภาคผนวก ก

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
1	13	20	18	7	49
2	7	16	17	9	81
3	7	19	18	12	144
4	6	18	17	12	144
5	5	19	18	14	196
6	8	18	19	10	100
7	8	18	17	10	100
8	6	19	18	13	169
9	5	19	17	14	196
10	7	18	16	11	121
11	7	15	16	8	64
12	8	19	17	11	121
13	9	19	18	10	100
14	6	18	19	12	144
15	6	15	16	9	81
16	8	17	16	9	81
17	6	19	18	13	169
18	5	16	16	11	121
19	9	17	17	8	64
20	9	18	17	9	81
21	9	20	18	11	121
22	7	14	19	7	49
23	6	18	17	12	144
24	5	18	16	13	169
25	8	14	17	6	36

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
26	6	18	18	12	144
27	5	19	19	14	196
28	5	16	18	11	121
29	4	19	20	15	225
30	5	19	17	14	196
31	6	19	16	13	169
32	9	15	17	6	36
33	5	16	17	11	121
34	6	15	16	9	81
35	5	16	16	11	121
36	7	16	16	9	81
37	5	17	18	12	144
38	9	19	19	10	100
39	9	18	20	9	81
40	7	15	16	8	64
41	6	17	17	11	121
42	7	18	18	11	121
43	5	16	16	11	121
44	8	18	17	10	100
45	6	17	16	11	121
46	4	17	15	13	169
47	8	19	18	11	121
48	7	18	19	11	121
49	6	18	20	12	144
50	5	16	16	11	121
รวม	335	872	867	537	5985

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

- ก = คะแนนก่อนเรียน
 ๓ = คะแนนหลังเรียน
 น = คะแนนกระบวนการ

$$\bar{X}_k = \frac{335}{50} = 6.70$$

$$\bar{X}_๓ = \frac{872}{50} = 17.44$$

$$\bar{X}_n = \frac{867}{50} = 17.34$$

$$E_1 = \frac{17.34}{20} \times 100 = 86.70$$

$$E_2 = \frac{17.44}{20} \times 100 = 87.20$$

ประสิทธิภาพของบทเรียน = $E_1 / E_2 = \frac{86.70}{87.20} = 0.99$

ร้อยละความก้าวหน้า = $\frac{17.44 - 6.70}{20} \times 100 = 53.70$

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

$$t = \frac{537}{\sqrt{\frac{(50 \times 5985) - (537)^2}{50-1}}}$$

$$t = 36.0361$$

บทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง การเตรียมและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารเชิงซ้อน

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
1	8	15	15	7	49
2	14	16	17	2	4
3	10	17	14	7	49
4	11	15	15	4	16
5	7	16	15	9	81
6	11	16	18	5	25
7	9	16	14	7	49
8	7	18	14	11	121
9	13	17	17	4	16
10	10	14	16	4	16
11	7	14	16	7	49
12	11	16	15	5	25
13	13	18	14	5	25
14	8	18	19	10	100
15	11	17	18	6	36
16	10	12	17	2	4
17	10	17	19	7	49
18	8	16	17	8	64
19	8	14	18	6	36
20	14	17	17	3	9
21	11	16	16	5	25
22	8	17	17	9	81
23	13	19	17	6	36
24	8	10	18	2	4
25	9	18	18	9	81

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
26	7	11	18	4	16
27	12	15	18	3	9
28	14	16	18	2	4
29	11	19	18	8	64
30	12	12	17	0	0
31	10	15	16	5	25
32	9	17	17	8	64
33	13	17	19	4	16
34	12	17	19	5	25
35	11	17	16	6	36
36	9	15	17	6	36
37	9	12	17	3	9
38	8	15	18	7	49
39	11	14	18	3	9
40	10	1	18	1	1
41	11	12	17	1	1
42	8	15	16	7	49
43	5	14	17	9	81
44	10	16	18	6	36
45	8	17	16	9	81
รวม	449	696	759	247	1,661

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

- ก = คะแนนก่อนเรียน
 ข = คะแนนหลังเรียน
 น = คะแนนกระบวนการ

$$\bar{X}_g = \frac{449}{45} = 9.98$$

$$\bar{X}_b = \frac{696}{45} = 15.47$$

$$\bar{X}_n = \frac{759}{45} = 16.87$$

$$E_1 = \frac{16.87}{20} \times 100 = 84.35$$

$$E_2 = \frac{15.47}{20} \times 100 = 77.35$$

ประสิทธิภาพของบทเรียน = $E_1 / E_2 = \frac{84.35}{77.35} = 1.09$

ร้อยละความก้าวหน้า = $\frac{15.47 - 9.98}{20} \times 100 = 27.45$

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

$$t = \frac{247}{\sqrt{\frac{(45 \times 1661) - (247)^2}{45-1}}}$$

$$t = 13.98$$

บทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง การเตรียมและศึกษาทางสเปกโทรสโกปีของสารเชิงซ้อน

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
1	8	12	17	4	16
2	10	16	19	6	36
3	13	14	17	1	1
4	10	15	19	5	25
5	11	15	18	4	16
6	8	15	18	7	49
7	9	15	18	6	36
8	14	14	19	0	0
9	12	14	18	2	4
10	9	10	17	1	1
11	14	15	19	1	1
12	10	10	18	0	0
13	8	15	18	7	49
14	7	13	18	6	36
15	6	15	19	9	81
16	7	15	18	8	64
17	8	15	19	7	49
18	9	15	17	6	36
19	7	15	18	8	64
20	7	15	17	8	64
21	8	15	18	7	49
22	11	15	17	4	16
23	10	16	18	6	36
24	8	16	18	8	64
25	11	15	19	4	16

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
26	6	11	17	5	25
27	11	16	19	5	25
28	6	11	19	5	25
29	11	16	17	5	25
30	8	15	19	7	49
31	10	15	17	5	25
32	10	16	19	5	25
33	7	14	18	7	49
34	9	14	19	5	25
35	9	15	18	6	36
36	10	17	18	7	49
37	13	17	18	4	16
38	9	13	18	4	16
39	8	14	17	6	36
40	10	15	18	5	25
41	12	14	17	2	4
42	12	14	17	2	4
43	10	17	18	7	49
44	13	15	18	2	4
45	14	16	18	2	4
46	7	16	17	9	81
47	7	17	18	10	100
48	4	15	17	11	121
49	4	16	17	12	144
50	7	11	18	4	16

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
51	10	17	17	7	49
52	7	14	17	7	49
53	10	17	18	7	49
54	5	16	18	11	121
55	6	16	17	10	100
56	7	14	18	7	49
57	6	14	18	8	64
58	6	16	17	10	100
59	11	12	18	1	1
60	7	15	17	8	64
61	13	15	18	2	4
62	7	16	18	9	81
63	10	14	18	4	16
64	11	16	17	5	25
65	13	16	19	3	9
66	9	15	17	6	36
67	11	17	16	6	36
68	9	17	19	8	64
69	7	16	18	9	81
70	7	12	17	5	25
71	14	16	18	2	4
72	8	18	16	10	100
73	8	18	18	10	100
74	13	16	18	3	9
75	10	15	17	5	25
76	12	17	17	5	25

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
77	11	16	17	5	25
78	13	17	17	4	16
79	9	15	17	6	36
80	10	16	16	6	36
81	6	14	18	8	64
82	11	17	18	6	36
83	9	16	16	7	49
84	12	16	19	4	16
85	11	15	19	4	16
86	9	15	16	6	36
87	10	16	16	6	36
88	13	16	16	3	9
89	11	17	16	6	36
90	12	17	16	5	25
91	11	17	17	6	36
92	10	15	18	5	25
93	11	16	18	5	25
94	11	17	16	6	36
95	11	15	16	4	16
96	14	17	16	3	9
97	13	14	18	1	1
รวม	927	1,469	1,709	442	3,668

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

- ก = คะแนนก่อนเรียน
 ด = คะแนนหลังเรียน
 น = คะแนนกระบวนการ

$$\bar{X}_n = \frac{927}{97} = 9.56$$

$$\bar{X}_a = \frac{1469}{97} = 15.14$$

$$\bar{X}_u = \frac{1709}{97} = 17.62$$

$$E_1 = \frac{17.62}{20} \times 100 = 88.10$$

$$E_2 = \frac{15.14}{20} \times 100 = 75.70$$

ประสิทธิภาพของบทเรียน = $E_1 / E_2 = \frac{88.10}{75.70} = 1.16$

ร้อยละความก้าวหน้า = $\frac{15.14 - 9.56}{20} \times 100 = 27.90$

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

$$t = \frac{442}{\sqrt{\frac{(97 \times 3668) - (442)^2}{97-1}}}$$

$$t = 10.81$$

บทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง ไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[\text{Co}(\text{en})_3]^{3+}$

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
1	4	15	18	11	121
2	3	16	19	13	169
3	5	14	17	9	81
4	6	15	18	9	81
5	6	16	19	10	100
6	5	17	20	12	144
7	4	14	17	10	100
8	3	15	18	12	144
9	4	15	17	11	121
10	4	16	19	12	144
11	5	16	16	11	121
12	6	17	17	11	121
13	6	17	18	11	121
14	4	14	19	10	100
15	4	14	16	10	100
16	3	12	15	9	81
17	6	16	17	10	100
18	5	15	19	10	100
19	5	14	15	9	81
20	6	16	17	10	100
21	6	16	16	10	100
22	7	16	19	9	81
23	7	17	19	10	100
24	3	14	16	11	121
25	3	15	16	12	144

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
26	4	15	16	11	121
27	4	15	17	11	121
28	4	17	18	13	169
29	4	15	19	11	121
30	4	16	18	12	144
31	3	15	18	12	144
32	4	14	17	10	100
33	3	15	18	12	144
34	4	16	19	12	144
35	4	14	17	10	100
36	5	14	16	9	81
37	4	15	17	11	121
38	3	16	18	13	169
39	4	17	19	13	169
40	4	15	16	11	121
41	5	16	17	11	121
42	5	14	16	9	81
43	4	15	18	11	121
44	4	15	18	11	121
45	3	16	17	13	169
46	3	17	17	14	196
47	5	15	18	10	100
48	4	16	19	12	144
49	3	17	18	14	196
50	5	16	17	11	121
รวม	219	768	875	549	6,115

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

- ก = คะแนนก่อนเรียน
 ล = คะแนนหลังเรียน
 น = คะแนนกระบวนการ

$$\bar{X}_g = \frac{219}{50} = 4.38$$

$$\bar{X}_l = \frac{768}{50} = 15.36$$

$$\bar{X}_n = \frac{875}{50} = 17.50$$

$$E_1 = \frac{17.50}{20} \times 100 = 87.50$$

$$E_2 = \frac{15.36}{20} \times 100 = 76.80$$

ประสิทธิภาพของบทเรียน = $E_1 / E_2 = \frac{87.50}{76.80} = 1.14$

ร้อยละความก้าวหน้า = $\frac{15.36 - 4.38}{20} \times 100 = 54.90$

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

$$t = \frac{549}{\sqrt{\frac{(50 \times 6115) - (549)^2}{50-1}}}$$

$$t = 58.27$$

บทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง ความเข้มสนามลิแกนด์

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
1	5	17	17	12	144
2	9	17	18	8	64
3	8	16	17	8	64
4	8	18	18	10	100
5	6	16	16	10	100
6	10	15	16	5	25
7	7	15	16	8	64
8	9	16	17	7	49
9	8	16	17	8	64
10	6	14	17	8	64
11	8	16	18	8	64
12	8	16	16	8	64
13	5	16	17	11	121
14	11	18	17	7	49
15	6	17	17	11	121
16	6	17	17	11	121
17	6	16	17	10	100
18	7	18	17	11	121
19	6	14	17	8	64
20	4	17	17	13	169
21	10	16	17	6	36
22	7	15	17	8	64
23	11	16	17	5	25
24	8	18	17	10	100
25	9	15	17	6	36

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
26	10	13	17	3	9
27	9	15	18	6	36
28	7	13	18	6	36
29	12	15	17	3	9
30	8	16	18	8	64
31	10	15	17	5	25
32	8	14	18	6	36
33	7	17	17	10	100
34	10	17	18	7	49
35	3	12	15	9	81
36	5	13	15	8	64
37	4	11	15	7	49
38	7	19	15	12	144
39	7	11	15	4	16
40	4	11	15	7	49
41	5	11	15	6	36
42	6	12	15	6	36
43	4	6	15	2	4
44	4	15	16	11	121
45	5	16	16	11	121
46	5	12	15	7	49
47	2	12	15	10	100
48	5	13	16	8	64
49	5	13	16	8	64
50	5	10	15	5	25

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
51	5	13	16	8	64
52	7	13	16	6	36
53	3	14	16	11	121
54	7	12	15	5	25
55	5	13	16	8	64
56	5	12	15	7	49
57	4	11	15	7	49
58	5	13	16	8	64
59	5	11	15	6	36
60	2	12	15	10	100
61	8	15	16	7	49
62	2	14	16	12	144
63	4	12	15	8	64
64	8	15	16	7	49
65	5	11	15	6	36
66	6	13	16	7	49
67	4	12	15	8	64
68	5	12	15	7	49
รวม	435	965	1,105	530	4,492

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

ก = คะแนนก่อนเรียน

ข = คะแนนหลังเรียน

น = คะแนนครบหนการ

$$\bar{X}_g = \frac{435}{68} = 6.40$$

$$\bar{X}_b = \frac{965}{68} = 14.19$$

$$\bar{X}_n = \frac{1105}{68} = 16.25$$

$$E_1 = \frac{16.25}{20} \times 100 = 81.25$$

$$E_2 = \frac{14.19}{20} \times 100 = 70.95$$

ประสิทธิภาพของบทเรียน = $E_1 / E_2 = \frac{81.25}{70.95} = 1.15$

ร้อยละความก้าวหน้า = $\frac{14.19 - 6.40}{20} \times 100 = 38.95$

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

$$t = \frac{530}{\sqrt{\frac{(68 \times 4492) - (530)^2}{68-1}}}$$

$$t = 27.6844$$

บทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง ทฤษฎีกลุ่มและสมมาตรของโมเลกุล

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
1	3	14	17	11	121
2	6	15	16	9	81
3	4	13	18	9	81
4	4	15	17	11	121
5	6	15	19	9	81
6	6	15	18	9	81
7	8	16	17	8	64
8	8	15	16	7	49
9	7	13	17	6	36
10	6	15	18	9	81
11	5	14	16	9	81
12	4	14	18	10	100
13	4	14	17	10	100
14	3	12	16	9	81
15	5	14	19	9	81
16	6	15	16	9	81
17	4	11	18	7	49
18	3	13	17	10	100
19	2	14	15	12	144
20	6	14	16	8	64
21	4	13	17	9	81
22	3	13	18	10	100
23	6	15	18	9	81
24	4	13	17	9	81
25	3	13	17	10	100

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D*D
26	6	15	16	9	81
27	6	15	17	9	81
28	5	12	17	7	49
29	4	15	16	11	121
30	3	13	17	10	100
31	4	13	18	9	81
32	3	13	16	10	100
33	4	17	15	13	169
34	5	16	14	11	121
35	6	17	16	11	121
36	6	18	14	12	144
37	4	16	15	12	144
38	3	17	17	14	196
39	6	18	16	12	144
40	5	16	14	11	121
41	4	15	18	11	121
42	6	16	19	10	100
43	5	17	17	12	144
44	4	19	19	15	225
45	6	17	18	11	121
46	7	16	16	9	81
47	5	15	15	10	100
48	4	14	14	10	100
49	6	16	16	10	100
50	3	17	17	14	196
รวม	240	741	835	501	5,181

