รายงานการวิจัย

การวิจัยเพื่อพัฒนาชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการเคมีอนินทรีย์ 1

THE RESEARCH FOR DEVELOPING THE MODULES ON INORGANIC CHEMISTRY LABORATORY I

โดย

รศ.สุภาพ รมณีย์พิกุล

ผศ.ศิริพร คงสวัสดิ์

ผศ.เยี่ยมศิริ มณีพิศมัย

ฝ่ายวิจัยและพัฒนาหลักสูตร โครงการ พวส.

สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ

2544

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

งานวิจัยนี้
ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาการเรียนการสอน
วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ในสถาบันราชภัฏ
ประจำปีงบประมาณ 2544

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ชื่อเรื่อง	การวิจัยเพื่อพัฒนาชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการเคมีอนินทรีย์ 1
ผู้วิจัย	รองศาสตราจารย์สุภาพ รมณีย์พิกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริพร คงสวัสดิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เยี่ยมศิริ มณีพิศมัย
สาขาวิชา	เคมี
ปีที่ทำวิจัยเสร็จ	2545

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างและพัฒนาชุดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการทดลอง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนศึกษาผลการใช้ชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการเคมีอนินทรีย์ 1 ตามหลักสูตรของสถาบันราชภัฏพุทธศักราช 2543 ในด้านประสิทธิภาพของบทเรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อการใช้ชุดการเรียนการสอน โดยสร้างชุดการเรียนการสอนทั้งสิ้นจำนวน 6 ชุด กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาเป็นนักศึกษาสถาบันราชภัฏจำนวนทั้งสิ้น 86 คน แบบแผนการวิจัยใช้เป็นแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและทดสอบหลังการทดลอง (One Group Pretest Posttest Design) พร้อมกับวัดเจตคติของผู้เรียน สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window

ผลการวิจัยพบว่า

1. ชุดการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นมีค่าประสิทธิภาพ 75/75 (±5) ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

2. ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อชุดการเรียนการสอนในทุก ๆ ด้าน เช่น เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ใช้เครื่องมือในการทดลอง

3. ชุดการเรียนการสอนช่วยให้เกิดการเรียนรู้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

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

Name : Assoc. Prof. Suphap Ramanecpikool
Assist. Prof. Siriporn Kongsawat
Assist. Prof. Yiemsiri Manecpisamai

Field : Chemistry

Research Year : 2002

Abstract

This research attempts to find the improvement of the students' ability of utilizing the equipment of the Inorganic Chemistry Laboratory I newly installed in Rajabhat Institutes in accordance with Rajabhat Institute curriculum 2000. Six modules were developed in accompanying with each equipment to enhance the skills of utilization. The study was separated into three parts : firstly, the participants' efficiency, secondly, participants' achievement and finally, the participants' attitude. Samples were 86 Rajabhat Institute students. The tools of research comprised modules, pretest, posttest and attitude test. Data were analyzed by SPSS for Window program.

The findings showed that :

1. The efficiency of the modules was 75/75 (±5) as the normal standard set.
2. Participants had positive attitude towards all modules. They had more opportunities to use several tools when there were modules accompanying the utilizing the equipment in the laboratory.
3. The result of the learning achievement of the participants was statistically significant at the level of 0.05 .

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี Phibulsongkram Rajabhat University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

Abstract

สารบัญ

สารบัญตาราง

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ความหมายของชุดการเรียนการสอนหรือโมดูล 5

2.2 หลักการสร้างชุดการเรียนการสอน 6

2.3 การทดสอบประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอน 10

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12

3 วิธีดำเนินการวิจัย 16

3.1 กลุ่มตัวอย่าง 16

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 16

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย 17

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 20

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย 21

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 24

4.1 เจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป 24

4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป 39

4.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป 40

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

5 สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ 41

5.1 สรุปผลการวิจัย 42

5.2 อภิปรายผล 42

5.3 ข้อเสนอแนะ 43

บรรณานุกรม 44

ภาคผนวก 48

ภาคผนวก ก การหาประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป 49

ภาคผนวก ข แบบสอบถามเจตคติของผู้เรียน 66

ภาคผนวก ค ตัวอย่างบทเรียนสำเร็จรูปที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้นและคู่มือครู 68

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 3.1 ชื่อชุดการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1 ผู้จัดทำและสถาบันการศึกษา 19

ตาราง 3.2 แสดงแบบแผนการทดลอง 20

ตาราง 4.1 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนต่อวัตถุประสงค์ของบทเรียนสำเร็จรูป 24

ตาราง 4.2 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนต่อความชัดเจนของขั้นตอนในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป 25

ตาราง 4.3 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อโอกาสการใช้เครื่องมือในการทดลองของบทเรียนสำเร็จรูป 26

ตาราง 4.4 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนต่อความสนุกเพลิดเพลินกับการทดลองในบทเรียนสำเร็จรูป 27

ตาราง 4.5 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนต่อการเรียนรู้อย่างใช้ความคิดและเหตุผลของบทเรียนสำเร็จรูป 28

ตาราง 4.6 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อวิธีการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปในด้านความง่ายกระชับและชัดเจน 29

ตาราง 4.7 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความเข้าใจเนื้อหาที่เสนอไว้ในบทเรียนสำเร็จรูป 30

ตาราง 4.8 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความยากของเนื้อหาที่เสนอไว้ในบทเรียนสำเร็จรูป 31

ตาราง 4.9 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความยาวของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป 32

ตาราง 4.10 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความยากของศัพท์ที่ใช้ในบทเรียนสำเร็จรูป 33

ตาราง 4.11 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนต่อรูปภาพประกอบในบทเรียนสำเร็จรูปที่ทำให้เกิดความเข้าใจบทเรียนสำเร็จรูป 34

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี Dhonburi Rajabhat University

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตาราง 4.12 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียน
ต่อคำถามของบทเรียนสำเร็จรูปและความสามารถตอบคำถาม
ในบทเรียนสำเร็จรูป 35
ตาราง 4.13 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียน
ที่มีต่อความเข้าใจคำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูปและความสามารถ
ในการปฏิบัติตามคำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูป 36
ตาราง 4.14 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียน
ที่มีต่อเวลาที่กำหนดของบทเรียนสำเร็จรูป 37
ตาราง 4.15 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียน
ที่มีต่อแบบวัดผลด้วยตนเองของบทเรียนสำเร็จรูป 38
ตาราง 4.16 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า t ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักศึกษาก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป 39
ตาราง 4.17 ค่าประสิทธิภาพและร้อยละความก้าวหน้าในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป 40

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์เป็นรากฐานที่สำคัญของการพัฒนาสังคมให้เจริญก้าวหน้าโดยรวดเร็วอย่างมีคุณภาพ สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจของประเทศและของโลกในอนาคต ดังนั้น กระบวนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและมีคุณภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาประเทศ ซึ่งสถาบันราชภัฏได้ทำหน้าที่รับผิดชอบโครงการพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (โครงการ wan.) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตครู และกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ที่มีคุณภาพและสอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่น รวมทั้งสนับสนุนให้อาจารย์และนักศึกษาดำเนินการศึกษาค้นคว้าและวิจัยเพื่อร่วมแก้ปัญหาท้องถิ่นโดยใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนกำหนดบทบาทให้สถาบันราชภัฏเป็นศูนย์บริการข้อมูลทางวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของท้องถิ่น