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

- ก = คะแนนก่อนเรียน
 ด = คะแนนหลังเรียน
 น = คะแนนกระบวนการ

$$\bar{X}_g = \frac{240}{50} = 4.80$$

$$\bar{X}_d = \frac{741}{50} = 14.82$$

$$\bar{X}_n = \frac{835}{50} = 16.70$$

$$E_1 = \frac{16.70}{20} \times 100 = 83.50$$

$$E_2 = \frac{14.82}{20} \times 100 = 74.10$$

ประสิทธิภาพของบทเรียน = $E_1/E_2 = \frac{83.50}{74.10} = 1.13$

ร้อยละความก้าวหน้า = $\frac{14.82 - 4.80}{20} \times 100 = 50.10$

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

$$t = \frac{501}{\sqrt{\frac{(50 \times 5181) - (501)^2}{50-1}}}$$

$$t = 39.0899$$

ภาคผนวก ข

เครื่องมือวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
Pibulsongkram Rajabhat University

แบบสอบถามวัดเจตคติ

คำชี้แจง : หลังจากนักศึกษาเรียนจบบทเรียนนี้แล้ว โปรดแสดงความคิดเห็นโดยทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด เพียงช่องเดียว

หัวข้อ	ระดับความคิดเห็น					
	5	4	3	2	1	\bar{x}
1. วัตถุประสงค์ของบทเรียนชัดเจน เข้าใจง่าย						
2. ขั้นตอนในการใช้บทเรียนบอกไว้ชัดเจน						
3. ท่านมีโอกาสใช้เครื่องมือในการทดลอง						
4. ท่านเกิดความสุขเพลิดเพลินในการทดลอง						
5. บทเรียนนี้ช่วยให้ท่านเกิดการเรียนรู้โดยใช้ความคิดและเหตุผล						
6. การนำเสนอเนื้อหาว่าง่าย กระชับ และชัดเจนดี						
7. ท่านเข้าใจเนื้อหาที่เสนอไว้ในขณะนี้						
8. เนื้อหาไม่ยากเกินไป						
9. เนื้อหาไม่ยาวเกินไป						
10. ตัวที่ใช้ไม่ยากเกินไป						
11. รูปภาพประกอบ ช่วยให้ท่านเกิดความเข้าใจดียิ่งขึ้น						
12. คำถามที่ใช้เข้าใจง่ายและสามารถหาคำตอบได้						
13. คำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนเข้าใจง่ายและท่านปฏิบัติตามได้						
14. เวลาที่กำหนดให้พอดี ไม่มากหรือน้อยเกินไป						
15. แบบประเมินตนเองเหมาะสม						

หมายเหตุ : 5 = มากที่สุด 4 = มาก 3 = ปานกลาง 2 = น้อย 1 = น้อยที่สุด

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างบทเรียนสำเร็จรูป และคู่มือครู

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
Pibulsongkram Rajabhat University

บทเรียนสำเร็จรูปที่ 1

สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน

OXIDATION STATE OF TRANSITION ELEMENT

โดย

รศ. อุดิวรรณ บุญยรัตน์

โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

2544

แผนการสอนบทเรียนสำเร็จรูปที่ 1

เรื่อง สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน

ตอนที่

- 1.1 ธาตุแทรนซิชัน
- 1.2 ผลิตผลของการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยซิงค์อมัลกัม
- 1.3 ผลิตผลของการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยโซเดียมซัลไฟท์
- 1.4 ผลิตผลของการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยไฮดรอน (+2) ซัลเฟต

แนวคิด

1. ธาตุแทรนซิชัน หมายถึง ธาตุที่อะตอมหรือไอออนมีอิเล็กตรอนใน d หรือ f ออร์บิทัลไม่เต็ม ได้แก่ ธาตุกลุ่ม d และ f ในตารางธาตุ
2. ผลิตผลของการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยซิงค์อมัลกัม เป็นการทดลองเพื่อหาค่าเลขออกซิเดชันของวานเดียมที่เกิดจากการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยซิงค์อมัลกัม
3. ผลิตผลของการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยโซเดียมซัลไฟท์ เป็นการทดลองเพื่อหาค่าเลขออกซิเดชันของวานเดียมที่เกิดจากการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยโซเดียมซัลไฟท์
4. ผลิตผลของการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยไฮดรอน (+2) ซัลเฟต เป็นการทดลองเพื่อหาค่าเลขออกซิเดชันของวานเดียมที่เกิดจากการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยไฮดรอน (+2) ซัลเฟต

วัตถุประสงค์

หลังจากศึกษาบทเรียนสำเร็จรูปแล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายความหมายของธาตุแทรนซิชัน ได้ถูกต้อง
2. อธิบายความแตกต่างระหว่างธาตุแทรนซิชันและธาตุกลุ่มอื่นในตารางธาตุได้ถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องสถานะออกซิเดชัน
3. อธิบายผลการทดลองการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยซิงค์อมัลกัม ได้ถูกต้อง
4. อธิบายผลการทดลองการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยโซเดียมซัลไฟท์ ได้ถูกต้อง
5. อธิบายผลการทดลองการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยไฮดรอน (+2) ซัลเฟต ได้ถูกต้อง
6. บอกค่าเลขออกซิเดชันของวานเดียมที่ได้จากการรีดิวซ์ของแต่ละการทดลอง โดยการสังเกตสีของสารละลายได้ถูกต้อง

7. คำนวณค่าเลขออกซิเดชันของวาเนเดียมที่ได้จากการรีดิวซ์ของแต่ละการทดลองได้ถูกต้อง
8. เขียนปฏิกิริยาของแต่ละการทดลองได้ถูกต้อง

กิจกรรมระหว่างเรียน

1. ทำแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนบทเรียนสำเร็จรูป
2. ศึกษาบทเรียนสำเร็จรูป
3. ปฏิบัติกิจกรรมตามที่ได้รับมอบหมาย
4. ทำแบบประเมินผลตนเองหลังเรียนบทเรียนสำเร็จรูป

สื่อการสอน

1. บทเรียนสำเร็จรูปที่ 1 เรื่อง สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน
2. อุปกรณ์และสารเคมี
3. หนังสืออ่านประกอบ

เวลาเรียน

บทเรียนสำเร็จรูปนี้ใช้เวลาทั้งหมด 9 คาบ แยกรายละเอียดได้ดังนี้

ตอนที่ 1.1 และ 1.2 เรื่อง ธาตุแทรนซิชัน และผลิตภัณฑ์ของการรีดิวซ์วาเนเดียม (+5) ด้วยซิงค์อมัลกัม.....	3 คาบ
ตอนที่ 1.3 ผลิตภัณฑ์ของการรีดิวซ์วาเนเดียม (+5) ด้วยโซเดียม - ซัลไฟท์.....	3 คาบ
ตอนที่ 1.4 ผลิตภัณฑ์ของการรีดิวซ์วาเนเดียม (+5) ด้วยไอร์ออน (+2) ซัลเฟต.....	3 คาบ

การประเมินผล

1. ประเมินผลจากแบบประเมินตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน
2. ประเมินผลจากรายงานผลการศึกษบทเรียน

บทเรียนสำเร็จรูปที่ 1

สถานะออกซิเดชันของธาตุทรานซิชัน

OXIDATION STATE OF TRANSITION ELEMENT

ตอนที่ 1.1 ธาตุทรานซิชัน

กิจกรรม 1.1.1 ศึกษาลักษณะทั่วไปของธาตุทรานซิชัน

วัตถุประสงค์

หลังจากปฏิบัติกิจกรรม 1.1.1 แล้วนักเรียนสามารถ

- อธิบายความหมายของธาตุทรานซิชันได้ถูกต้อง
- อธิบายความแตกต่างระหว่างธาตุทรานซิชัน และธาตุกลุ่มอื่นในตารางธาตุได้ถูกต้อง โดยเฉพาะเรื่องสถานะออกซิเดชัน

เราอาจแบ่งธาตุในตารางธาตุออกเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ ธาตุเรพรีเซนต์ทิฟ (Representative element) และธาตุทรานซิชัน ธาตุทรานซิชันหมายถึงธาตุที่อะตอมหรือไอออนมีอิเล็กตรอนใน d หรือ f ออร์บิทัลไม่เต็ม ได้แก่ ธาตุกลุ่ม d และ f ในตารางธาตุ รายละเอียดแสดงดังตาราง 1.1.1 แบ่งเป็นหมู่ต่าง ๆ คือ หมู่ IIB, IVB ... VIII และ IB ส่วนธาตุหมู่ IB (Zn, Cd, Hg) จะมีอิเล็กตรอนเต็มใน d-ออร์บิทัลไม่ว่าจะเป็นอะตอมหรือไอออนจึงไม่สามารถนับเป็นธาตุทรานซิชันได้ เป็นที่น่าสังเกตว่าธาตุทั้งหมดในกลุ่มนี้เป็นโลหะทั้งสิ้น

ตาราง 1.1.1 แสดงธาตุกลุ่ม d และ f

ตารางธาตุแสดงธาตุกลุ่ม d และ f															
กลุ่ม d															
	IIB	IVB	VB	VIB	VIIB	—VIII—		IB	IIB						
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30					
	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn					
กลุ่ม s	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48					
	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd					
	57*	72	73	74	75	76	77	78	79	80					
	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg					
	89*	104	105												
	Ac	Rf	Ha												
										กลุ่ม p					
กลุ่ม f	*Lanthanide Series	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
	*Actinide Series	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

ธาตุแทรนซิชันมีความแตกต่างจากธาตุกลุ่ม s และ p ที่เห็นได้ชัดเจนอย่างหนึ่งได้แก่ แสดงเลขออกซิเดชันได้หลายค่า และมีปรากฏเป็นสีต่าง ๆ กันแล้วแต่ชนิดของธาตุ เลขออกซิเดชัน ชนิดของไอออนลบ และที่สำคัญก็คือ ลิแกนด์ (Ligand) ที่เข้ามาสร้างพันธะในสารเชิงซ้อน ตาราง 1.1.2 เป็นตัวอย่างเลขออกซิเดชันต่าง ๆ ของธาตุวานาเดียม และสีของไอออนในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย

ตาราง 1.1.2 เลขออกซิเดชันต่าง ๆ ของธาตุวานาเดียมในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย

ไอออน	VO_3^- เมทาวานาเดต	VO^{2+} วานาเดียม (+4)	V^{3+} วานาเดียม (+3)	V^{2+} วานาเดียม (+2)
สถานะออกซิเดชัน	+5	+4	+3	+2
สี	เหลืองอ่อน Pale yellow	ฟ้า Blue	เขียว Green	ม่วงแก่ Lavender (Deep violet)

จากตาราง จะเห็นได้ว่าไม่เกิด V^{4+} Cation ในสารละลายเนื่องจากมีประจุมากและมีไอออนน้อย ไอออนลักษณะนี้จะเกิด Polarizing effect ต่อโมเลกุลของน้ำข้างเดียว ทำให้ O^{2-} แยกออกมาแล้วรวมตัวกับ V^{4+} กลายเป็น VO^{2+} ในสารละลาย

กิจกรรม 1.1.2 ตอบคำถามต่อไปนี้

1. โครงสร้างอิเล็กตรอนของธาตุแทรนซิชันต่างจากธาตุกลุ่มอื่นอย่างไร
2. ธาตุแทรนซิชันแตกต่างจากธาตุกลุ่มอื่นในตารางธาตุอย่างไร ในเรื่องสถานะออกซิเดชัน

รายงานผลการศึกษายทเรียน
ลักษณะทั่วไปของธาตุแทรนซิชั่น

ผู้รายงานเลขที่กลุ่ม โปรแกรมวิชา.....

ผู้ร่วมงาน 1เลขที่กลุ่ม โปรแกรมวิชา.....

2เลขที่กลุ่ม โปรแกรมวิชา.....

3เลขที่กลุ่ม โปรแกรมวิชา.....

วันที่ เดือน พ.ศ.

อาจารย์ผู้สอน

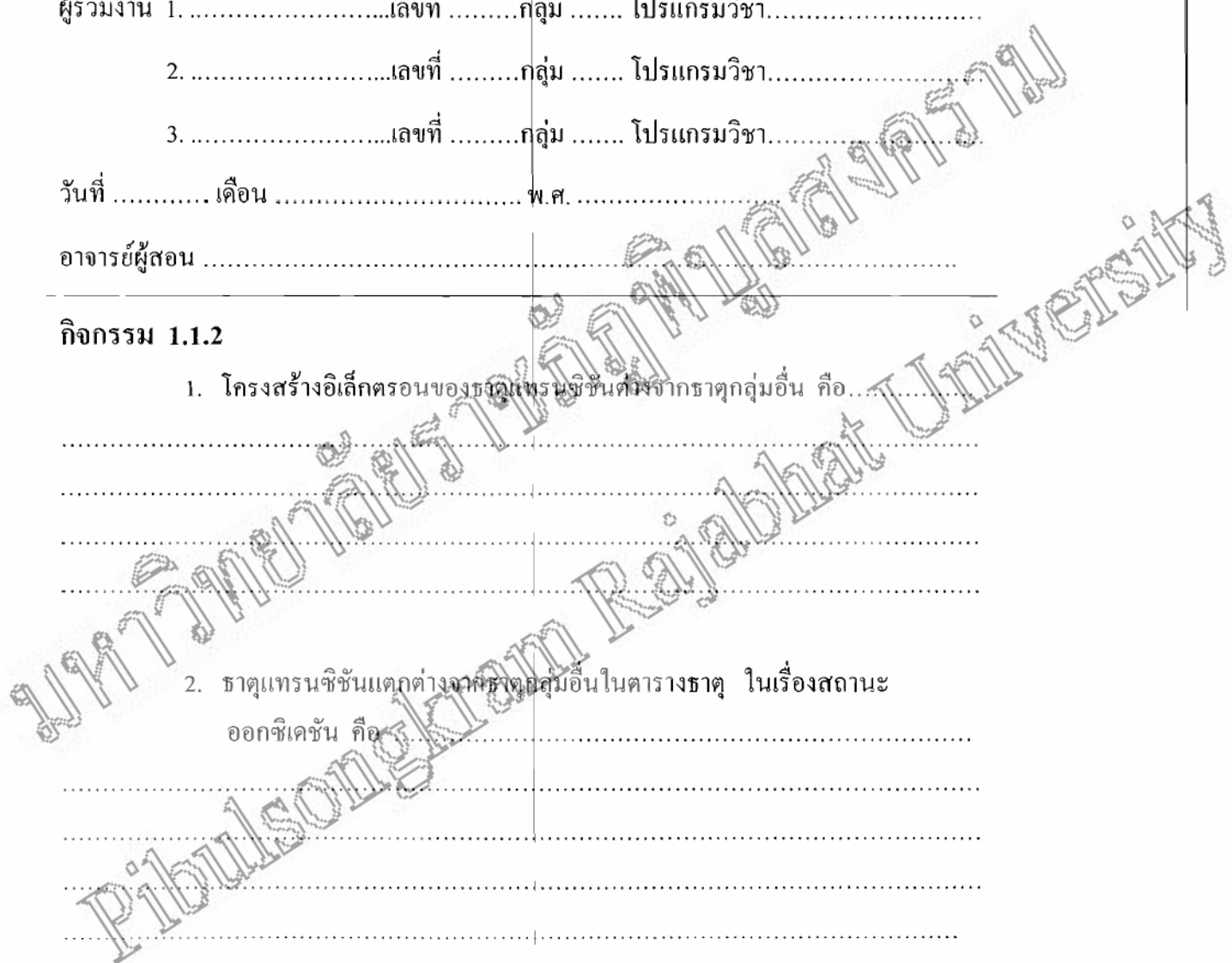
กิจกรรม 1.1.2

1. โครงสร้างอิเล็กตรอนของธาตุแทรนซิชั่นต่างจากธาตุกลุ่มอื่น คือ.....

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

2. ธาตุแทรนซิชั่นแตกต่างจากธาตุกลุ่มอื่นในตารางธาตุ ในเรื่องสถานะ
ออกซิเดชัน คือ.....

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



การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของวานาเดียม สามารถศึกษาได้จากการทดลอง ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1.2 ผลผลิตของการรีดิวซ์วานาเดียม (+5) ด้วยซิงค์อมัลกัม

กิจกรรม 1.2.1 การทดลอง

วัตถุประสงค์

หลังจากปฏิบัติกิจกรรม 1.2.1 แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายผลการทดลองการรีดิวซ์วานาเดียม (+5) ด้วยซิงค์อมัลกัม ได้ถูกต้อง
2. บอกค่าเลขออกซิเดชันของวานาเดียมที่ได้จากการรีดิวซ์ด้วยซิงค์อมัลกัม

โดยการสังเกตสีของสารละลายได้ถูกต้อง

3. คำนวณหาค่าเลขออกซิเดชันของวานาเดียมที่ได้จากการรีดิวซ์ด้วยซิงค์อมัลกัม

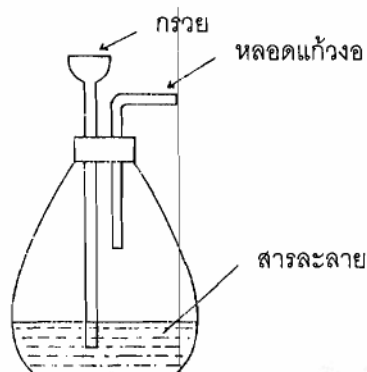
ได้ถูกต้อง

4. เขียนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง

วิธีทดลอง

1. เตรียม Stock solution ของวานาเดียม (+5) (ภาคผนวก)
2. เตรียมซิงค์อมัลกัม (ภาคผนวก) ใส่ในขวดรูปชมพู่
3. บีบอัดสารละลายวานาเดียมจาก Stock solution มา 25.0 cm^3 ใส่ในขวดรูปชมพู่ที่มีซิงค์อมัลกัมอยู่
4. เติม 3 M กรดซัลฟิวริก 10 cm^3 ปิดจุกหลวม ๆ ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เขย่าบ้างเป็นครั้งคราว
5. บันทึกการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายทุกระยะ จนได้สารละลายสุดท้ายซึ่งมีสีคงตัว
6. วัดปริมาตรของสารละลาย
7. นำขวดรูปชมพู่อีกใบหนึ่งขนาด 250 cm^3 ปิดปากด้วยกรวยกรองสุญญากาศ (Suction)
8. นำสารละลายที่ได้จากการรีดิวซ์ ในข้อ 6 เทผ่านกรวยซึ่งมีกระดาษกรองรองอยู่ เพื่อป้องกันไม่ให้ซิงค์อมัลกัมปนลงไป ล้างผงซิงค์อมัลกัมด้วยกรดซัลฟิวริกเจือจาง 0.5 M ครั้งละ 15 cm^3 2 ครั้ง เทผ่านกรวยลงไปรวมกัน

9. ถอดกรวยกรองสุญญากาศออกเปลี่ยนเป็นจุกยางที่มีกรวยหย่องลงไปเกือบถึงก้นขวด และแท่งแก้วซึ่งต่อกับเครื่องดูดอากาศเสียบอยู่ ดังรูป



รูป 1.2.1 ขวดรูปชมพู่พร้อมกรวยและหลอดแก้ว

10. ต่อแท่งแก้วกับเครื่องดูดอากาศ เพื่อให้ให้อากาศผ่านทางกรวยลงไป ในสารละลายประมาณ 5 นาที เปิดจุกและล้างส่วนที่จุ่มในสารละลายด้วยน้ำกลั่น โดยให้น้ำที่ล้างผสมลงในสารละลายนั้น

11. เติม 10 M ทรดซัลฟิวริก 10 cm³ แล้วนำสารละลายไปต้มให้ร้อนอุณหภูมิประมาณ 60-80 °C

12. ไทเทรตสารละลายที่ร้อนด้วยสารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (ภาคผนวก) จนได้สารละลายสีเหลือง (แสดงว่าถึงจุดยุติ) บันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้

บันทึกผลกิจกรรม 1.2.1

ตารางบันทึกผลกิจกรรม 1.2.1 ผลผลิตของการรีดิวซ์วานเนเดียม (+5) ด้วยซิงค์อมัลกัม

สาร	ปริมาตร (cm ³)	สี	หมายเหตุ
1. สารละลายวานเนเดียมที่เกิดจากการรีดิวซ์วานเนเดียม (+5) ด้วยซิงค์อมัลกัม			
2. ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการไทเทรตจนถึงจุดยุติ			

กิจกรรม 1.2.2 ตอบคำถามต่อไปนี้

1. ในการทดลองครั้งนี้ใช้สารเคมีอะไรบ้าง
2. ถ้าพิจารณาจากสีของสารละลายที่เกิดขึ้น นักศึกษาคิดว่าวานเนเดียมจาก Stock solution ถูกรีดิวซ์ด้วยซิงค์มัลกัมที่มีกรดซัลฟิวริกอยู่ด้วยเป็นวานเนเดียมเลขออกซิเดชันเท่าไร จงเขียนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น
3. ซิงค์มัลกัมมีข้อดีกว่าซิงค์อย่างไรในการใช้เป็นตัวรีดิวซ์
4. หลังจากทำ Aeration หรือเรียกว่า Air oxidation โดยผ่านอากาศลงไป ในสารละลายแล้ววานเนเดียมจะมีเลขออกซิเดชันเท่าไรเมื่อพิจารณาจากสีของสารละลาย จงเขียนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น
5. จงเขียนปฏิกิริยาการไทเทรตสารละลายของวานเนเดียมด้วยสารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต และคำนวณหาเลขออกซิเดชันของวานเนเดียม

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
Pibulsongkram Rajabhat University

รายงานผลการศึกษาบทเรียน
ผลิตผลของการรีดิวิชั่นแวนเดียม (+5) ด้วยซิงค์อมัลกัม

ผู้รายงานเลขที่กลุ่ม โปรแกรมวิชา.....

ผู้ร่วมงาน 1.เลขที่กลุ่ม โปรแกรมวิชา.....

2.เลขที่กลุ่ม โปรแกรมวิชา.....

3.เลขที่กลุ่ม โปรแกรมวิชา.....

วันที่ เดือน พ.ศ.

อาจารย์ผู้สอน

กิจกรรม 1,2,1 และ 1,2,2

1. ในการทดลองครั้งนี้ใช้สารเคมีดังต่อไปนี้

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

2. เมื่อเปิดเตาสารละลายแวนเดียม (+5) จาก Stock solution ใส่ในขวดรูปชมพู่
ที่มีซิงค์อมัลกัมอยู่ แล้วเติมกรดซัลฟิวริกลงไป สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสี

วัดปริมาตรของสารละลายได้เท่ากับ

ถ้าพิจารณาจากสีของสารละลายที่เกิดขึ้นแสดงว่าแวนเดียมจาก stock solution ถูกรีดิวิชั่นด้วย
ซิงค์อมัลกัมที่มีกรดซัลฟิวริกอยู่ด้วยเป็นแวนเดียมเลขออกซิเดชันเท่ากับ.....

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น คือ

รีดักชัน :

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

ออกซิเดชัน :

ปฏิกิริยารวม :

3. การใช้ซิงค์มัลกัมเป็นตัวรีดิวซ์มีข้อดีกว่าการใช้ซิงค์เพราะ

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

4. หลังจากทำ Aeration หรือเรียกว่า Air oxidation โดยผ่านอากาศลงไปในสารละลายแล้ววานเนียมจะมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ
ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น คือ

รีดักชัน :

ออกซิเดชัน :

ปฏิกิริยารวม :

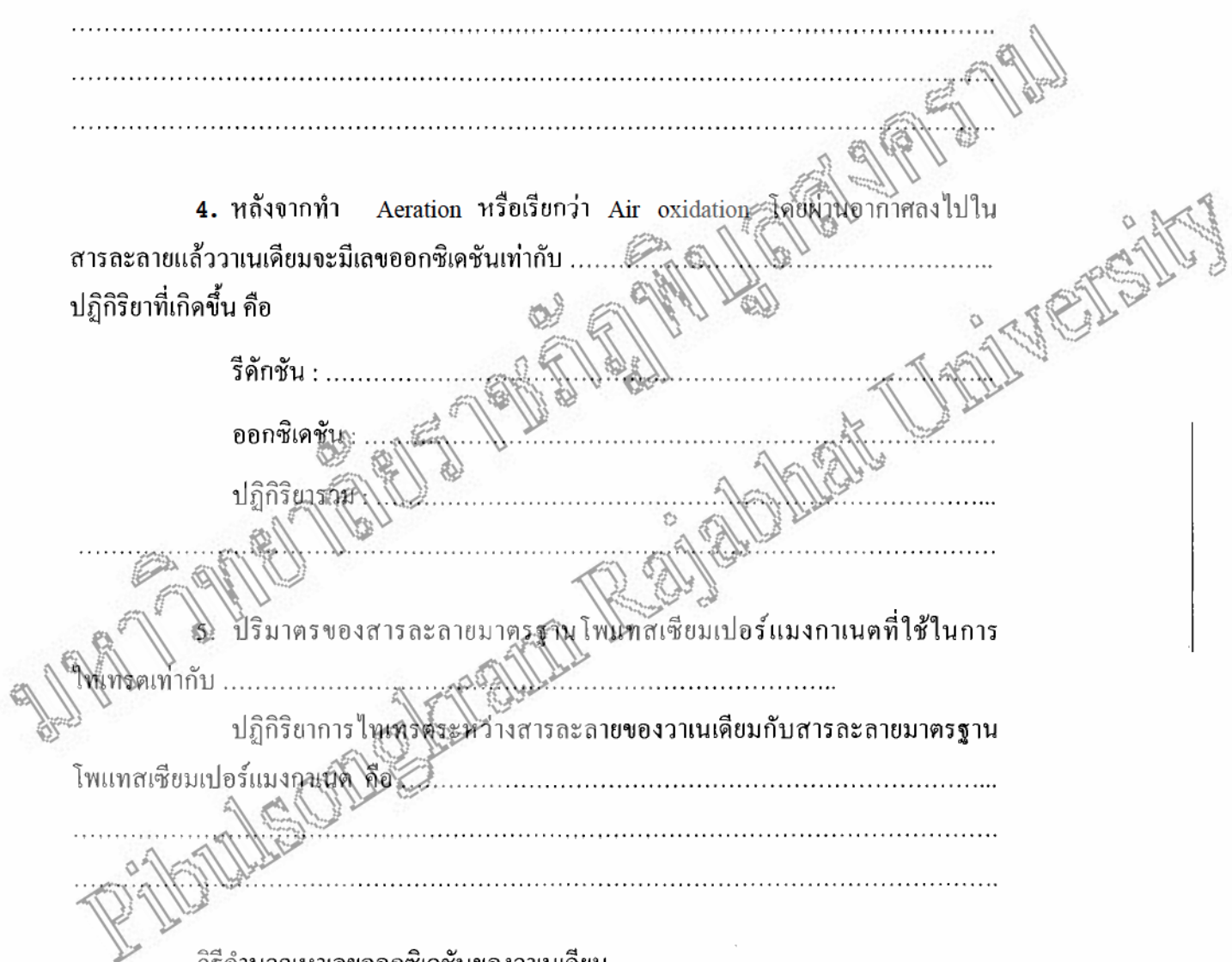
5. ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการไทเทรตเท่ากับ

ปฏิกิริยาการไทเทรตระหว่างสารละลายของวานเนียมกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต คือ

.....
.....

วิธีคำนวณหาเลขออกซิเดชันของวานเนียม

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



6. วิจารณ์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
Pibulsongkram Rajabhat University

ตอนที่ 1.3 ผลผลิตของการรีดิวซ์วานเนเดียม (+5) ด้วยโซเดียมซัลไฟท์

กิจกรรม 1.3.1 การทดลอง

วัตถุประสงค์

หลังจากปฏิบัติกิจกรรม 1.3.1 แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายผลการทดลองการรีดิวซ์วานเนเดียม (+5) ด้วยโซเดียมซัลไฟท์ได้ถูกต้อง
2. บอกค่าเลขออกซิเดชันของวานเนเดียมที่ได้จากการรีดิวซ์ด้วยโซเดียมซัลไฟท์

โดยการสังเกตสีของสารละลายได้ถูกต้อง

3. คำนวณหาค่าเลขออกซิเดชันของวานเนเดียมที่ได้จากการรีดิวซ์ด้วยโซเดียมซัลไฟท์ได้ถูกต้อง

4. เขียนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง

วิธีทดลอง

1. ปิเปตต์สารละลายวานเนเดียมจาก Stock solution 250 cm^3 ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 cm^3 เติมน้ำ 2 M กรดซัลฟูริก 25 cm^3 และโซเดียมซัลไฟท์ 1 g ลงไป คนให้ละลาย ตั้งทิ้งไว้บนโต๊ะวันประมาณ 5 นาที บันทึกสีของสารละลาย

2. ต้มสารละลายให้เดือดอย่างน้อย 5 นาที เพื่อกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ที่มากเกินไป วัดปริมาตรของสารละลาย

3. โทเทรตสารละลายขณะร้อนด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต จนได้สารละลายสีเหลือง (แสดงว่าถึงจุดยุติ) บันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้

บันทึกผลกิจกรรม 1.3.1

ตารางบันทึกผลกิจกรรม 1.3.1 ผลผลิตของการรีดิวซ์วานเนเดียม (+5) ด้วยโซเดียมซัลไฟด์

สาร	ปริมาตร (cm ³)	สี	หมายเหตุ
1. สีของสารละลายวานเนเดียมที่เกิดจากการรีดิวซ์วานเนเดียม (+5) ด้วยโซเดียมซัลไฟด์			
2. ปริมาตรของสารละลายวานเนเดียมหลังจากต้มกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มากเกินไปออกแล้ว			
3. ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการไทเทรตจนถึงจุดยุติ			

กิจกรรม 1.3.2 ตอบคำถามต่อไปนี้

- การใช้โซเดียมซัลไฟด์ที่มีกรดซัลฟิวริกอยู่ด้วยเป็นตัวรีดิวซ์ให้ผลเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับการใช้ซิงค์มัลกัม
- ทำไมโซเดียมซัลไฟด์ไม่สามารถรีดิวซ์วานเนเดียมให้มีเลขออกซิเดชันเท่ากับการใช้ซิงค์มัลกัม
- จงเขียนปฏิกิริยารีดิวซ์วานเนเดียมด้วยโซเดียมซัลไฟด์
- จงเขียนปฏิกิริยาการไทเทรตระหว่างสารละลายของวานเนเดียมกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต และคำนวณหาเลขออกซิเดชันของวานเนเดียม
- ทำไมต้องกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มากเกินไปออกก่อนที่จะทำการไทเทรตระหว่างสารละลายของวานเนเดียมกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

รายงานผลการศึกษาค้นคว้า
ผลผลิตของการรีดิวซ์วานเนเดียม (+5) ด้วยโซเดียมซัลไฟด์

ผู้รายงานเลขที่กลุ่ม โปรแกรมวิชา.....