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องให้ผู้เรียนได้มีโอกาสปฏิบัติการทดลองหรือได้ทดลองปฏิบัติจริง (Laboratory approach) ซึ่งนอกจากจะช่วยส่งเสริมความรู้ความเข้าใจทฤษฎี กฎ หลักการ ความคิดรวบยอด และข้อเท็จจริงต่าง ๆ อันเป็นการพัฒนาทางด้านสติปัญญาความคิดแล้ว การทดลองปฏิบัติจริงยังช่วยฝึกฝนให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process skills) และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific attitude) ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ การทดลองปฏิบัติจริงจึงมีความสำคัญยิ่งในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทุกสาขาวิชา แต่จากการวิจัยของสุมาลี พิตรากูล และยุวนิตย์ หงษ์ตระกูล พบว่าสภาพความเป็นจริงการสอนวิทยาศาสตร์ในสถาบันราชภัฏโดยใช้กระบวนการทดลองปฏิบัติจริง ยังทำได้ในระดับต่ำ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ ภาคเหนือ ได้แก่ สถาบันราชภัฏเชียงใหม่ และพิบูลสงคราม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ สถาบันราชภัฏนครราชสีมา ภาคกลาง ได้แก่ สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ และภาคใต้ ได้แก่ สถาบันราชภัฏเพชรบุรี (สุมาลี พิตรากูล และยุวนิตย์ หงษ์ตระกูล, 2543 : 54)

วิชาเคมีเป็นวิชาที่ต้องมีการปฏิบัติการทดลอง ซึ่งจะช่วยให้นักศึกษาได้ฝึกฝนให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิยาศาสตร์ ทั้งที่เป็นทักษะทางสมอง (Cognitive skills) เช่น การออกแบบ

การทดลอง การตั้งสมมุติฐาน การแปลความหมายจากข้อมูล เป็นต้น และทักษะปฏิบัติการ (Manipulative skills) เช่น การใช้เครื่องมือ การสังเกต การดำเนินการทดลอง เป็นต้น นอกจากนั้นการปฏิบัติการทดลองยังเป็นการช่วยให้นักศึกษาเกิดคุณลักษณะต่าง ๆ ของการเป็นผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แก่ การมีความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity) ความมีเหตุมีผล (Rationality) ความเป็นคนใจกว้าง (Open mindedness) ความไม่ถือตนเป็นใหญ่ (Subjectivity) การไม่ด่วนสรุป (Suspended judgement) การมีวิจารณญาณ (Critical mindedness) การมีความซื่อสัตย์ (Honesty) และมีความอ่อนน้อมถ่อมตน (Humility)

การปฏิบัติการทดลองจึงเป็นการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือพัฒนาครบทั้งสามด้านพร้อม ๆ กัน ตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ต้องการให้ผู้เรียนได้รับทั้งความรู้ เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งชุดการเรียนการสอน (Module) เป็นเครื่องมือสำคัญสิ่งหนึ่งที่ช่วยในการสอนแบบปฏิบัติการทดลอง เพราะเป็นการจัดโอกาสให้ผู้เรียนทำการทดลองด้วยตนเอง มีประสบการณ์ตรง เป็นการช่วยในการเรียนรู้หรือแก้ปัญหาโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method)

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้จัดทำชุดการเรียนการสอนประกอบการเรียนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1 เพื่อนำไปใช้ปรับปรุงการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1 ที่มีประสิทธิภาพ โดยสร้างเป็นชุดการเรียนการสอนที่เน้นการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. เพื่อศึกษาผลการใช้บทเรียนสำเร็จรูปวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1 ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. เพื่อศึกษาเจตคติของนักศึกษาสถาบันราชภัฏที่มีต่อบทเรียนสำเร็จรูปวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1
4. เพื่อผลิตเอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี Phetchaburi Rajabhat University

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการทดลองโดยสร้างชุดการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1 (รหัสวิชา 4022202) ตามหลักสูตรระดับปริญญาตรี ของสถาบันราชภัฏ โดยมีขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ปีที่ 1 – 2 สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม สถาบันราชภัฏกาญจนบุรี สถาบันราชภัฏจันทรเกษม และสถาบันราชภัฏสุรินทร์ ปีการศึกษา 2544 – 2545 จำนวน 86 คน

2. ชุดการเรียนการสอนที่สร้างขึ้น ใช้เนื้อหาของวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1 ตามหลักสูตรของสถาบันราชภัฏ พุทธศักราช 2543 ประกอบด้วย บทเรียนสำเร็จรูปและคู่มือครู จำนวน 6 ชุด ได้แก่

1) การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก
2) การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์
3) โครงสร้างผลึก
4) ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ
5) สมบัติของธาตุแทรนซิชัน
6) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน – รีดักชัน

3. ตัวแปรที่ศึกษา

1) ตัวแปรอิสระ ได้แก่ กระบวนการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนสำเร็จรูป

2) ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนสำเร็จรูปแต่ละชุดทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนสำเร็จรูปและประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดการเรียนการสอน (Module) หมายถึง สื่อที่ใช้ประกอบการเรียนการสอนของวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1 (รหัสวิชา 4022202) ตามหลักสูตรของสถาบันราชภัฏ พุทธศักราช 2543 แบ่งเป็น 6 ชุด แต่ละชุดการเรียนการสอนประกอบด้วย บทเรียนสำเร็จรูป พร้อมคู่มือครูและแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการตอบสนองที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนสำเร็จรูป สามารถประเมินเป็นคะแนนได้โดยแบบทดสอบ

3. เจตคติที่มีต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป หมายถึง ความคิดเห็นและความรู้สึกที่มีต่อการเรียนการสอนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูป

4. ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป หมายถึง คุณภาพของบทเรียนสำเร็จรูปที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยมีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ / ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_1 / E_2) อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยถือเกณฑ์ 75 / 75

75 ตัวแรก เป็นค่าเฉลี่ยคิดร้อยละของคะแนนที่ผู้เรียนได้จากการทำแบบฝึกหัดหรือการปฏิบัติ

75 ตัวหลัง เป็นค่าเฉลี่ยคิดร้อยละของคะแนนที่ผู้เรียนได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการสร้างชุดการเรียนการสอนวิชาอื่น ๆ
2. เป็นการพัฒนาระบบการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับโครงการ พวส. ในสถาบันราชภัฏ
3. ทำให้ทราบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ
4. ทำให้ทราบเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนสำเร็จรูป

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการทำการวิจัยเรื่อง "การวิจัยเพื่อพัฒนาชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการเคมีอนินทรีย์ 1" ผู้วิจัยได้ตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ความหมายของชุดการเรียนการสอนหรือโมดูล
2. หลักการสร้างชุดการเรียนการสอน
3. การทดสอบประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอน
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของชุดการเรียนการสอนหรือโมดูล (Instructional Module)

ได้มีผู้ให้ความหมายของชุดการเรียนการสอนหรือโมดูลไว้ดังนี้

สงัด อุทรานันท์ (2532 : 167 – 168) ได้ให้ความหมายของชุดการเรียนการสอนว่าเป็นการเตรียมการสอนแต่ละเรื่องโดยละเอียด ซึ่งผู้สอนจะนำเอาเนื้อหาสาระในแต่ละเรื่องที่ได้จัดสรรเวลาไว้ในแผนการสอนระยะยาวมาทำการออกแบบวิธีการสอนว่าจะดำเนินกิจกรรมการสอนอย่างไร จะใช้สื่อการเรียนการสอนอะไร จะทำการวัดผลการเรียนการสอนอย่างไร และจะทำการช่วยเหลือผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ได้มากที่สุดอย่างไร

ลำพอง บุญช่วย (2530 : 198) ได้สรุปว่า ชุดการเรียนการสอน หมายถึง การวางแผนการเรียนการสอนของครูโดยใช้สื่อการสอนต่าง ๆ ร่วมกัน (Multimedia approach) เพื่อสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนตามจุดประสงค์ที่วางไว้โดยการจัดสื่อต่าง ๆ เหล่านี้ไว้เป็นชุดหรือกล่องเพื่อให้ผู้เรียนและผู้สอนได้ใช้ในการเรียนการสอน

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต (2528 : 18) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ชุดการเรียนการสอนหมายถึง หน่วยการเรียนการสอนสำเร็จรูปในตัวเอง มุ่งให้ผู้เรียนเรียนได้ด้วยตนเอง ซึ่งในชุดการเรียนการสอนหนึ่งๆ จะมีความสมบูรณ์ในตัวของมันเอง ผู้เรียนไม่จำเป็นต้องไปศึกษาค้นคว้าจากที่อื่นอีก ในชุดการเรียนการสอนแต่ละชุดจะมีคำแนะนำ จุดมุ่งหมาย การทดสอบก่อนการเรียนและการทดสอบหลังการเรียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Phibulsongkram Rajabhat University

บุหงา วัฒนะ (2534 : 320) ได้ให้ความหมายของชุดการเรียนการสอนไว้ว่า ชุดการเรียนการสอน *o* การจัดโปรแกรมการเรียนการสอนโดยใช้สื่อหลายชนิดร่วมกัน หรือที่เรียกว่าสื่อประสม (Multimedia system) เพื่อมุ่งสนองจุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนที่ตั้งไว้ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง และให้เกิดความสะดวกต่อการใช้ในการเรียนการสอน

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (นิคม ทาแดง และคนอื่น ๆ, 2543 : 113) ได้กล่าวสรุปว่า ชุดการเรียนการสอนเป็นชุดสื่อประสมที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองจากแหล่งความรู้ในรูปของสื่อต่าง ๆ ในสถานการณ์และสภาพแวดล้อมที่จัดไว้ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และใตร่ตรวญตามทีละน้อยตามลำดับขั้น ได้ร่วมกิจกรรมอย่างกระฉับกระเฉงได้รับคำติชมทันท่วงทีและได้รับประสบการณ์ที่เป็นความสำเร็จและเกิดความภาคภูมิใจ

ลอเรนซ์ (Lawrence, 1973) ได้ให้ความหมายของชุดการเรียนการสอนหรือโมดูล คือ หน่วยการสอนที่มีเนื้อหาจบในตัว สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนเองมากกว่าจะใช้ครู โมดูลประกอบด้วยสื่อการเรียนและกระบวนการที่จะถ่ายทอดเรื่องราวอย่างใดอย่างหนึ่ง

พาร์สัน และคนอื่น ๆ (Parson and others, 1976) ให้ความหมายของบทเรียนโมดูลว่าเป็นบทเรียนที่นักเรียนสามารถเรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่งได้ด้วยตนเองอย่างสะดวกตามความสามารถของตนเอง จะใช้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มก็ได้

สรุปความหมายของชุดการเรียนการสอนหรือโมดูลได้ว่าเป็นสื่อประสมที่ผู้สอนได้จัดเตรียมไว้เพื่อช่วยในการเรียนการสอน ซึ่งจะมีความสมบูรณ์ในตัวเอง ทำให้สะดวกต่อการใช้ในการเรียนการสอน ทั้งนี้เพราะประกอบไปด้วยจุดประสงค์ ความรู้พื้นฐาน กิจกรรม ตลอดจนการประเมินผล

2.2 หลักการสร้างชุดการเรียนการสอน

2.2.1 ประเภทของชุดการเรียนการสอน

ชุดการเรียนการสอนแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ มี 3 ประเภท

1. ชุดการเรียนการสอนประกอบการบรรยายของครู
2. ชุดการเรียนการสอนสำหรับกิจกรรมกลุ่ม
3. ชุดการเรียนการสอนรายบุคคล

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ชุดการเรียนการสอนประกอบการบรรยายของครู คือ ชุดการเรียนการสอนที่ครูสร้างขึ้นมาเพื่อใช้สอนหรือเสนอประสบการณ์ในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน อาจเรียกว่าชุดการสอน (Teaching packing) ประกอบด้วย

1) คู่มือครู ในคู่มือครูจะเสนอแนะแนวทางในการสอนให้แก่ครูเป็นอย่างดี ซึ่งประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ต่อไปนี้

- จุดมุ่งหมายของหลักสูตรและจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม
- รายละเอียดเกี่ยวกับเนื้อหา
- วิธีดำเนินการสอนเพื่อบรรลุถึงพฤติกรรมขั้นสุดท้าย
- รายการสื่อการสอนที่ใช้
- คำแนะนำการใช้สื่อการสอน
- หนังสืออ้างอิงประกอบการค้นคว้า

2) สื่อการสอน (Instructional media) ที่ใช้ประกอบการสอนเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมาย ซึ่งจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับกิจกรรมในการเรียนการสอน เพื่อให้การเรียนรู้บังเกิดขึ้นได้ง่ายและรวดเร็ว

3) แบบฝึกหัด

4) แบบทดสอบ มีทั้งแบบทดสอบก่อนและหลังการเรียน (Pretest and posttest)

ชุดการเรียนการสอนสำหรับกิจกรรมกลุ่ม เป็นชุดการเรียนการสอนที่เน้นกิจกรรมการเรียนที่จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการทำกิจกรรมตามที่กำหนดไว้ในแต่ละหมวดวิชา อาจมีหลาย ๆ ชุดก็ได้ แต่ละชุดจะจัดเป็นศูนย์กิจกรรม จะมีสื่อหรือบทเรียนครบชุดไว้ให้ตามจำนวนผู้เรียนในศูนย์กิจกรรมนั้น ๆ สื่อที่ใช้ในแต่ละศูนย์กิจกรรมจัดไว้ในรูปของสื่อผสม อาจใช้สื่อสำหรับรายบุคคลหรือสื่อสำหรับกลุ่มที่ทุกคนใช้ร่วมกันก็ได้ ผู้เรียนที่เรียนจากชุดการเรียนการสอนประเภทนี้ต้องการความช่วยเหลือจากครูไม่มากนัก จะต้องการความช่วยเหลือจากครูในระยะเริ่มเรียนเท่านั้น เมื่อเคยชินแล้วผู้เรียนจะช่วยเหลือซึ่งกันและกันได้ ครูคอยเป็นผู้ดูแลในระหว่างผู้เรียนทำกิจกรรม ชุดการเรียนการสอนสำหรับกิจกรรมกลุ่มบางทีเรียกว่า ชุดการสอนแบบศูนย์การเรียน (Learning center)

ชุดการเรียนการสอนรายบุคคล คือ ชุดการเรียนการสอนที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนตามลำพังด้วยตนเองได้ อาจจัดเป็นหน่วยการเรียน (Module) หรือบทเรียนสำเร็จรูปเฉพาะเรื่องก็ได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย Chiangrai Rajabhat University

นอกจากชุดการเรียนการสอนทั้ง 3 ประเภทดังกล่าวมาแล้ว ยังมีชุดการเรียนการสอนประเภทอื่น ๆ อีก ซึ่งแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ของการใช้ เช่น ชุดการเรียนการสอนสำหรับผู้ปกครอง ชุดการเรียนการสอนซ่อมเสริม ชุดการเรียนการสอนประกอบการผลิตและการใช้รายการโทรทัศน์เพื่อการศึกษา ฯลฯ เป็นต้น