ผู้ร่วมงาน 1.เลขที่กลุ่ม โปรแกรมวิชา.....

2.เลขที่กลุ่ม โปรแกรมวิชา.....

3.เลขที่กลุ่ม โปรแกรมวิชา.....

วันที่ เดือน พ.ศ.

อาจารย์ผู้สอน

กิจกรรม 1.3.1 และ 1.3.2

1. เมื่อเติมโซเดียมซัลไฟด์ลงในสารละลายวานเนเดียม (+5) จาก Stock solution ซึ่งมีกรดซัลฟิวริกอยู่ด้วย สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสี

2. การใช้โซเดียมซัลไฟด์เป็นตัวรีดิวซ์จะได้วานเนเดียมเลขออกซิเดชันเท่ากับ.....
 ถ้าใช้ซิงค์อมัลกัมเป็นตัวรีดิวซ์จะได้วานเนเดียมเลขออกซิเดชันเท่ากับ.....
 การใช้โซเดียมซัลไฟด์ไม่สามารถรีดิวซ์วานเนเดียมให้มีเลขออกซิเดชันเท่ากับการใช้ซิงค์อมัลกัม
 เพราะ (ดูค่า E° จากภาคผนวก)

3. ปฏิกริยการรีดิวซ์วานเนเดียมด้วยโซเดียมซัลไฟด์ คือ

ออกซิเดชัน :

รีดักชัน :

ปฏิกิริยารวม :

.....

4. ปริมาตรของสารละลายวานิเดียมที่ใช้ในการไทเทรตเท่ากับ
ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการ
ไทเทรตเท่ากับ
ปฏิกิริยาของการไทเทรต คือ

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

วิธีคำนวณหาเลขออกซิเดชันของวานิเดียม

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

5. ก่อนทำการไทเทรตระหว่างสารละลายของวานิเดียมกับสารละลายมาตรฐาน
โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตต้องต้มไล่แก๊สฟอสฟอรัสไดออกไซด์ที่มากเกินไปออกก่อนเพราะ

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

6. วิจารณ์ผลการทดลอง

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

7. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ตอนที่ 1.4 ผลผลิตของการรีดิวซ์วานเนเดียม (+5) ด้วยไอร์ออน (+2) ซัลเฟต

กิจกรรม 1.4.1 การทดลอง

วัตถุประสงค์

หลังจากปฏิบัติกิจกรรม 1.4.1 แล้วนักศึกษาสามารถ

- อธิบายผลการทดลองการรีดิวซ์วานเนเดียม (+5) ด้วยไอร์ออน (+2) ซัลเฟต ได้ถูกต้อง
- บอกค่าเลขออกซิเดชันของวานเนเดียมที่ได้จากการรีดิวซ์ด้วยไอร์ออน (+2) ซัลเฟต โดยการสังเกตสีของสารละลายได้ถูกต้อง
- คำนวณหาค่าเลขออกซิเดชันของวานเนเดียมที่ได้จากการรีดิวซ์ด้วยไอร์ออน (+2) ซัลเฟตได้ถูกต้อง
- เขียนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง

วิธีทดลอง

- ปิเปตต์สารละลายวานเนเดียมจาก Stock solution 25.0 cm^3 ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 cm^3 เติม 6 M กรดซัลฟิวริก 10 cm^3 และ 85 เปอร์เซ็นตกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) 5 cm^3 จากนั้นเติมไอร์ออน (+2) ซัลเฟต ประมาณ 1 g ลงไป เขย่าจนละลายแล้วตั้งทิ้งไว้ 3 นาที บันทึกสีและจัดปริมาตรของสารละลาย
- เติมแอมโมเนียมเปอร์ออกโซไดซัลเฟต ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$) ประมาณ 1 g เพื่อกำจัดไอร์ออน (+2) ซัลเฟตที่มากเกินไป คนอย่างแรงสัก $2-3$ นาที
- ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่อุณหภูมิห้อง จนได้สารละลายเป็นสีเหลือง (แสดงว่าถึงจุดยุติ) บันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้

บันทึกผลกิจกรรม 1.4.1

ตารางบันทึกผลกิจกรรม 1.4.1 ผลผลิตของการรีดิวซ์วานเนเดียม (+5) ด้วยไอร์ออน (+2) ซัลเฟต

สาร	ปริมาตร (cm^3)	สี	หมายเหตุ
1. สารละลายวานเนเดียมที่เกิดจากการรีดิวซ์วานเนเดียม (+5) ด้วยไอร์ออน (+2) ซัลเฟต			
2. ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการไทเทรตจนถึงจุดยุติ			

กิจกรรม 1.4.2 ตอบคำถามต่อไปนี้

1. หลังจากเติมไอร์ออน (+2) ซัลเฟตลงในสารละลายวานาเดียมที่มีกรดซัลฟิวริกและกรดฟอสฟอริกอยู่ด้วย ให้ผลอย่างไร จงเขียนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น
2. การใช้โซเดียมซัลไฟต์เป็นตัวรีดิวซ์เมื่อเทียบกับการใช้ไอร์ออน (+2) ซัลเฟตให้ผลแตกต่างกันหรือไม่ เพราะเหตุใด
3. จงเขียนปฏิกิริยาการไทเทรตสารละลายของวานาเดียมด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต และคำนวณหาเลขออกซิเดชันของวานาเดียม
4. ในการรีดิวซ์วานาเดียม (+5) ด้วยไอร์ออน (+2) ซัลเฟตที่ไม่ต้องเติมแอมโมเนียมเปอร์ออกไซด์ซัลเฟต และทำไมต้องไทเทรตที่อุณหภูมิห้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

รายงานผลการศึกษาบทเรียน

ผลผลิตของการรีดิวซ์วานเนเดียม (+5) ด้วยไอร์ออน (+2) ซัลเฟต

ผู้รายงานเลขที่กลุ่ม โปรแกรมวิชา.....

ผู้ร่วมงาน 1.เลขที่กลุ่ม โปรแกรมวิชา.....

2.เลขที่กลุ่ม โปรแกรมวิชา.....

3.เลขที่กลุ่ม โปรแกรมวิชา.....

วันที่ เดือน พ.ศ.

อาจารย์ผู้สอน

กิจกรรม 1.4.1 และ 1.4.2

1. เมื่อเติมไอร์ออน (+2) ซัลเฟตลงในสารละลายวานเนเดียมที่มีกรดซัลฟิวริกและกรดฟอสฟอริกอยู่ด้วย สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสี

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น คือ

ออกซิเดชัน :

รีดักชัน :

ปฏิกิริยารวม :

2. การใช้โซเดียมซัลไฟต์เป็นตัวรีดิวซ์เมื่อเทียบกับการใช้ไอร์ออน (+2) ซัลเฟตให้ผลต่างกันหรือไม่

เพราะเหตุใด

3. ปริมาตรของสารละลายวานเนเดียมที่ใช้ในการไทเทรตเท่ากับ

ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการไทเทรตเท่ากับ.....

ปฏิกิริยาของการไทเทรตคือ

.....
.....

วิธีคำนวณหาเลขออกซิเดชันของวานาเดียม

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

4. ในการรีดิวซ์วานาเดียม (+5) ด้วยไอร์ออน (+2) ซึ่งเฟด ต้องเติมแอมโมเนียมเปอร์ออกไซด์ซักฟัดเพราะ

.....

และต้องทำการไทเทรตที่อุณหภูมิห้องเพราะ

.....

5. วิเคราะห์ผลการทดลอง

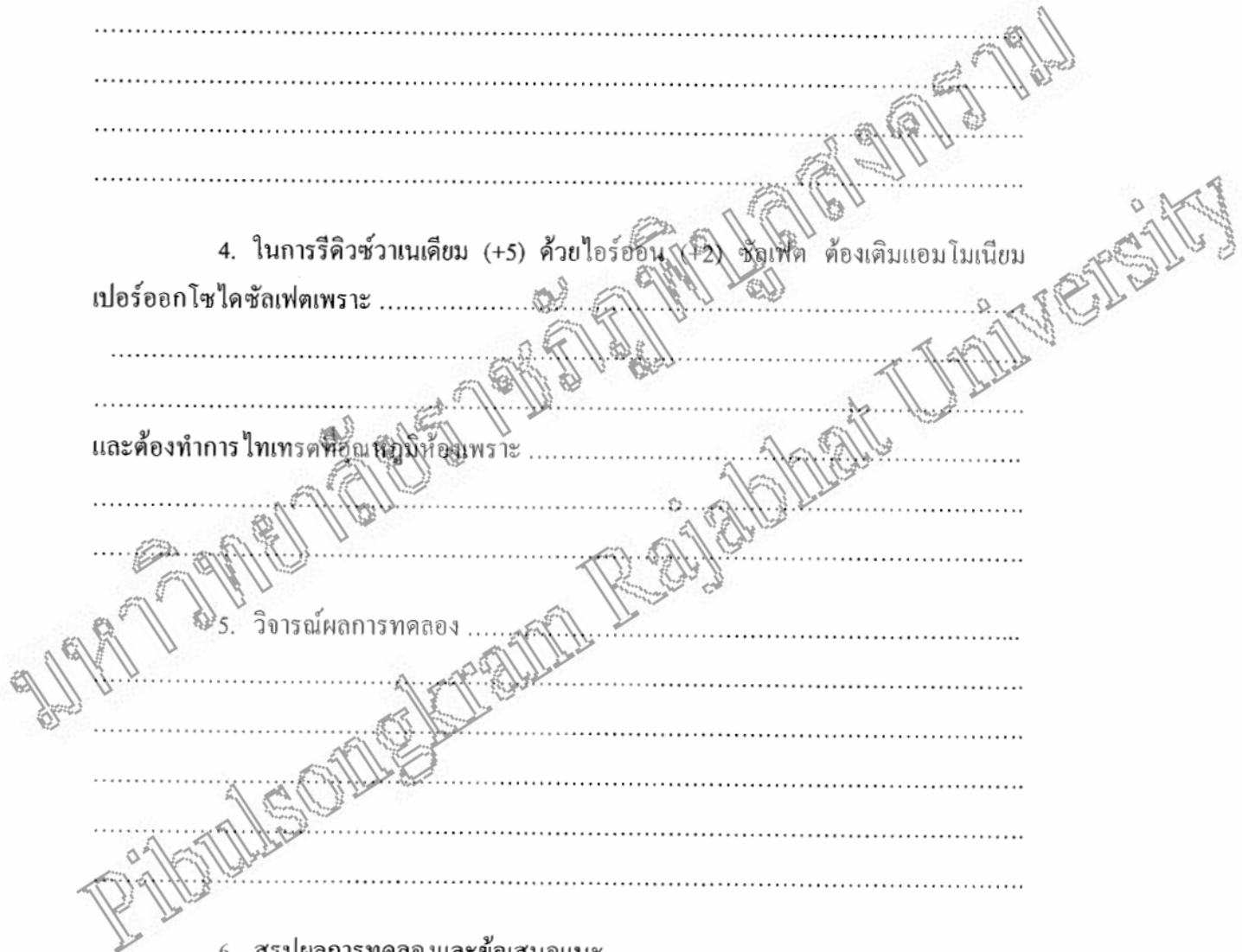
.....

6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....



หนังสืออ่านประกอบ

มหาวิทยาลัย, ทบวง. เคมีเล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์, 2540.

นิตยาภรณ์ ใจสะอาด. ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2534.

Cotton, F.A. , Wilkinson, G. **Advanced Inorganic Chemistry**. New York :
John Wiley & Sons, 1980.

David ,R.L. , Frederikse , H.P.R. **Handbook of Chemistry and Physics**. New York
CRC Press LLC . 1998.

Mackay , K.M. , Mackay , R.A. **Introduction to Modern Inorganic Chemistry**. London,
International Textbook Company, 1981.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
Pibulsongkram Rajabhat University

เอกสารเสริม 1

ธาตุแทรนซิชัน

เราอาจแบ่งธาตุในตารางธาตุออกเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ ธาตุเรฟริเซนเทททิฟ และธาตุแทรนซิชัน โดยทั่วไปธาตุแทรนซิชันหมายถึงธาตุที่อะตอมหรือไอออนมีอิเล็กตรอนใน d - หรือ f - ออร์บิทัลไม่เต็ม ได้แก่ ธาตุกลุ่ม d และ f ในตารางธาตุนั้นเอง ธาตุแทรนซิชันยังแบ่งเป็นหมู่ต่าง ๆ เริ่มด้วยหมู่ IIIB, IVB ... VIII และ IB ธาตุหมู่ VIII ประกอบด้วยสมาชิกถึง 9 ธาตุซึ่งมากกว่าหมู่อื่น ๆ เนื่องจากมีสมบัติใกล้เคียงกันมากจึงจัดไว้ในหมู่เดียวกัน สำหรับธาตุหมู่ IIB (Zn, Cd, Hg) จะมีอิเล็กตรอนเต็มใน d - ออร์บิทัลไม่ว่าจะเป็นอะตอมหรือไอออนจึงไม่สามารถนับเป็นธาตุแทรนซิชันได้

ตาราง 1.1 ตารางธาตุ แสดงธาตุกลุ่ม d และ f

ตารางธาตุ แสดงธาตุกลุ่ม d และ f

กลุ่ม d										กลุ่ม p									
IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII			IB	IIB										
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30										
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn										
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48										
Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd										
57*	72	73	74	75	76	77	78	79	80										
La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg										
89*	104	105																	
Ac	Rf	Ha																	
*Lanthanide Series			58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71			
*Actinide Series			90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103			
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			

มีบางท่านให้นิยามใหม่โดยอาศัยสมบัติต่าง ๆ ประกอบดังนี้ "ธาตุแทรนซิชันเป็นธาตุซึ่งไอออนอย่างน้อย 1 ไอออน ที่มีอิเล็กตรอนใน d - ออร์บิทัลไม่ครบ" ตามนิยามนี้ธาตุหมู่ IIB และ IIIB จะไม่จัดเป็นธาตุแทรนซิชัน อนึ่งไอออนที่มีอิเล็กตรอนใน d - ออร์บิทัลไม่ครบ จะเรียกว่า Transition metal ion

ธาตุแทรนซิชันมีสมบัติคล้ายคลึงกันทั้งในแวนอนและแวนดิ่ง ดังนั้นนอกจากจะแบ่งธาตุแทรนซิชันออกเป็นหมู่ ๆ ตามแวนดิ่งแล้ว ยังมีชื่อเรียกธาตุตามแวนอนอีกด้วย ดังนี้

1. อนุกรมแทรนซิชันที่ 1 (First transition series) ประกอบด้วยบรรดาธาตุจาก Sc ถึง Cu ซึ่งอะตอมหรือไอออนมีอิเล็กตรอนใน 3d-ออร์บิทัลไม่ครบ

2. อนุกรมแทรนซิชันที่ 2 (Second transition series) ประกอบด้วยบรรดาธาตุจาก Y ถึง Ag ซึ่งอะตอมหรือไอออนมีอิเล็กตรอนใน 4d-ออร์บิทัลไม่ครบ

3. อนุกรมแทรนซิชันที่ 3 (Third transition series) ประกอบด้วยบรรดาธาตุจาก La ถึง Au ซึ่งอะตอมหรือไอออนมีอิเล็กตรอนใน 5d-ออร์บิทัลไม่ครบ

4. อนุกรมแลนทาไนด์ (Lanthanide series) ประกอบด้วยบรรดาธาตุตั้งแต่ Ce ถึง Lu ซึ่งมีการบรรจุอิเล็กตรอนใน 4f-ออร์บิทัล

5. อนุกรมแอกทิไนด์ (Actinide series) ประกอบด้วยบรรดาธาตุตั้งแต่ Th ถึง Lr ซึ่งมีการบรรจุอิเล็กตรอนใน 5f-ออร์บิทัล

ธาตุในอนุกรมแลนทาไนด์และอนุกรมแอกทิไนด์ อาจเรียกรวม ๆ ว่า “แทรนซิชันชั้นใน” เนื่องจากมีการเติมอิเล็กตรอนใน $(n-2)f$ -ออร์บิทัล ซึ่งอยู่ชั้นในเข้าไปเมื่อเทียบกับเวเลนซ์อิเล็กตรอนใน ns -ออร์บิทัล

ลักษณะเด่นของธาตุแทรนซิชัน

ธาตุแทรนซิชันมีความแตกต่างจากธาตุกลุ่ม s และ p พอประมาณ แต่ที่สำคัญและเห็นได้ชัด ได้แก่

1. แสดงเลขออกซิเดชันได้หลายค่า ยกเว้นหมู่ IIIB และ IIB ซึ่งเกิดสารประกอบที่มีเลขออกซิเดชัน +3 และ +2 ตามลำดับ ธาตุแทรนซิชันอื่น ๆ สามารถแสดงเลขออกซิเดชัน +2 ร่วมกันเป็นอย่างน้อย

2. สารประกอบหลายตัวเป็นสารพาราแมกเนติก (Paramagnetic) คือ ถูกดึงดูดอย่างอ่อน ๆ ด้วยแม่เหล็ก ในขณะที่สารประกอบของธาตุกลุ่ม s และ p เกือบทั้งหมดขาดสมบัติประการนี้เพราะไม่มีอิเล็กตรอนเดี่ยว นอกจากนี้ธาตุอิสระบางตัวยังทำให้เป็นแม่เหล็กได้ เช่น เหล็ก โคบอลต์

3. สารประกอบส่วนใหญ่ (ยกเว้นหมู่ IIIB) มีสี

4. มีแนวโน้มที่จะเกิดสารเชิงซ้อน (Complex หรือ Coordination compound) ได้ง่ายกว่าธาตุเรฟรีเซนเททีฟ

ตาราง 1.2 เลขออกซิเดชันต่าง ๆ ของธาตุแทรนซิชันอนุกรมที่ 1 และของ Zn

ธาตุและเลขออกซิเดชัน	ข้อสังเกต
Sc (+2) +3	ไม่ปรากฏ แสดงเฉพาะเลขออกซิเดชันนี้เท่านั้น $\text{Sc} + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Sc}^{3+} + 3\text{OH}^- + \frac{3}{2} \text{H}_2$
Ti +2 +3 +4	ไม่เสถียรในน้ำ สามารถรีดิวซ์น้ำได้ เตรียมโดยรีดิวซ์ Ti (IV) ด้วยสังกะสี เสถียรที่สุด เช่น TiCl_4 , TiO_2
V +2 +3 +4 +5	เป็นตัวรีดิวซ์ที่แรง, ถูกออกซิไดส์ง่าย เสถียร เสถียรที่สุดในสภาวะปกติ เป็นตัวออกซิไดส์ที่แรงปานกลาง ก่อพันธะกับธาตุที่มีค่าอิเล็กโตร- เนกาติวิตีสูง เช่น VF_5 , V_2O_5
Cr +2 +3 +6	เป็นตัวรีดิวซ์ที่แรง, ถูกออกซิไดส์ง่าย เสถียรที่สุด เป็นตัวออกซิไดส์ที่ดี เช่น $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
Mn +2 +3 +4 +6 +7	เสถียรที่สุด เสถียรถ้าอยู่ในรูปของสารเชิงซ้อน พบในรูป MnO_2 มากที่สุด ไม่แพร่หลายและเสถียรในเบสเท่านั้น เช่น MnO_4^{2-} (Manganate ion) เป็นตัวออกซิไดส์ที่แรงมาก เช่น MnO_4^- (Permanganate ion)
Fe +2 +3 +6	เสถียร แต่ก็ถูกออกซิไดส์ง่าย เสถียรที่สุด หายาก ตัวอย่างเช่น FeO_4^{2-}

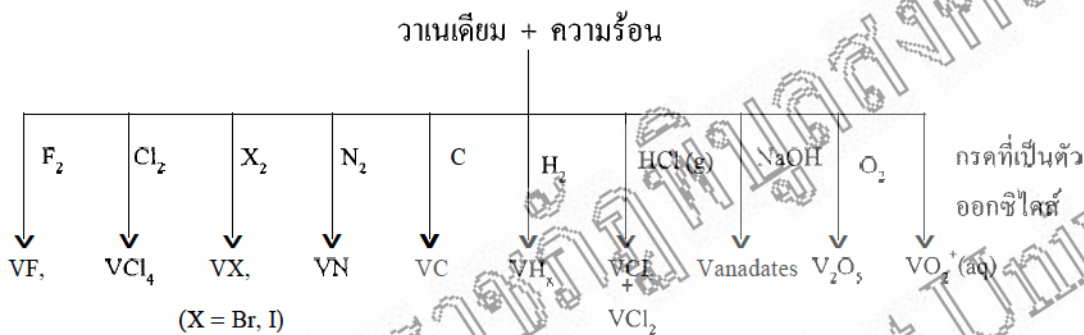
ตาราง 1.2 ต่อ

ธาตุและเลขออกซิเดชัน	ข้อสังเกต
Co +2	เสถียร, โดยเฉพาะในน้ำ หรืออยู่ในรูปของสารประกอบอย่างง่าย เช่น CoCO_3 ,
+3	เสถียรถ้าอยู่ในรูปของสารเชิงซ้อน $[\text{Co}^{3+}(\text{aq})]$ ออกซิไดส์น้ำได้ O_2
Ni +2	เสถียรที่สุด
+3	หายาก เป็นตัวออกซิไดส์ที่แรง
Cu +1	Cu^+ ไม่ค่อยเสถียรในสารละลาย จะเกิด Disproportionation $2 \text{Cu}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{Cu}$
+2	เสถียรมากในน้ำ
Zn +2	เสถียรที่สุด และพบเฉพาะเลขออกซิเดชันค่านี้เท่านั้น

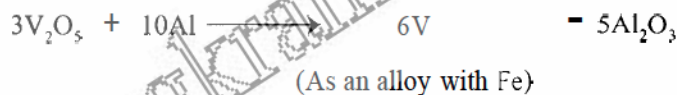
เอกสารเสริม 2

สถานะออกซิเดชันของธาตุวานาเดียม

วานาเดียมเป็นธาตุในกลุ่ม V B ของตารางธาตุ ส่วนมากเกิดในแร่ Carnotite ($K_2O \cdot 2UO_2 \cdot V_2O_5 \cdot 3H_2O$) แร่นี้ยังเป็นแหล่งสำคัญของธาตุยูเรเนียมด้วย วานาเดียมสามารถรวมตัวได้โดยตรงกับสารอื่นที่อุณหภูมิสูง เช่น กับออกซิเจน ไนโตรเจน คาร์บอน เป็นต้น ดังแสดงในแผนผังข้างล่างนี้

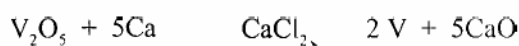


ด้วยเหตุนี้ในการเตรียมโลหะนี้ต้องถลุงใน steel bomb โดยการนำวานาเดียม (+5) ออกไซด์ (V₂O₅) มารีดิวซ์ด้วยอะลูมิเนียม และมีเหล็กกล้าชิ้นเล็ก ๆ (Steel chipping) อยู่ด้วย วานาเดียมที่เกิดขึ้นจะเป็นโลหะผสมกับเหล็ก ปฏิกิริยาเกิดขึ้นดังนี้



เนื่องจากประโยชน์ที่สำคัญของวานาเดียม คือ ใช้เป็นส่วนผสมของเหล็กเพื่อทำให้เป็นเหล็กกล้าที่เหนียวและแข็ง จึงมักไม่ค่อยแยกธาตุวานาเดียมออกมา

ในการเตรียมวานาเดียมที่บริสุทธิ์นั้น ทำได้โดยการรีดิวซ์ V₂O₅ ด้วยแคลเซียมที่ผสมไว้ด้วยแคลเซียมคลอไรด์ ทั้งนี้เพื่อให้สารมีความบริสุทธิ์น้อยลง และทำให้อุณหภูมิต่ำลงเหลือเพียง 900 – 950 °C จะได้โลหะวานาเดียมดังสมการ



โลหะวานเดียมมีความแข็งแรงและทนทานต่อการกัดกร่อนที่อุณหภูมิปกติ ไม่ทำปฏิกิริยากับกรดเจือจางที่เย็น แต่ละลายได้ช้า ๆ ในกรดไนตริกเจือจางที่ร้อน กรดซัลฟิวริกเข้มข้นที่ร้อน และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น

วานเดียมไม่ค่อยใช้ประโยชน์ในสภาพโลหะบริสุทธิ์ ประโยชน์ที่สำคัญ คือ ใช้ผสมกับเหล็กกล้า ซึ่งจัดเป็นโลหะผสมที่แข็งแรงและเหนียว นำไปทำข้อเหวี่ยงเครื่องยนต์ ล้อไอเสีย และเครื่องมือที่ใช้ความเร็วสูง ฯลฯ

สารประกอบของวานเดียมที่มีเลขออกซิเดชันต่าง ๆ

1. สารประกอบของวานเดียมที่มีเลขออกซิเดชัน +5

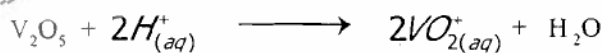
สารประกอบที่สำคัญได้แก่วานเดียม(+5)ออกไซด์ (Vanadium (V) oxide; V_2O_5) และเกลือวานาเตต (Vanadate) อื่น ๆ เช่น $NaVO_3$, NH_4VO_3 , Na_2VO_4 และ $NH_4V_2O_4$ V_2O_5 เป็นออกไซด์ที่เป็นของแข็งสีส้ม มีคุณสมบัติที่เป็นทั้งกรดและเบส เตรียมได้จากปฏิกิริยาการเผาแอมโมเนียมวานาเตต ปฏิกิริยาเกิดขึ้นดังสมการ



หรือเตรียมได้จากปฏิกิริยารวมตัวโดยตรงระหว่างวานเดียมกับออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง ๆ ดังสมการ



ในสารละลายที่เป็นกรดแก่ V_2O_5 จะละลายได้ให้อิออนเพอร์วานดิล (Pervanadyl ion; VO_2^+) ตามปฏิกิริยา



อิออนเพอร์วานดิลในสารละลายที่เป็นกรดปานกลางมีแนวโน้มที่จะเกิดพอลิเมอร์ (Polymer) ตามปฏิกิริยา



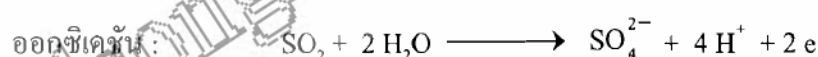
สารประกอบของวานาเดียมที่มีเลขออกซิเดชัน +5 มีสมบัติเป็นตัวออกซิไดส์ จะถูกรีดิวซ์ได้สารประกอบที่มีเลขออกซิเดชันต่ำลงเป็นค่าต่าง ๆ แล้วแต่ความแรงของตัวรีดิวซ์ที่ใช้ ตัวรีดิวซ์ที่ค่อนข้างอ่อน เช่น SO_2 , Fe^{2+} , Sn^{2+} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, I^- จะรีดิวซ์วานาเดียม (+5) ให้เป็นวานาเดียม (+4) ถ้ารีดิวซ์วานาเดียม (+5) ด้วยตัวรีดิวซ์ที่แรงขึ้น เช่น H_2 , CO จะได้วานาเดียม (+3)

2. สารประกอบของวานาเดียมที่มีเลขออกซิเดชัน +4

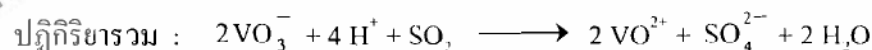
สารประกอบที่สำคัญได้แก่วานาเดียม (+4) ออกไซด์ (Vanadium (IV) oxide ; VO_2) และเกลือวานาดีลซัลเฟต (Vanadyl sulfate ; VOSO_4) และวานาดีลคลอไรด์ (Vanadyl chloride ; VOCl_2)

VO_2 เป็น Amphoteric oxide ซึ่งมีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำเงินแก่ เตรียมได้จากปฏิกิริยารีดักชันของ V_2O_5 ด้วย SO_2 และสามารถออกซิไดส์กลับเป็น V_2O_5 ได้อีกโดยเผาในอากาศ VO_2 ทำปฏิกิริยากับด่างหลอมเหลว (Fused alkali) จะได้ไอออนลบต่างๆ เช่น VO_3^{2-} , VO_4^{4-} ฯลฯ ถ้าให้ทำปฏิกิริยากับกรดจะได้สารละลายสีน้ำเงินของ VO^{2+} สารประกอบไฮโดรไลต์ของวานาเดียม (+4) ได้แก่ VF_3 , VCl_3 , VBr_3 (ไม่เสถียร) สำหรับ VOCl_2 ไม่ปรากฏแสดงว่าไม่เสถียรอย่างมาก

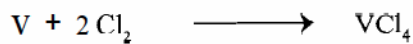
VOSO_4 สามารถเตรียมได้จากปฏิกิริยารีดักชันอย่างอ่อน (Mild reduction) ของแอมโมเนียมเพทรวานาเตด โดยละลายในกรดซัลฟิวริกเจือจางที่มี SO_2 อยู่ด้วย ปฏิกิริยาเกิดขึ้นดังสมการ



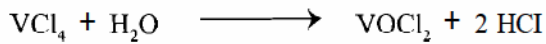
เมื่อรวมสองสมการเข้าด้วยกัน จะได้



สำหรับ VCl_4 เป็นของเหลวสีแดง มีความหนาแน่นสูงมากถึง 1.82 g/cm^3 มีจุดเยือกแข็งต่ำมาก (-109°C) VCl_4 เตรียมได้โดยการเผาโลหะวานาเดียมกับแก๊สคลอรีนโดยตรงที่อุณหภูมิสูง ดังสมการ