2.2.2 องค์ประกอบของชุดการเรียนการสอน

ชุดการเรียนการสอนไม่ว่าจะเป็นประเภทใดก็ตามจะต้องประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

1. คำชี้แจง (Prospectus) คือคำอธิบายถึงขอบข่ายของชุดการเรียนการสอน วัตถุประสงค์ ความรู้พื้นฐานที่ผู้เรียนต้องมีก่อนเรียน และขอบข่ายของกระบวนการทั้งหมด

2. วัตถุประสงค์ (Objectives) คือ ข้อความที่ระบุไว้อย่างชัดเจนว่าเมื่อเรียนไปแล้ว ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงอะไรบ้าง

3. การประเมินผลก่อนเรียน (Pre-assessment) เป็นการกระทำที่มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบถึงพื้นความรู้เดิมของผู้เรียน การประเมินผลก่อนสอน อาจทดสอบข้อเขียน สัมภาษณ์ การปฏิบัติงานหรือให้ตอบคำถามก็ได้

4 การกำหนดกิจกรรม (Enabling activities) คือการกำหนดแนวทางหรือวิธีการเพื่อไปสู่วัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้โดยให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมนั้นด้วย

5. การประเมินผลหลังการเรียน (Posttest) คือ การประเมินผลหลังจากที่ผู้เรียนได้เรียนจบกระบวนการแล้วเพื่อทราบว่าบรรลุผลตามวัตถุประสงค์หรือไม่เพียงใด

2.2.3 การผลิตชุดการเรียนการสอน

ขั้นตอนในการสร้างชุดการเรียนการสอนตามแผนจุฬา หรือ Chulalongkorn University Plan for Multimedia Instructional Package Production เรียกง่าย ๆ ว่า CHULA PLAN ผู้ที่คิดค้นระบบการผลิตคือ ศาสตราจารย์ ดร.ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (นิคม ทาแดง และคนอื่น ๆ, 2543 : 67 - 68) แบ่งเป็นขั้นตอนสำคัญ 10 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การกำหนดหมวดหมู่เนื้อหาประสบการณ์ อาจกำหนดเป็นหมวดวิชาหรือบูรณาการเป็นแบบสหวิทยาการตามที่เห็นเหมาะสม

ขั้นที่ 2 กำหนดหน่วยการสอน แบ่งเนื้อหาวิชาออกเป็นหน่วยการสอน โดยประมาณเนื้อหาวิชาที่จะให้ครูสามารถถ่ายทอดความรู้แก่นักเรียนได้ในหนึ่งสัปดาห์หรือหนึ่งครั้ง ๆ ละ 1 – 2 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย Chiangrai Rajabhat University

ขั้นที่ 3 กำหนดหัวเรื่อง ผู้สอนจะต้องถามตนเองว่าในการสอนแต่ละหน่วยควรให้ประสบการณ์แก่ผู้เรียนอะไรบ้าง แล้วกำหนดหัวเรื่องออกมาเป็นหน่วยการสอนย่อย

ขั้นที่ 4 กำหนดมโนทัศน์และหลักการ มโนทัศน์และหลักการที่กำหนดขึ้นจะต้องสอดคล้องกับหน่วยและหัวเรื่อง โดยสรุปรวมแนวคิด สาระและหลักเกณฑ์สำคัญไว้ เพื่อเป็นแนวทางกำหนดเนื้อหาให้สอดคล้องกัน

ขั้นที่ 5 กำหนดวัตถุประสงค์ ให้สอดคล้องกับหัวเรื่องโดยกำหนดเป็นวัตถุประสงค์ทั่วไปก่อน แล้วจึงเขียนเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องมีเกณฑ์การเปลี่ยนพฤติกรรมไว้ทุกครั้ง

ขั้นที่ 6 กำหนดกิจกรรมการเรียน ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งจะเป็นแนวทางการเลือกและการผลิตสื่อการสอน "กิจกรรมการเรียน" หมายถึงกิจกรรม ทุกอย่างที่ผู้เรียนปฏิบัติ เช่น การอ่านบัตรคำสั่ง ตอบคำถาม เขียนภาพ ทำการทดลองวิทยาศาสตร์ เล่นเกม ฯลฯ

ขั้นที่ 7 กำหนดแบบประเมินผล ต้องประเมินผลให้ตรงวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้แบบทดสอบอิงเกณฑ์เพื่อให้ผู้สอนทราบว่า หลังจากผ่านกิจกรรมมาเรียบร้อยแล้ว ผู้เรียนได้เปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

ขั้นที่ 8 เลือกและผลิตสื่อการสอน วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการที่ครูใช้ถือเป็นสื่อการสอนทั้งสิ้น เมื่อผลิตสื่อการสอนแต่ละหัวเรื่องแล้ว ก็จัดสื่อการสอนเหล่านั้นไว้เป็นหมวดหมู่ในกล่องที่เตรียมไว้ ก่อนนำไปทดลองหาประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 9 หาประสิทธิภาพชุดการเรียนการสอน เพื่อประกันว่าชุดการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการสอนผู้สร้างจะต้องกำหนดเกณฑ์ขึ้น โดยคำนึงถึงหลักการที่ว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการเพื่อช่วยให้การเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียนบรรลุผล ดังนั้นการกำหนดเกณฑ์จะต้องคำนึงถึง "กระบวนการ" และ "ผลลัพธ์" โดยกำหนดตัวเลขเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยมีค่าเป็น E_1/E_2 การทดสอบประสิทธิภาพต้องดำเนินการ 3 ขั้นตอน คือ แบบเดี่ยว (1 : 1) แบบกลุ่ม (1 : 10) และภาคสนาม (1 : 100)

ขั้นที่ 10 การใช้ชุดการเรียนการสอน ชุดการเรียนการสอนที่ได้ปรับปรุงและมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ มีขั้นตอนการใช้ดังนี้ คือ ขั้นที่ 1 ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ขั้นที่ 2 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นที่ 3 ขั้นประกอบกิจกรรมการเรียน ขั้นที่ 4 ขั้นสรุปผลการสอน และขั้นที่ 5 ทำแบบทดสอบหลังเรียน

2.3 การทดสอบประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอน

2.3.1 เกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพ

ใช้เกณฑ์ความก้าวหน้าในการเรียนและเกณฑ์ประสิทธิภาพ

1. เกณฑ์ความก้าวหน้าในการเรียน

เป็นการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างการทดสอบก่อนเรียนกับการทดสอบหลังเรียนว่าได้คะแนนเพิ่มขึ้นเท่าไร เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือไม่ เช่น ตั้งเกณฑ์คะแนนเพิ่มไว้เฉลี่ยร้อยละ 25 หมายความว่าผู้เรียนสามารถทำคะแนนจากการทดสอบหลังเรียนได้มากกว่าคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนเฉลี่ยแล้วต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 จึงจะถือว่าถึงเกณฑ์

2. เกณฑ์ประสิทธิภาพ

เป็นการเปรียบเทียบคะแนนจากการประกอบกิจกรรม (E_1) กับคะแนนจากการทดสอบหลังเรียน (E_2) ว่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือไม่ เช่น ตั้งเกณฑ์ประสิทธิภาพไว้ที่ $E_1 / E_2 = 80 / 80$ หมายความว่าผู้เรียนสามารถทำกิจกรรมการเรียน เช่น ตอบคำถามในแบบฝึกหัดได้คะแนนเฉลี่ยแล้วต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 และสามารถทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 เช่นเดียวกัน จึงจะถือว่าถึงเกณฑ์

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอนหรือ E_1 / E_2 ใช้หลักดังนี้

1) 90 / 90 หรือ 85 / 85 สำหรับเนื้อหาวิชาที่เป็นเรื่องของความจำ (พุทธิพิสัย)

2) 80 / 80 หรือ 75 / 75 สำหรับเนื้อหาวิชาทักษะ (จิตพิสัยและทักษะพิสัย)

2.3.2 การหาประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอน

การหาประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอนจะต้องคำนึงถึงกระบวนการและผลลัพธ์ โดยกำหนดค่าเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ย มีค่าเป็น E_1/E_2

E_1 คือ ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากกิจกรรมหรืองานที่ผู้เรียนได้รับมอบหมายให้ทำ

E_2 คือ ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละของคะแนนการทดสอบหลังการเรียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

วิธีคำนวณหาประสิทธิภาพ ใช้สูตรการคำนวณ ดังนี้

สูตรที่ 1 $E_1 = \frac{\sum X/n}{A} \times 100$

E_1 = ค่าร้อยละประสิทธิภาพของกระบวนการ

X = คะแนนรวมของกิจกรรมหรือแบบฝึกหัด

n = จำนวนผู้เรียน

A = คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกชิ้น

สูตรที่ 2 $E_2 = \frac{\sum F/n}{B} \times 100$

E_2 = ค่าร้อยละประสิทธิภาพของผลลัพธ์

F = คะแนนรวมของผลลัพธ์หลังเรียน

n = จำนวนผู้เรียน

B = คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

2.3.3 ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอน

เมื่อผลิตชุดการเรียนการสอนแล้ว ต้องนำไปทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพ ตามขั้นตอนดังนี้

1. แบบเดี่ยว (1 : 1) เป็นการนำบทเรียนสำเร็จรูปไปใช้กับผู้เรียนครั้งละ 1 คน 3 ครั้ง โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับ เก่ง ปานกลาง อ่อน เมื่อได้ข้อมูลที่ต้องการแล้วก็นำไปปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น

2. แบบกลุ่ม (1:10) หลังจากที่ได้ปรับปรุงบทเรียนสำเร็จรูปที่ได้นำไปทดลองแบบเดี่ยวแล้ว ก็จะเป็นการนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวน 6 – 10 คน ซึ่งมีความสามารถคละกัน ผลที่ได้จากการทดลองใช้ก็จะนำไปทำการปรับปรุงให้ดีขึ้น

3. แบบภาคสนาม (1:100) เป็นการนำบทเรียนสำเร็จรูปไปใช้ในชั้นเรียนที่มีผู้เรียน 30 – 100 คน หากการทดลองภาคสนามให้ค่า E_1 และ E_2 ไม่ถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ก็จะต้องปรับปรุงชุดการเรียนการสอน และทำการทดลองหาประสิทธิภาพซ้ำอีก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย Chiangrai Rajabhat University

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยในประเทศ

อุไรวรรณ วิจารณกุล และคนอื่น ๆ (2543) ได้สร้างชุดการเรียนการสอนชีววิทยาที่เน้น Laboratory approach และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยสร้างชุดการเรียนการสอน 14 ชุด เนื้อหาสอดคล้องกับหลักสูตรสถาบันราชภัฏพุทธศักราช 2543 ในรายวิชา ชีววิทยาทั่วไป 1 ชีววิทยาทั่วไป 2 ปฏิบัติการชีววิทยาทั่วไป 1 และปฏิบัติการชีววิทยาทั่วไป 2 ประชากรที่ศึกษาเป็นนักศึกษาสถาบันราชภัฏ จำนวนทั้งสิ้น sso คน แบบแผนการวิจัยที่ใช้คือ Pretest – Posttest Design โดยใช้แบบวัดเจตคติ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window 98 ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาสถาบันราชภัฏมีเจตคติที่ดีต่อชุดการเรียนการสอนในทุก ๆ ด้าน เช่น วัตถุประสงค์ของชุดการเรียนการสอน เนื้อหาชัดเจน และทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างใช้ความคิดและเหตุผล และเปิดโอกาสให้ใช้เครื่องมือทดลองอย่างเต็มที่ การเรียนการสอนโดยใช้ชุดการเรียนการสอนที่เน้นการปฏิบัติการทดลองทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และมีความเชี่ยวชาญในการใช้เครื่องมือสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับ $P < .01$

เทอดศักดิ์ จันทร์อรุณ (2544) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนวิชาการคิดและการตัดสินใจแบบชุดวิชา พบว่าบทเรียนและกิจกรรมการเรียนการสอนแบบชุดวิชา มีประสิทธิภาพ 96.70 / 94.26 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ของสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จำนวน 44 คน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เข้าชั้นเรียนตามปกติกับการเรียนการสอนแบบชุดวิชาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และจากการตอบแบบสอบถามของผู้เรียนพบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจในการเรียนการสอนแบบชุดวิชา เพราะมีความยืดหยุ่นในการเรียน มีโอกาสรับทราบข้อบกพร่องของตนเอง และมีพัฒนาการเป็นของตัวเองเพิ่มมากขึ้น

สุรพล โคตรนรินทร์ (2543) ได้สร้างและพัฒนาชุดการเรียนการสอนกิจกรรมเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า แม่เหล็ก ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยปรากฏว่าชุดการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นมีค่าประสิทธิภาพ 80.9/80.2 และค่าดรรชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งเอาไว้ และได้นำเอาชุดการเรียนการสอนที่ได้พัฒนาแล้วไปทดสอบข้ามกลุ่มกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโนนหันวิทยา อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น เพื่อยืนยันค่าประสิทธิภาพและค่าดรรชนีประสิทธิผล

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ได้ค่าประสิทธิภาพ 83.1/80.9 และค่าดรรชนีประสิทธิผล .68 แสดงว่าชุดการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ จึงช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้จริง

สุวัฒนา ดันน์ (2542) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาบทเรียนสำเร็จรูปวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง "สารอาหาร" และการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยบทเรียนสำเร็จรูปกับที่เรียนโดยการสอนปกติ โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบ Nonrandomized Pretest – Posttest Controlled Group Design กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2541 โรงเรียนลาดปลาเค้าพิทยาคม กรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 80 nu แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ผลการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป เท่ากับ 93.32 ▮ 92.32 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการเรียนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง "สารอาหาร" สูงขึ้นกว่าที่เรียนโดยวิธีสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เสาวภา สมวิวัฒนกุล (2541) ได้ศึกษาผลการใช้ชุดการเรียนการสอนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2541 โรงเรียนชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช 1 ห้องเรียน 40 คน ที่ได้จากการสุ่มห้องเรียนแบบง่าย การวิจัยปรากฏผลว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างหลังการใช้ชุดการเรียนการสอนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนการใช้ชุดการเรียนการสอนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ประชา เลียบสื่อตระกูล (2540) ได้ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนโมดูล เรื่อง "การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงในวิชาวงจรไฟฟ้า 1" ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2540 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการสอนโดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนโมดูล จำนวน 6 บทเรียน และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยทดลองกับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี จำนวน 40 nu โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนโมดูลที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.65/84.75 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลองสูงกว่านักศึกษากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยในประเทศ พบว่า ชุดการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นโดยผู้วิจัยหลาย ๆ ท่านมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ตลอดจนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุดการเรียนการสอนสูงกว่าการเรียนการสอนด้วยวิธีอื่น ๆ และยังพบว่าผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอีกด้วย