VCl_4 เมื่อละลายน้ำจะได้วานิลคลอไรด์ ดังสมการ



3. สารประกอบของวานเนเดียมที่มีเลขออกซิเดชัน +3

สารประกอบที่สำคัญได้แก่วานเนเดียม (+3) ออกไซด์ (Vanadium (III) oxide ; V_2O_3) เป็นของแข็งสีดำมีจุดหลอมเหลวสูง เตรียมได้โดยการผ่านแก๊สไฮโดรเจนไปบนวานเนเดียม
 ■ ออกไซด์ที่เผาให้ร้อน ดังสมการ



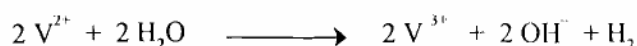
V_2O_3 มีสมบัติเป็นเบสิกออกไซด์ เมื่อละลายในกรดจะได้ ไอออน $[V(H_2O)_6]^{3+}$ มีสีเขียว

เกลือของวานเนเดียม (+3) ที่รู้จักกันดีตัวหนึ่ง คือ วานเนเดียม (+3) ซัลเฟต (Vanadium (III) sulfate ; $V_2(SO_4)_3$) เกลื่อนี้สามารถเตรียมให้เป็นเกลือสองเชิงประเภท Alum ได้ โดยที่ทำปฏิกิริยากับ K_2SO_4 ในปริมาณที่สมมูลกัน แล้วให้ตกผลึกในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย Alum ที่ได้มีสูตรเป็น $K.V.(SO_4) \cdot 12H_2O$

สารประกอบวานเนเดียม (+3) สามารถเปลี่ยนเป็นสารประกอบวานเนเดียม (+4) ได้ในอากาศ เช่น V_2O_3 เมื่อทำปฏิกิริยาช้า ๆ กับออกซิเจนจะได้ VO , และถ้าอยู่ในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย ไอออน Hydrated V^{3+} จะถูกออกซิไดส์โดยอากาศได้เป็นไอออน VO^{2+}

4. สารประกอบของวานเนเดียมที่มีเลขออกซิเดชัน +2

สารประกอบที่สำคัญได้แก่วานเนเดียม (+2) ออกไซด์ (vanadium (II) oxide ; VO) เป็นของแข็งสีดำ มีสมบัติเป็นเบสิกออกไซด์ เมื่อละลายในกรดจะให้ไอออน $[V(H_2O)_6]^{2+}$ ซึ่งมีสีม่วงแกม (Lavender color) สารละลายที่มีไอออน Hydrated V^{2+} หรือไอออน V^{2+} จะเป็น
 ■ และทำปฏิกิริยากับน้ำให้แก๊สไฮโดรเจนได้ ดังสมการ



ภาคผนวก 1

การเตรียมสาร

3.1 การเตรียมสารละลายเมทวานเนดต (VO_2^+) (Stock solution)

ชั่งแอมโมเนียมเมทวานเนดอย่างละเอียดประมาณ 2.5 g ละลายใน 2 M โซเดียมไฮดรอกไซด์ 25 cm³ คนสารละลายให้เข้ากัน แล้วเติม 2 M กรดซัลฟิวริก 75 cm³ เจือจางเป็น 250 cm³ ด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายสีเหลือง

3.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน 0.02 M โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

1. ชั่งโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 3.1–3.2 g ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 2 dm³ เติมน้ำกลั่นประมาณ 1 dm³ ต้มสารละลายจนเดือด ตั้งสารไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง กรองสารละลายผ่านกรวยกรองโดยมีกระดาษกรอง เก็บสารละลายในขวดสีชาและเก็บในที่มืด

2. หาคความเข้มข้นที่แน่นอนโดยการไทเทรตกับสารละลาย 0.05 M โซเดียมออกซาลेट (Sodium oxalate, $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) โดยโซเดียมออกซาลेटต้องอบที่อุณหภูมิ 105–110°C ประมาณ 2 ชั่วโมงก่อน

วิธีเตรียม

ก. ชั่งโซเดียมออกซาลेटให้ร่วนน้ำหนักแน่นอน 0.335 g (2 ตัวอย่าง) ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (ซึ่งเจือจางด้วยน้ำกลั่น 1 : 5 ส่วน) 50 cm³ ทำให้เย็นและเขย่าจนโซเดียมออกซาลेटละลายหมด

ข. เติมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตจากบิวเรตต์ลงไป 10 cm³ เขย่าแรงๆ จนสีชมพูหายไป จากนั้นนำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 60°C (อย่าต้มจนเดือดเพราะออกซาลेटจะสลายตัว) แล้วไทเทรตต่อไปช้า ๆ โดยใช้บิวเรตต์อันเดิม จนได้สารละลายสีชมพูอ่อน ๆ (สีจะคงตัวอยู่ประมาณ 1 นาที) แสดงว่าถึงจุดยุติ บันทึกปริมาตรของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นจนได้สารละลายสีชมพู นำไปคำนวณหาความเข้มข้น

3.3 การเตรียมซิงค์อมัลกัม

1. ชั่งผงซิงค์มา 5 g ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 100 cm³ เติมสารละลายเมอร์คิวริกคลอไรด์ (Mercuric chloride ; HgCl₂) 0.1 M ใน 1 M กรดไฮโดรคลอริกลงไป 50 cm³ เขย่าเบาๆ 3 – 5 นาที จะเกิดเงาที่ผิวซิงค์ รินสารละลายออก แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้งๆ ละประมาณ 30 cm³

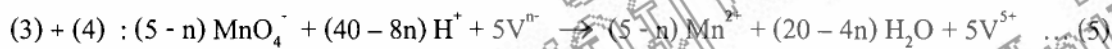
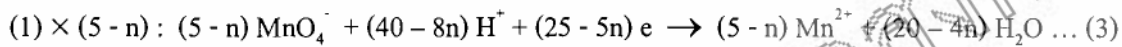
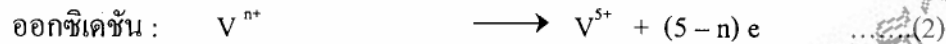
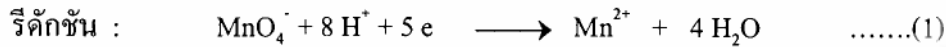
2. เติมสารละลายวาเนเดียมจาก Stock solution และกรดซัลฟิวริกทันที (ดูกิจกรรม 1.2.1)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ภาคผนวก 2

วิธีคำนวณหาเลขออกซิเดชัน

ปฏิกิริยาการไทเทรตวานเดียม (n) ด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เป็นดังนี้



การคำนวณ

คำนวณหาเลขออกซิเดชันของสารละลายวานเดียม (n) จากจำนวน โมลเริ่มต้นของวานเดียม (+5) และจำนวน โมลของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ไป จากสมการ (5)

$$\frac{\text{Mol of MnO}_4^-}{\text{Mol of V}^{5+}} = \frac{5-n}{5}$$

เพราะฉะนั้น

$$\frac{[\text{MnO}_4^-] \times V_{\text{MnO}_4^-}}{5-n} = \frac{[\text{VO}_2^+] \times V_{\text{VO}_2^+}}{5} \quad \dots\dots\dots (6)$$

หมายเหตุ ก่อนทำการไทเทรตวานเดียม (n) ด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ความเข้มข้นของวานเดียม (+5) และเปอร์แมงกาเนตเป็นค่าที่ทราบ

ภาคผนวก 3

ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานรีดักชัน

Standard Reduction Potential (E°)

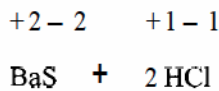
			E° / V
$V^{2+} + 2e$	\rightleftharpoons	V	- 1.175
$V^{3+} + 1e$	\rightleftharpoons	V^{2+}	- 0.255
$VO^{2+} + 2H^+ + e$	\rightleftharpoons	$V^{3+} + H_2O$	0.337
$VO_2^+ + 2H^+ + e$	\rightleftharpoons	$VO^{2+} + H_2O$	0.991
$V_2O_5 + 6H^+ + 2e$	\rightleftharpoons	$2VO^{2+} + 3H_2O$	0.957
$V_2O_5 + 10H^+ + 10e$	\rightleftharpoons	$2V + 5H_2O$	- 0.242
$Zn^{2+} + 2e$	\rightleftharpoons	Zn	- 0.7618
$Zn^{2+} + 2e$	\rightleftharpoons	$Zn(Hg)$	- 0.7628
$Fe^{2+} + 2e$	\rightleftharpoons	Fe	- 0.447
$Fe^{3+} + 3e$	\rightleftharpoons	Fe	- 0.037
$Fe^{3+} + e$	\rightleftharpoons	Fe^{2+}	0.771
$Mn^{2+} + 2e$	\rightleftharpoons	Mn	- 1.185
$SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e$	\rightleftharpoons	$H_2SO_3 + H_2O$	0.172
$Cr^{3+} + e$	\rightleftharpoons	Cr^{2+}	- 0.408
$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e$	\rightleftharpoons	$2Cr^{3+} + 7H_2O$	1.33
$O_2 + 4H^+ + 4e$	\rightleftharpoons	$2H_2O$	1.229

ภาคผนวก 4

ชนิดของปฏิกิริยาเคมี

ปฏิกิริยาเคมี เป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสสาร ซึ่งจะทำให้สสารนั้นเปลี่ยนไปจากเดิม สารใหม่ที่เกิดขึ้นเรียกว่า ผลปฏิกิริยา ส่วนสารเดิมเรียกว่าตัวทำปฏิกิริยา สำหรับสมการเคมี คือสิ่งที่เขียนแทนปฏิกิริยาเคมี โดยเขียนสารที่เป็นตัวทำปฏิกิริยาไว้ทางซ้ายมือ และสารที่เป็นผลปฏิกิริยาไว้ทางขวามือ ปฏิกิริยาเคมีสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

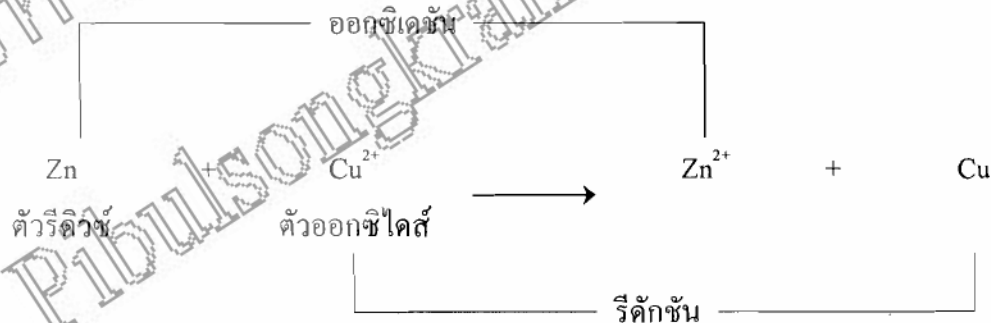
1. ปฏิกิริยานอนรีดอกซ์ (Non redox reaction) คือ ปฏิกิริยาเคมีที่อะตอมของธาตุไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน เช่น



2. ปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox reaction) คือ ปฏิกิริยาเคมีที่อะตอมของธาตุมีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน เช่น

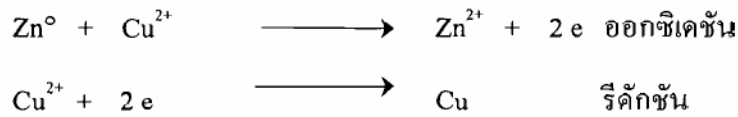


จากปฏิกิริยา จะเห็นว่า Zn มีเลขออกซิเดชันเปลี่ยนจาก 0 เป็น +2 และ Cu มีเลขออกซิเดชันเปลี่ยนจาก +2 เป็น 0



ในปฏิกิริยารีดอกซ์จะเกิดออกซิเดชันและรีดักชันควบคู่กันเสมอ ออกซิเดชัน คือ กระบวนการที่มีการเพิ่มเลขออกซิเดชันของอะตอมหรือไอออนหรือกระบวนการที่มีการสูญเสียหรือให้อิเล็กตรอน รีดักชัน คือ กระบวนการที่มีการลดเลขออกซิเดชันหรือกระบวนการที่มีการรับอิเล็กตรอน

จากปฏิกิริยาจะเห็นว่า Zn มีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นหรือมีการสูญเสียอิเล็กตรอน จึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และอาจกล่าวได้ว่า Zn ถูกออกซิไดส์ หรือเป็นตัวรีดิวซ์ ส่วน Cu^{2+} มีเลขออกซิเดชันลดลงหรือรับอิเล็กตรอนมาจึงเกิดปฏิกิริยารีดักชัน และอาจกล่าวได้ว่า Cu^{2+} ถูกรีดิวซ์ หรือเป็นตัวออกซิไดส์ เขียนแยกปฏิกิริยาได้ดังนี้



เลขออกซิเดชัน (Oxidation number)

เลขออกซิเดชัน หมายถึง จำนวนเลขที่บ่งภาวะทางไฟฟ้าของสารซึ่งอาจเป็น อะตอม ไอออน หรือโมเลกุลก็ได้

หลักการหาค่าเลขออกซิเดชัน

- ธาตุเวลาอยู่อิสระมีค่าเลขออกซิเดชันเท่ากับศูนย์
- ผลบวกทางพีชคณิตของค่าเลขออกซิเดชันของบรรดาอะตอมทั้งหลายใน สารประกอบหนึ่งๆ มีค่าเท่ากับศูนย์
- ในสารประกอบโคเวเลนต์ (Covalent compound)
 - H จะมีค่าเลขออกซิเดชัน +1 ยกเว้นเวลาอยู่กับโลหะเป็นสารประกอบประเภท ธาตุคู่ มีค่าเลขออกซิเดชัน -1 เช่น NaH CaH_2
 - O โดยทั่วไปเวลาอยู่ในสารประกอบมีค่าเลขออกซิเดชัน -2 ยกเว้นสารประกอบ พวกเปอร์ออกไซด์มีค่าเลขออกซิเดชัน -1 เช่น H_2O_2 , Na_2O_2
 - F, Cl, Br, I เวลาอยู่กับโลหะเป็นสารประกอบประเภทธาตุคู่ มีค่า เลขออกซิเดชันเท่ากับ -1
 - N, P เวลาอยู่กับโลหะเป็นสารประกอบประเภทธาตุคู่มีค่าเลขออกซิเดชัน เท่ากับ -3
 - S เวลาอยู่กับโลหะเป็นสารประกอบประเภทธาตุคู่มีค่าเลขออกซิเดชัน -2

ตัวอย่าง 1 จงหาค่าเลขออกซิเดชันของ Mn ใน KMnO_4

$$\begin{aligned} \text{เลขออกซิเดชันของ K} &= +1 & \text{O} &= -2 \\ (+1) + \text{Mn} + 4(-2) &= 0 \\ \text{Mn} - 7 &= 0 \\ \text{Mn} &= +7 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง 2 จงหาค่าเลขออกซิเดชันของ Cl ใน ClO_3^-

$$\begin{aligned} \text{เลขออกซิเดชันของ O} &= -2 \\ + \text{Cl} + 3(-2) &= -1 \\ \text{Cl} &= -1 + 6 \\ \text{Cl} &= +5 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง 3 จงหาค่าเลขออกซิเดชันของ Cr ใน $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

$$\begin{aligned} \text{เลขออกซิเดชันของ K} &= +1 & \text{O} &= -2 \\ 2(+1) + 2\text{Cr} + 7(-2) &= 0 \\ 2\text{Cr} &= -2 + 14 \\ \text{Cr} &= +6 \end{aligned}$$