2.4.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

แมคโดนัลด์ (McDonald, 1971) ได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิธีสอนโดยใช้ชุดการเรียนการสอนสื่อประสมเพื่อเรียนด้วยตนเองกับวิธีสอนแบบธรรมดาที่ใช้การบรรยายและอภิปรายในวิชาภาษาอังกฤษ ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาที่เรียนโดยใช้ชุดการเรียนการสอนสื่อประสมเพื่อเรียนด้วยตนเอง มีผลสัมฤทธิ์และเจตคติสูงกว่ากลุ่มที่สอนแบบบรรยายและอภิปราย

คอกกี้ (Caucci, 1971) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิธีสอนทั่วไป โดยการสอนแบบบรรยายอภิปราย (Lecture - Discussion) กับการสอนโดยใช้ชุดการเรียนการสอนจากกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาฝึกหัดครู 82 คน ใช้เวลาในการทดลอง 2 สัปดาห์ ผลปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการเรียนโดยใช้ชุดการเรียนการสอนนั้นนักศึกษามีอิสระในการศึกษาหาความรู้ในเนื้อหาวิชาซึ่งแตกต่างจากการสอนแบบบรรยาย – อภิปราย เขายังได้เสนอแนะว่า ชุดการเรียนการสอนควรเขียนหลักการเบื้องต้น หรือคำชี้แจง (Introduction) ให้กว้างครอบคลุมถึงความมุ่งหมายของบทเรียน และก่อนที่ผู้เรียนจะทำกิจกรรมการเรียน ควรจะมีความรู้เกี่ยวกับกิจกรรมต่าง ๆ หรือเข้าใจคำสั่งที่เขียนไว้ในกิจกรรมนั้น ๆ ก่อน กลวิธีที่ใช้ในการทบทวนความรู้ควรจะมีมากพอสมควร รวมทั้งการเสริมแรง (Reinforcement) ก็ควรนำมาช่วยในการเรียนด้วย เช่น ให้ผู้เรียนรู้ผลการเรียนทันที

มีค (Meeke, 1972) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีสอนแบบใช้ชุดการเรียนการสอนกับวิธีสอนแบบธรรมดาในวิชาเดียวกัน ได้ทำการศึกษาวิจัยกับนักศึกษามหาวิทยาลัย จำนวน 144 nu โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มควบคุมใช้เทคนิควิธีสอนแบบธรรมดา กลุ่มทดลองใช้ชุดการเรียนการสอน พบว่านักศึกษาทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันในด้านการเรียนรู้และด้านอื่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ Chiang Mai Rajabhat University Rajabhat University

ริกบี้ (Rigby, 1974) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการสอนโดยใช้ชุดการเรียนการสอนแบบกิจกรรมกับการสอนปกติในการสอนพิมพ์ดีดในมหาวิทยาลัยมิชิแกน ผลการวิจัยพบว่าการสอนโดยใช้ชุดการเรียนการสอนแบบกิจกรรมเป็นเทคนิคการสอนที่เชื่อถือได้ และบางกรณีได้ผลดีกว่าการสอนแบบปกติ ตลอดจนนักศึกษามีเจตคติที่ดีต่อชุดการเรียนการสอนแบบกิจกรรม

บรอเลย์ **(Brawley, 1975)** ได้วิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอนแบบสื่อประสมเพื่อใช้สอนในการบอกเวลาสำหรับเด็กเรียนช้า โดยสร้างชุดการเรียนการสอน จำนวน **12** ชุด ใช้เวลาทำการเรียน 15 **วัน** ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุม

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยในต่างประเทศ จะเห็นว่าการเรียนการสอนโดยใช้ชุดการเรียนการสอนจะทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์สูงกว่าการสอนโดยวิธีธรรมดา รวมทั้งมีเจตคติที่ดีต่อชุดการเรียนการสอน

จากการศึกษาผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในและต่างประเทศ พอสรุปได้ดังนี้

1. สามารถนำชุดการเรียนการสอนไปช่วยพัฒนาการเรียนการสอนให้ได้ผลดียิ่งขึ้น
2. ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง เพราะเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ
3. เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยกระบวนการแก้ปัญหา
4. ช่วยให้การสอนของครูมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
5. ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น
6. สร้างให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

มหาวิทยาลัยนเรศวร Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินตามขั้นตอนต่อไปนี้ คือ

1. กลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. วิธีดำเนินการวิจัย
4. การวิเคราะห์ข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาโปรแกรมวิชาเคมีของสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม สถาบันราชภัฏกาญจนบุรี สถาบันราชภัฏจันทรเกษม และสถาบันราชภัฏสุรินทร์ จำนวนทั้งสิ้น 86 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามหลักสูตรของสถาบันราชภัฏ ในวิชา 4022202 ปฏิบัติการเคมีอนินทรีย์ 1 จัดทำเป็นบทเรียนสำเร็จรูปทั้งหมด 6 ชุด ดังชื่อต่อไปนี้
   1) การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก
   2) การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์
   3) โครงสร้างผลึก
   4) ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ
   5) สมบัติของธาตุแทรนซิชัน
   6) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน – รีดักชัน

   *คณะผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างของบทเรียนสำเร็จรูปไว้ในภาคผนวก ค

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

2. แบบประเมินตนเองก่อนเรียนและแบบประเมินตนเองหลังเรียน เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนสำเร็จรูปแต่ละชุด ชุดละ 20 ข้อ แต่ละข้อมีคำตอบให้เลือก 5 ตัวเลือก

3. คู่มือครู เป็นการแนะนำการใช้บทเรียนสำเร็จรูปของครูผู้สอน ซึ่งประกอบด้วย แผนการสอน กิจกรรมที่ผู้สอนต้องเตรียมล่วงหน้า ได้แก่ การเตรียมสื่อการสอน ตลอดจนวัสดุอุปกรณ์และสารเคมี คำเฉลยของคำถามแต่ละกิจกรรม รวมทั้งแบบประเมินตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน (พร้อมเฉลยคำตอบ)

*คณะผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างของคู่มือครูไว้ในภาคผนวก ค

4. แบบสอบถามวัดเจตคติที่มีต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูปวิชาปฏิบัติการเคมีอนินทรีย์ 1 มีลักษณะเป็นแบบประมาณค่า (Rating scale) ให้เลือกตอบตามความจริงหลังจากที่ได้ศึกษาชุดการเรียนการสอนแล้ว โดยมีคำตอบให้เลือก 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด มีทั้งหมด 15 ข้อ ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พล คำปังสุ และคนอื่น ๆ (2543)

*คณะผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างแบบสอบถามวัดเจตคติของผู้เรียนไว้ในภาคผนวก ข

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 ขั้นตอนการวิจัย

1. ศึกษาหลักสูตรระดับปริญญาตรี วิชา 4022202 ปฏิบัติการเคมีอนินทรีย์ 1

2. วิเคราะห์เนื้อหาวิชาปฏิบัติการเคมีอนินทรีย์ 1 เพื่อนำมากำหนดบทเรียนที่จะสร้างชุดการเรียนการสอน เรียงลำดับบทเรียนก่อนหลังได้ทั้งหมด 6 ชุด

3. ศึกษาเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ศึกษา รวมทั้งเอกสารเกี่ยวกับการสร้างแบบสอบถามและแบบประเมินผล

4. ดำเนินการสร้างบทปฏิบัติการในรูปแบบของชุดการเรียนการสอน รวมทั้งหมด 6 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก

1) การเตรียมและศึกษาสมบัติของโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต

2) เอนทัลปีของสารละลายและพลังงานแลตทิซ

3) สารประกอบไอออนิก สารประกอบโคเวเลนต์ และปฏิกิริยาไอออนิก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย Chiangrai Rajabhat University

ชุดที่ 2 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์

ชุดที่ 3 โครงสร้างผลึก

1) โครงสร้างผลึกของธาตุ

2) เซลล์หน่วย

3) โครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิก

ชุดที่ 4 ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ

1) ความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของโลหะบางชนิด

2) ความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุแฮโลเจน

ชุดที่ 5 สมบัติของธาตุแทรนซิชัน

1) สมบัติทั่วไปของธาตุแทรนซิชัน

2) คุณสมบัติทางเคมีของธาตุแทรนซิชัน

3) การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของแมงกานีส

4) การหาสูตรของไอออนเชิงซ้อนในสารละลายโดยวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี

ชุดที่ 6 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน – รีดักชัน

1) ปฏิกิริยาออกซิเดชันของโลหะไฮดรอกไซด์

2) การรีดิวซ์เพอร์แมงกาเนตไอออนด้วยโซเดียมไบซัลไฟต์

ในการสร้างชุดการเรียนการสอนแต่ละชุดจะประกอบด้วยบทเรียนสำเร็จรูป คู่มือครู แบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนและแบบประเมินผลตนเองหลังเรียน

5. นำชุดการเรียนการสอนให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

6. ชุดการเรียนการสอนที่สร้างขึ้น นำไปทดลอง 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) ทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่งกับผู้เรียนที่มีความสามารถต่างกัน จำนวน 3 คน ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่ายจากผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน กลุ่มละ 1 คน เพื่อหาข้อผิดพลาดและความไม่เข้าใจเกี่ยวกับภาษา เวลา กิจกรรมการเรียนรู้ แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไข

2) ทดลองแบบกลุ่ม นำชุดการเรียนการสอนที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับนักศึกษา จำนวน 3 – 5 คน ที่มีความสามารถคละกันแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย Chiangrai Rajabhat University

3) ทดลองภาคสนาม นำชุดการเรียนการสอนที่ได้ปรับปรุงแก้ไขเป็นครั้งสุดท้ายมาทดลองกับนักศึกษาไม่ต่ำกว่า 20 คน ซึ่งมีสถาบันที่นำไปทดลองใช้แต่ละชุด จำนวน 3 สถาบัน (ดังตาราง 3.1) โดยดำเนินตามขั้นตอนดังนี้

(1) ให้ทำแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนแต่ละชุดการเรียนการสอน เพื่อต้องการทราบว่าผู้เรียนมีพื้นฐานหรือมีความรู้เพียงพอหรือไม่

(2) ขั้นเข้าสู่บทเรียน เป็นขั้นที่จูงใจให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในบทเรียนต่อไป

(3) ขั้นสอน ได้แก่ ขั้นดำเนินการกระทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์

(4) ขั้นสรุป เป็นการสรุปสาระสำคัญ หรือสรุปความคิดรวบยอดของเรื่องราว

(5) ทำแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อดูพฤติกรรมว่าเปลี่ยนแปลงไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการหรือไม่

7. ให้นักศึกษากลุ่มทดลองตอบแบบสอบถามการวัดเจตคติที่มีต่อการเรียนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1

8. รวบรวมข้อมูลและนำมาวิเคราะห์

ตาราง 3.1 ชื่อชุดการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1 ผู้จัดทำและสถาบันการศึกษา

ชื่อชุดการเรียนการสอน	ผู้จัดทำ	สถาบันราชภัฏ	
		ผู้จัดทำ	ผู้ทดลองใช้ภาคสนาม
1. การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก	ผศ.เยี่ยมศิริ มณีพิศมัย	จันทรเกษม	สุรินทร์
2. การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์	ผศ.เยี่ยมศิริ มณีพิศมัย	จันทรเกษม	สุรินทร์
3. โครงสร้างผลึก	รศ.สุภาพ รมณีย์พิกุล	พิบูลสงคราม	พิบูลสงคราม
4. ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ	รศ.สุภาพ รมณีย์พิกุล	พิบูลสงคราม	พิบูลสงคราม
5. สมบัติของธาตุแทรนซิชัน	ผศ.ศิริพร คงสวัสดิ์	กาญจนบุรี	กาญจนบุรี
6. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน – รีดักชัน	ผศ.ศิริพร คงสวัสดิ์	กาญจนบุรี	กาญจนบุรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

3.3.2 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest – Posttest Design ดังแสดงในตาราง 3.2

ตาราง 3.2 แสดงแบบแผนการทดลอง

ก่อนปฏิบัติการ	ทดลอง	หลังปฏิบัติการ
Treatment (T_1)	X	T_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการวิจัย

T_1 แทนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการใช้ชุดการเรียนการสอน

T_2 แทนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการใช้ชุดการเรียนการสอน

X แทนการสอนโดยการใช้ชุดการเรียนการสอน

กลุ่มทดลองได้แก่ นักศึกษาในสถาบันราชภัฏระดับปริญญาตรี ดังรายละเอียดในตาราง 3.1

3.3.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ดำเนินการวางแผนการทดลอง การสร้างชุดการเรียนการสอน การสร้างแบบทดสอบและสร้างเครื่องมือวัด ดำเนินการทดลองใช้เครื่องมือกับกลุ่มทดลอง และปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 ทำการทดลองในภาคสนามในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 วิเคราะห์ผลการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นดังนี้

1. ก่อนเรียนบทเรียนสำเร็จรูปแต่ละชุดให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดความรู้ความ เข้าใจ เป็นการประเมินตนเองก่อนเรียน

2. เมื่อสิ้นสุดการดำเนินการตามบทเรียนสำเร็จรูปแต่ละชุดให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจ เป็นการประเมินตนเองหลังเรียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

3. นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนมาหาความแตกต่างด้วยค่าที (t - test)

4. เมื่อปฏิบัติครบทุกชุดของบทเรียนสำเร็จรูปแล้ว ให้ผู้เรียนทำแบบสอบถามวัดเจตคติ และนำข้อมูลมาดำเนินการ ดังนี้

1) ตรวจให้คะแนนจากเกณฑ์ที่ตั้งไว้

มากที่สุด	ให้	5 คะแนน
มาก	ให้	4 คะแนน
ปานกลาง	ให้	3 คะแนน
น้อย	ให้	2 คะแนน
น้อยที่สุด	ให้	1 คะแนน

2) วิเคราะห์ข้อมูลโดยคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยให้เกณฑ์ในการแปลความหมายจากค่าเฉลี่ย ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.49	หมายถึง	ควรปรับปรุง
คะแนนเฉลี่ย	1.50 – 2.49	หมายถึง	พอใช้
คะแนนเฉลี่ย	2.50 – 3.49	หมายถึง	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	3.50 – 4.49	หมายถึง	ดี
คะแนนเฉลี่ย	4.50 – 5.00	หมายถึง	ดีมาก

5. หาประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป และความก้าวหน้าทางการเรียน

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. สถิติพื้นฐาน ใช้โปรแกรม SPSS / PC* ในการวิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความเชื่อมั่นหรือความเที่ยง (Reliability) ของเครื่องมือวิจัย

2. เกณฑ์แปรผลค่าเฉลี่ยเลขคณิตจากการตอบแบบวัดเจตคติ ใช้เกณฑ์ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.49	=	ระดับต่ำ หรือไม่มี
คะแนนเฉลี่ย	1.50 – 2.49	=	ระดับต่ำ
คะแนนเฉลี่ย	2.50 – 3.49	=	ระดับปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	3.50 – 4.49	=	ระดับดี
คะแนนเฉลี่ย	4.50 – 5.00	=	ระดับดีมาก