คู่มือครู

สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน

OXIDATION STATE OF TRANSITION ELEMENT

Fna

รศ. ฤดีวรรณ นนยะรัตน์

โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

2544

แผนการสอนบทเรียนสำเร็จรูปที่ 1

เรื่อง สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน

- ตอนที่**
- 1.1 ธาตุแทรนซิชัน
 - 1.2 ผลิตผลของการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยซิงค์อมัลกัม
 - 1.3 ผลิตผลของการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยโซเดียมซัลไฟท์
 - 1.4 ผลิตผลของการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยไอร์ออน (+2) ซัลเฟต

- แนวคิด**
1. ธาตุแทรนซิชัน หมายถึง ธาตุที่อะตอมหรือไอออนมีอิเล็กตรอนใน d หรือ f ออร์บิทัลไม่เต็ม ได้แก่ ธาตุกลุ่ม d และ f ในตารางธาตุ
 2. ผลิตผลของการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยซิงค์อมัลกัม เป็นการทดลองเพื่อหาค่าเลขออกซิเดชันของวานเดียมที่เกิดจากการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยซิงค์อมัลกัม
 3. ผลิตผลของการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยโซเดียมซัลไฟท์ เป็นการทดลองเพื่อหาค่าเลขออกซิเดชันของวานเดียมที่เกิดจากการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยโซเดียมซัลไฟท์
 4. ผลิตผลของการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยไอร์ออน (+2) ซัลเฟต เป็นการทดลองเพื่อหาค่าเลขออกซิเดชันของวานเดียมที่เกิดจากการรีดิวซ์วานเดียม (+5) ด้วยไอร์ออน (+2) ซัลเฟต

วัตถุประสงค์

หลังจากศึกษาบทเรียนสำเร็จรูปแล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายความหมายของธาตุแทรนซิชันได้ถูกต้อง
2. อธิบายความแตกต่างระหว่างธาตุแทรนซิชันและธาตุกลุ่มอื่นในตารางธาตุได้ถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องสถานะออกซิเดชัน
3. อธิบายผลการทดลองการรีดิวซ์วานเนเดียม (+5) ด้วยซิงค์อมัลกัม ได้ถูกต้อง
4. อธิบายผลการทดลองการรีดิวซ์วานเนเดียม (+5) ด้วยโซเดียมซัลไฟด์ ได้ถูกต้อง
5. อธิบายผลการทดลองการรีดิวซ์วานเนเดียม (+5) ด้วยไฮดรอน (+2) ซัลเฟต ได้ถูกต้อง
6. บอกค่าเลขออกซิเดชันของวานเนเดียมที่ได้จากการรีดิวซ์ของแต่ละการทดลอง โดยการสังเกตสีของสารละลายได้ถูกต้อง
7. กำหนดค่าเลขออกซิเดชันของวานเนเดียมที่ได้จากการรีดิวซ์ของแต่ละการทดลองได้ถูกต้อง
8. เขียนปฏิกิริยาของแต่ละการทดลองได้ถูกต้อง

กิจกรรมระหว่างเรียน

1. ทำแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนบทเรียนสำเร็จรูป
2. ศึกษาบทเรียนสำเร็จรูป
3. ปฏิบัติกิจกรรมตามที่ได้รับมอบหมาย
4. ทำแบบประเมินผลตนเองหลังเรียนบทเรียนสำเร็จรูป

สื่อการสอน

1. บทเรียนสำเร็จรูปที่ 1 เรื่อง สถานะออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชัน
2. อุปกรณ์และสารเคมี
3. หนังสืออ่านประกอบ

เวลาเรียน

บทเรียนสำเร็จรูปนี้ใช้เวลาทั้งหมด **9 mu** แยกรายละเอียดได้ดังนี้

ตอนที่ 1.1 และ 1.2 เรื่อง ธาตุแทรนซิชัน และผลผลิตของการรีดิวซ์วานาเดียม

(+5) ด้วยซิงค์อมัลกัม 3 คาบ

ตอนที่ 1.3 ผลผลิตของการรีดิวซ์วานาเดียม (+5) ด้วยโซเดียม -

ซัลไฟด์..... 3 คาบ

ตอนที่ 1.4 ผลผลิตของการรีดิวซ์วานาเดียม (+5) ด้วยไฮดรอน (+2)

ซัลเฟต..... 3 คาบ

การประเมินผล

1. ประเมินผลจากแบบประเมินตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน
2. ประเมินผลจากรายงานผลการศึกษายาที่เรียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

(ใช้แบบทดสอบชุดเดียวกัน)

จงเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุด

I. ข้อใดเป็นธาตุแทรนซิชัน

- ก. ธาตุที่อะตอมหรือไอออนมีอิเล็กตรอนใน d ndn f ออร์บิทัลไม่เต็ม
- ข. ธาตุที่อะตอมหรือไอออนมีอิเล็กตรอนใน d หรือ f ออร์บิทัลเต็ม
- ก. ธาตุที่อะตอมหรือไอออนมีอิเล็กตรอนใน s หรือ p ออร์บิทัลเต็ม
- ง. ธาตุที่อะตอมหรือไอออนมีอิเล็กตรอนใน s หรือ p ออร์บิทัลไม่เต็ม
- a. ธาตุที่อะตอมหรือไอออนต้องมีอิเล็กตรอนทั้งใน d f s และ p ออร์บิทัลเต็ม

2. ธาตุแทรนซิชันต่างจากธาตุกลุ่มอื่นในข้อใด

- ก. ละลายน้ำได้
- ข. มีเลขออกซิเดชันหลายค่า
- ค. เป็นสารที่แม่เหล็กดูไม่ได้
- ง. สารประกอบของธาตุแทรนซิชันไม่มีสี
- จ. เป็นโลหะ

3. ทำไมสารละลายของ VO_2^+ เปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นเขียว ฟ้า และในที่สุดเป็นสีม่วงเมื่อถูกรีดิวซ์ด้วยซิงค์ไอออน

- ก. ถูกรีดิวซ์ครึ่งละหนึ่งอิเล็กตรอน
- ข. ถูกรีดิวซ์ครึ่งละสองอิเล็กตรอน
- ค. ถูกรีดิวซ์อิเล็กตรอนเท่าไรก็ได้ในแต่ละครั้ง แล้วแต่ความสามารถของตัวรีดิวซ์
- ง. ผลผลิตที่ได้จากการรีดิวซ์ของ VO_2^+ ทำปฏิกิริยากับน้ำ
- o. ผลผลิตที่ได้จากการรีดิวซ์ของ VO_2^+ ทำปฏิกิริยากับอากาศ

4. เมื่อพิจารณาสีของสารละลายจากผลของการรีดิวซ์วานเนเดียม (+5) ด้วยซิงค์อมัลกัม แสดงว่า
ได้วานเนเดียมเลขออกซิเดชันเท่าไร

- ก. +5
- ข. +4
- ค. +3
- ง. +2
- จ. +1

5. ผลการคำนวณหาตัวเลขออกซิเดชันของสารละลายวานเนเดียมที่ได้จากการรีดิวซ์ด้วย
ซิงค์อมัลกัม ควรเป็นข้อใด

- ก. +5
- ข. +4
- ค. +3
- ง. +2
- จ. +1

6. เมื่อรีดิวซ์ VO_2^+ ด้วยซิงค์อมัลกัมที่มีกรดซัลฟิวริกอยู่ด้วย ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างไร

- ก. $2\text{VO}_2^+ + \text{Zn} + 8\text{H}^+ \rightarrow 2\text{V}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O} + \text{Zn}^{2+}$
- ข. $2\text{VO}_2^+ + 3\text{Zn} + 8\text{H}^+ \rightarrow 2\text{V}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O} + 3\text{Zn}^{2+}$
- ค. $2\text{VO}_2^+ + \text{Zn} + 8\text{H}^+ \rightarrow 2\text{V}^{4+} + 4\text{H}_2\text{O} + \text{Zn}^{2+}$
- ง. $\text{VO}_2^+ + \text{Zn} + 4\text{H}^+ \rightarrow \text{V}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Zn}^{2+}$
- จ. $\text{VO}_2^+ + \text{Zn} \rightarrow \text{V}^0 + \text{O}_2 + \text{Zn}^{2+}$

7. ในการรีดิวซ์วานเนเดียม (+5) ด้วยโซเดียมซัลไฟท์ เราต้องต้มเพื่อไล่ $\text{SO}_2(\text{g})$ ออกก่อนทำ
การไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เพราะอะไร

- ก. SO_2 ละลายน้ำได้ทำให้การสังเกตจุดยุติไม่ชัดเจน
- ข. SO_2 ทำปฏิกิริยากับวานเนเดียม
- ค. SO_2 ทำให้ KMnO_4 ไม่สามารถทำปฏิกิริยากับวานเนเดียมได้
- ง. SO_2 สามารถทำปฏิกิริยากับด่างทับทิมได้
- จ. SO_2 ทำปฏิกิริยากับน้ำ

8. ผลของการรีดิวซ์วานาเดียม (+5) ด้วยโซเดียมซัลไฟท์ สีของสารละลายวานาเดียมและเลขออกซิเดชันที่ได้ คือข้อใด

- ก. เหลืองอ่อน เลขออกซิเดชัน + 5
 ข. ฟ้า เลขออกซิเดชัน + 4
 ค. เขียว เลขออกซิเดชัน + 3
 ง. ม่วงแก่ เลขออกซิเดชัน + 2
 จ. ไม่มีสี เลขออกซิเดชัน + 1

9. ผลการคำนวณหาค่าเลขออกซิเดชันของสารละลายวานาเดียมที่ได้จากการรีดิวซ์ด้วยโซเดียมซัลไฟท์ ควรเป็นข้อใด

- ก. + 5
 ข. + 4
 ค. + 3
 ง. + 2
 จ. + 1

10. ปฏิกิริยาการรีดิวซ์วานาเดียม (+5) ด้วยโซเดียมซัลไฟท์คือข้อใด

- ก. $2 \text{VO}_2^+ + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons 2 \text{VO}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
 ข. $4 \text{V}^{2+} + \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ \rightleftharpoons 4 \text{V}^{3+} + 2 \text{H}_2\text{O}$
 ค. $\text{Fe}^{2+} + \text{VO}_2^+ + 2 \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{VO}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
 ง. $2 \text{VO}_3^- + 12 \text{H}^+ + 3 \text{Zn} \rightleftharpoons 2 \text{V}^{2+} + 6 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{Zn}^{2+}$
 จ. $\text{VO}_2^+ + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{V}^{3+} + \text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

11. การรีดิวซ์วานาเดียม (+5) ด้วยไฮดรอน (+2) ซัลเฟต ทำไมจึงต้องเติมเปอร์ออกไซด์ซัลเฟต $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ ลงไปในปฏิกิริยา

- ก. เพื่อทำปฏิกิริยากับวานาเดียม (+5) ที่เหลือ
 ข. เพื่อเร่งให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น
 ค. เพื่อกำจัดไฮดรอน (+2) ที่มากเกินไป
 ง. เพื่อช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดช้าลงไม่เป็นอันตรายต่อผู้ทดลอง
 จ. เพื่อให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไป

12. ทำไมต้องไทเทรตสารละลายวานาเดียมที่ได้จากการรีดิวซ์ด้วยไอร์ออน (+2) ซัลเฟต กับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่อุณหภูมิห้อง
- เพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยาระหว่างไอร์ออนกับเปอร์แมงกาเนต
 - ป้องกันการทำปฏิกิริยาระหว่างเปอร์ออกไซด์ซัลเฟตกับเปอร์แมงกาเนต
 - ป้องกันการทำปฏิกิริยาระหว่างวานาเดียมกับเปอร์แมงกาเนต
 - เพื่อลดปฏิกิริยาให้เกิดช้าลง
 - เพื่อเร่งปฏิกิริยาให้เกิดเร็วขึ้น

13. ผลของการรีดิวซ์วานาเดียม (+5) ด้วยไอร์ออน (+2) ซัลเฟต สีของสารละลายวานาเดียมและเลขออกซิเดชันที่ได้ คือข้อใด

- เหลืองอ่อน เลขออกซิเดชัน +5
- ฟ้า เลขออกซิเดชัน +4
- เขียว เลขออกซิเดชัน +3
- ม่วงแก่ เลขออกซิเดชัน +2
- ไม่มีสี เลขออกซิเดชัน +1

14. ผลของการคำนวณหาค่าเลขออกซิเดชันของสารละลายวานาเดียมที่ได้จากการรีดิวซ์วานาเดียม (+5) ด้วยไอร์ออน (+2) ซัลเฟต ควรเป็นข้อใด

- +5
- +4
- +3
- +2
- +1

15. ปฏิกิริยาการไทเทรตระหว่างสารละลายวานาเดียมที่ได้จากการรีดิวซ์ด้วยไอร์ออน (+2) ซัลเฟตกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต คือข้อใด

- $\text{MnO}_4^- + 5 \text{VO}^{2+} + 8 \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 5 \text{V}^{5+} + 4 \text{H}_2\text{O}$
- $2\text{MnO}_4^- + 5 \text{V}^{3+} + 16 \text{H}^+ \rightleftharpoons 2 \text{Mn}^{2+} + 5 \text{V}^{5+} + 8 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{MnO}_4^- + 5 \text{V}^{5+} + 24 \text{H}^+ \rightleftharpoons 3 \text{Mn}^{2+} + 5 \text{V}^{5+} + 12 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{MnO}_4^- + \text{V}^0 + 8 \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + \text{V}^{5+} + 4 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{MnO}_4^- + \text{V}^{4+} + 4 \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + \text{V}^{5+} + 2 \text{H}_2\text{O}$

คำตอบ

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| 1. ก | 2. ข | 3. ก | 4. ง |
| 5. ง | 6. ข | 7. ก | 8. ข |
| 9. ข | 10. ก | 11. ค | 12. ข |
| 13. ข | 14. ข | 15. ก | |

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

กิจกรรมที่ครูต้องเตรียมล่วงหน้า

ตอนที่ 1.1 ธาตุแทรนซิชัน

กิจกรรม 1.1.1 ลักษณะทั่วไปของธาตุแทรนซิชัน

อุปกรณ์

ตารางธาตุ

กิจกรรม 1.1.2 เฉลยคำตอบ

1. โครงสร้างอิเล็กตรอนของธาตุแทรนซิชันต่างจากธาตุกลุ่มอื่น คือ เป็นธาตุที่อะตอมหรือไอออนมีอิเล็กตรอนใน d หรือ f ออร์บิทัลไม่เต็ม ได้แก่ ธาตุกลุ่ม d และ f ในตารางธาตุ

2. ธาตุแทรนซิชันแตกต่างจากธาตุกลุ่มอื่นในตารางธาตุในเรื่องสถานะออกซิเดชัน คือ ธาตุแทรนซิชันแสดงเลขออกซิเดชันได้หลายค่า ส่วนธาตุกลุ่ม s และ p ในตารางธาตุจะแสดงเลขออกซิเดชันค่าเดียว

ตอนที่ 1.2 ผลิตผลของการรีดิวซ์วานเนเดียม (+5) ด้วยซิงค์อะมัลกัม

กิจกรรม 1.2.1 การทดลอง

อุปกรณ์และสารเคมี

ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)

ปิเปตต์ (Pipette)

บิวเรตต์ (Burette)

แผ่นให้ความร้อน (Hot plate)

กรวยกรอง (Funnel)

บีเกอร์ (Beaker)

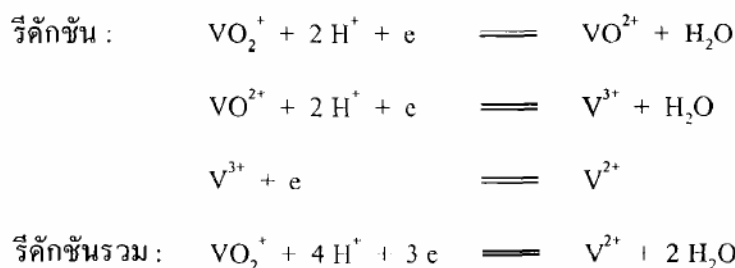
เทอร์มอมิเตอร์ (Thermometer)

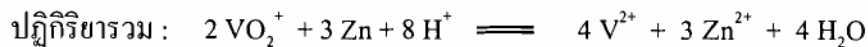
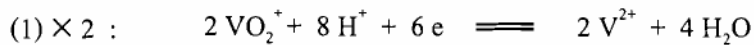
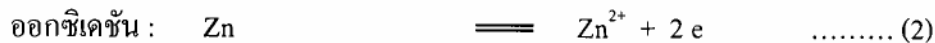
ขาตั้งพร้อมที่หนีบ (Stand with clamp)

- กรวยกรองสุญญากาศ (Suction)
- แอมโมเนียมเมทาวานาเดต (Ammonium metavanadate ; NH_4VO_3)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide ; NaOH)
- กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid ; H_2SO_4)
- โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (Potassium permanganate ; KMnO_4)
- โซเดียมออกซาเลต (Sodium oxalate ; $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$)
- ผงซิงค์ (Zinc dust)
- เมอร์คิวริกคลอไรด์ (Mercuric chloride ; HgCl_2)
- กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid ; HCl)

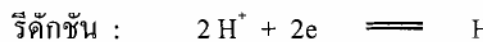
กิจกรรม 1.2.2 เกลยคำตอบ

1. ในการทดลองครั้งนี้ใช้สารเคมีดังต่อไปนี้
 - แอมโมเนียมเมทาวานาเดต
 - โซเดียมไฮดรอกไซด์
 - กรดซัลฟิวริก
 - สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
 - โซเดียมออกซาเลต
 - ชั่งค้อนมัลกัม
 - กรดไฮโดรคลอริก
 - สารละลายวานาเดียม(+5) หรือ VO_2^+ จาก Stock solution
2. เมื่อเปิดขวดสารละลายวานาเดียม(+5) จาก Stock solution ใส่ในขวดรูปชมพู่ที่มีชั่งค้อนมัลกัมอยู่ แล้วเติมกรดซัลฟิวริกลงไป สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีม่วง วัดปริมาตรของสารละลายได้เท่ากับ
ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ



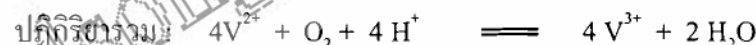
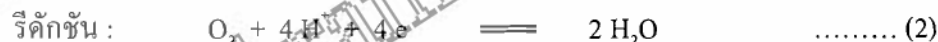


3. การใช้ซิงค์อมัลกัมเป็นตัวรีดิวซ์มีข้อดีกว่าการใช้ซิงค์เพราะ ซิงค์จะทำปฏิกิริยากับกรดเกิดฟองแก๊สดังสมการ



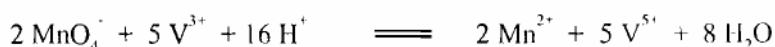
ถ้าเคลือบผิวซิงค์เป็นซิงค์อมัลกัมจะลดการสูญเสียอิเล็กตรอนได้

4. หลังจากทำ Aeration หรือเรียกว่า Air oxidation โดยผ่านอากาศลงไป สารละลายแล้ววานเนเดียมจะมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +3 (พิจารณาจากสีของสารละลายซึ่งมีสีเขียว) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ



5. ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการไทเทรตเท่ากับ

ปฏิกิริยาการไทเทรตระหว่างสารละลายของวานเนเดียมกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตคือ



วิธีคำนวณหาเลขออกซิเดชันของวาเนเดียม

จากการทำไทเทรชัน (Titration) พบว่า

- $[MnO_4^-]$ = M
 ปริมาตรที่ใช้ในการไทเทรต = cm³
 $[VO_2^+]$ = M
 ปริมาตรที่ใช้ในการทดลอง = cm³

เนื่องจาก

$$\frac{[MnO_4^-] \times V_{MnO_4^-}}{(5-n)} = \frac{[VO_2^+] \times V_{VO_2^+}}{5}$$

เพราะฉะนั้น $n = \dots\dots\dots$

6. วิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

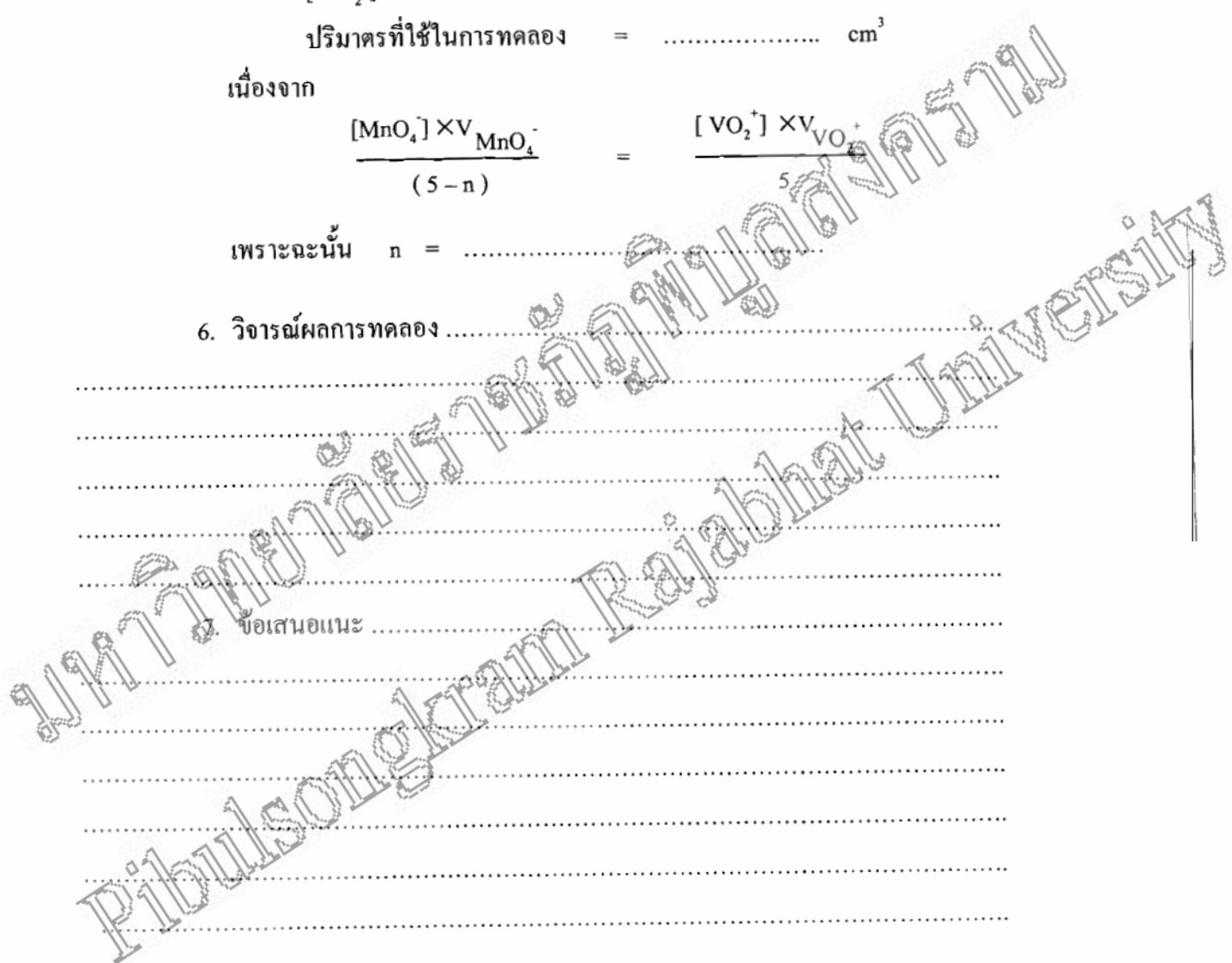
.....

.....

.....

.....

.....



ตอนที่ 1.3 ผลผลิตของการรีดิวซ์วานาเดียม (+5) ด้วยโซเดียมซัลไฟท์

กิจกรรม 1.3.1 การทดลอง

อุปกรณ์และสารเคมี

ปิเปตต์

บิวเรตต์

ขวดรูปชมพู่

แผ่นให้ความร้อน

ขาตั้งพร้อมที่หนีบ

สารละลายวานาเดียม (+5) หรือ VO_2^+ จาก Stock solution

โซเดียมซัลไฟท์

สารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

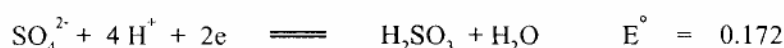
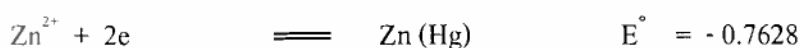
กิจกรรม 1.3.2 เกลยคำตอบ

1. เมื่อเติมโซเดียมซัลไฟท์ลงในสารละลายวานาเดียม (+5) จาก Stock solution ซึ่งมีกรดซัลฟิวริกอยู่ด้วยสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน

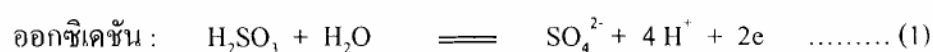
2. การใช้โซเดียมซัลไฟท์เป็นตัวรีดิวซ์จะได้วานาเดียมเลขออกซิเดชันเท่ากับ +4

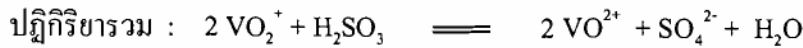
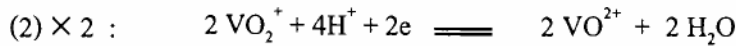
ถ้าใช้ซิงค์มัลกัมเป็นตัวรีดิวซ์จะได้วานาเดียมเลขออกซิเดชันเท่ากับ +2

การใช้โซเดียมซัลไฟท์ไม่สามารถรีดิวซ์วานาเดียมให้มีเลขออกซิเดชันเท่ากับการใช้ซิงค์มัลกัมเพราะ โซเดียมซัลไฟท์เป็นตัวรีดิวซ์มีแรงน้อยกว่า Zn(Hg) พิจารณาจากค่าศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐาน (E°) ดังนี้



3. ปฏิกริยาการรีดิวซ์วานาเดียมด้วยโซเดียมซัลไฟท์เป็นดังนี้

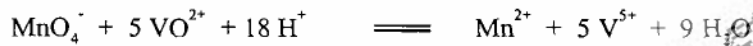




4. ปริมาตรของสารละลายวานาเดียมที่ใช้ในการไทเทรตเท่ากับ

ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการไทเทรตเท่ากับ.....

ปฏิกิริยาของการไทเทรตเป็นดังนี้



วิธีคำนวณหาเลขออกซิเดชันของวานาเดียม

จากการไทเทรชันพบว่า

$$[\text{MnO}_4^-] = \dots\dots\dots \text{M}$$

$$\text{ปริมาตรที่ใช้ในการไทเทรต} = \dots\dots\dots \text{cm}^3$$

$$[\text{VO}_2^+] = \dots\dots\dots \text{M}$$

$$\text{ปริมาตรที่ใช้ในการทดลอง} = \dots\dots\dots \text{cm}^3$$

เนื่องจาก

$$\frac{[\text{MnO}_4^-] \times V_{\text{MnO}_4^-}}{5 - n} = \frac{[\text{VO}_2^+] \times V_{\text{VO}_2^+}}{5}$$

เพราะฉะนั้น $n = \dots\dots\dots$

5. ก่อนทำการไทเทรตระหว่างสารละลายของวานาเดียมกับสารละลายมาตรฐาน

โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตต้องต้มไล่แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มากเกินไปออกก่อนเพราะแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตได้ ถ้าไม่ต้มไล่ออกก่อนจะทำให้ปริมาณของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการไทเทรตมากเกินไปกว่าที่ควรจะเป็น ทำให้การคำนวณเลขออกซิเดชันของวานาเดียมผิดไปได้

6. วิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

7. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

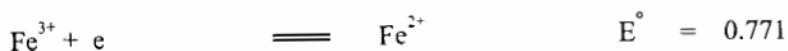
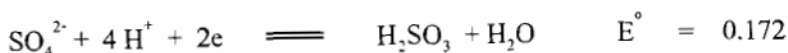
.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ซัลไฟต์รีดิวซ์วานเนียม (+5) ได้วานเนียม (+4) สิ้นน้ำเงินชัดเจนกว่าไอร์ออน (+2) เป็นตัวรีดิวซ์
ที่ได้ดีสไฟไสๆ พิจารณาจากค่า E° เป็นดังนี้



3. ปริมาตรของวานเนียมที่ใช้ในการไทเทรตเท่ากับ

ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการไทเทรตเท่ากับ.....
ปฏิกิริยาของการไทเทรตเป็นดังนี้



วิธีคำนวณหาเลขออกซิเดชันของวานเนียม

จากการทำไทเทรชัน พบว่า

$$[\text{MnO}_4^-] \dots\dots\dots \text{M}$$

$$\text{ปริมาตรที่ใช้ในการไทเทรต} = \dots\dots\dots \text{Cm}$$

$$[\text{VO}_2^+] \dots\dots\dots \text{M}$$

$$\text{ปริมาตรที่ใช้ในการทดลอง} = \dots\dots\dots \text{Cm}^3$$

เนื่องจาก

$$\frac{[\text{MnO}_4^-] \times V_{\text{MnO}_4^-}}{5 \times n} = \frac{[\text{VO}_2^+] \times V_{\text{VO}_2^+}}{5}$$

เพราะฉะนั้น n =

4. ในการรีดิวซ์วานเนียม (+5) ด้วยไอร์ออน (+2) ซัลเฟตต้องเติมแอมโมเนียม
เปอร์ออกไซด์ซัลเฟตเพราะ ต้องกำจัดไอร์ออน (+2) ที่มากเกินไปออก และต้องทำการ
ไทเทรตที่อุณหภูมิห้องเพราะถ้าสารละลายยังอุ่นหรือร้อนเปอร์แมงกาเนตจะออกซิไดส์ทั้ง
วานเนียมและเปอร์ออกไซด์ซัลเฟต ทำให้การคำนวณหาเลขออกซิเดชันของวานเนียมผิดพลาด
ได้

5. วิเคราะห์ผลการทดลอง

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

6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University