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

3. ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป คำนวณจากสูตร E_1 / E_2

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

เมื่อ E_1 = ค่าร้อยละประสิทธิภาพของกระบวนการ

X = คะแนนรวมของทักษะการปฏิบัติการในระหว่างการใช้บทเรียนสำเร็จรูป (กระบวนการ)

A = คะแนนเต็มของทักษะการปฏิบัติการในระหว่างการทดลองในบทเรียนสำเร็จรูป (กระบวนการ)

n = จำนวนนักศึกษา

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

เมื่อ E_2 = ค่าร้อยละประสิทธิภาพของผลลัพธ์

F = คะแนนรวมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป (ผลลัพธ์)

B = คะแนนเต็มของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป (ผลลัพธ์)

n = จำนวนนักศึกษา

(นภาพร สิงหทัต, 2533)

4. ความก้าวหน้าในการปฏิบัติการ

$$\text{ร้อยละของความก้าวหน้า} = \frac{\text{คะแนนเฉลี่ยหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป-ก่อนใช้บทเรียนสำเร็จรูป}}{\text{คะแนนเต็ม}} \times 100$$

(ดนัย เทียนพุฒิ, 2525)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต Pibulsongkram Rajabhat University

5. การทดสอบความแตกต่างระหว่างก่อนใช้บทเรียนสำเร็จรูปและหลังใช้บทเรียนสำเร็จรูปด้วยค่าที (t - test)

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

$\sum D$ = ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนการใช้บทเรียนสำเร็จรูป และหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูปแต่ละคู่

$\sum D^2$ = ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนการใช้บทเรียนสำเร็จรูปและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูปแต่ละคู่ที่ยกกำลังสอง

n = จำนวนนักศึกษา

(ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2530)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อได้นำชุดการเรียนการสอนที่สร้างขึ้น 6 ชุด ไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1 คณะผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัยเป็น 3 ด้าน คือ เจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป และประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

4.1 เจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อวัตถุประสงค์ของบทเรียนสำเร็จรูปได้ผลดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนต่อวัตถุประสงค์ของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก	3.5667	.5040	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์	3.7667	.4302	ดี
ชุดที่ 3 โครงสร้างผลึก	4.1935	.6011	ดี
ชุดที่ 4 อันดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ	4.0968	.7002	ดี
ชุดที่ 5 สมบัติของธาตุแทรนซิชัน	3.5600	.8699	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน	3.5200	.5099	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวัตถุประสงค์ของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ วัตถุประสงค์ของบทเรียนสำเร็จรูปมีความชัดเจนดีและสามารถก่อให้เกิดความเข้าใจได้ง่าย

เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความชัดเจนของขั้นตอนในการใช้บทเรียนสำเร็จรูปได้ผล ดังตารางที่ 4.2

ตาราง 4.2 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนต่อความชัดเจนของขั้นตอนในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก	3.5000	.5085	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์	3.8667	.3457	ดี
ชุดที่ 3 โครงสร้างผลึก	3.9677	.6575	ดี
ชุดที่ 4 ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ	4.0968	.8309	ดี
ชุดที่ 5 สมบัติของธาตุแทรนซิชัน	3.5600	.9165	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน	3.7200	.6782	ดี

จากตารางที่ 4.2 ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความชัดเจนของขั้นตอนในการใช้**บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด** นั่นคือ ขั้นตอนในการใช้บทเรียนสำเร็จรูปของบทเรียนสำเร็จรูป**ทุกชุดมีความชัดเจนดี**

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อโอกาสการใช้เครื่องมือในการทดลองของบทเรียนสำเร็จรูป ได้ผลดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อโอกาสการใช้เครื่องมือในการทดลองของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก	4.4333	.5040	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์	4.5333	.5074	ดีมาก
ชุดที่ 3 โครงสร้างผลึก	4.1935	.7492	ดี
ชุดที่ 4 ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ	4.3226	.6525	ดี
ชุดที 5 สมบัติของธาตุแทรนซิชัน	4.0800	.7024	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน	3.7200	.7371	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อโอกาสการใช้เครื่องมือในการทดลองของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ ผู้เรียนมีโอกาสใช้เครื่องมือในการทดลองของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดเป็นอย่างดีและดีมากในบทเรียนสำเร็จรูปเรื่องการเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความสนุกเพลิดเพลินกับการทดลองในบทเรียนสำเร็จรูป ดังตาราง 4.4

ตาราง 4.4 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนต่อความสนุกเพลิดเพลินกับการทดลองในบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก	3.5000	.9738	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์	3.5000	.8200	ดี
ชุดที่ 3 โครงสร้างผลึก	4.0323	.8360	ดี
ชุดที่ 4 ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ	4.0968	.7002	ดี
ชุดที่ 5 สมบัติของธาตุแทรนซิชัน	3.8000	.7071	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน	3.6800	.6904	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความสนุกเพลิดเพลินกับการทดลองของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ ผู้เรียนเกิดความสนุกเพลิดเพลินกับการทดลองของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดอย่างมาก

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้อย่างใช้ความคิดและเหตุผลของบทเรียนสำเร็จรูป ดังตาราง 4.5

ตาราง 4.5 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนต่อการเรียนรู้อย่างใช้ความคิดและเหตุผลของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก	3.6667	.8442	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์	3.6000	.7240	ดี
ชุดที่ 3 โครงสร้างผลึก	3.8710	.4275	ดี
ชุดที่ 4 ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ	3.8065	.6011	ดี
ชุดที่ 5 สมบัติของธาตุแทรนซิชัน	3.5200	.5099	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน	3.6000	.5774	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้โดยใช้ความคิดและเหตุผลของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างใช้ความคิดและเหตุผลจากบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อวิธีการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปในด้านความง่าย กระชับ และชัดเจน ดังตาราง 4.6

ตาราง 4.6 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อวิธีการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปในด้านความง่าย กระชับและชัดเจน

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก	3.5000	.5085	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์	3.5000	.5085	ดี
ชุดที่ 3 โครงสร้างผลึก	3.6774	.5993	ดี
ชุดที่ 4 ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ	3.6774	.7911	ดี
ชุดที่ 5 สมบัติของธาตุแทรนซิชัน	3.5200	.6532	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน	3.5200	.5859	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิธีการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ วิธีการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดทำให้เกิดความเข้าใจได้ง่าย มีความชัดเจนและกระชับดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความเข้าใจเนื้อหาที่เสนอไว้ในบทเรียนสำเร็จรูป ดังตาราง 4.7

ตาราง 4.7 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความเข้าใจเนื้อหาที่เสนอไว้ในบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก	3.6667	.6609	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์	4.2000	.5509	ดี
ชุดที่ 3 โครงสร้างผลึก	3.7419	.8152	ดี
ชุดที่ 4 ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ	3.7097	.8638	ดี
ชุดที่ 5 สมบัติของธาตุแทรนซิชัน	3.5200	.5859	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน	3.5200	.5859	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความเข้าใจเนื้อหาที่นำเสนอของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาที่นำเสนอของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดเป็นอย่างดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความยากของเนื้อหาที่เสนอไว้ในบทเรียนสำเร็จรูป

ดังตาราง 4.8

ตาราง 4.8 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความยากของเนื้อหาที่เสนอไว้ในบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก	3.5000	.5724	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์	3.6667	.7112	ดี
ชุดที่ 3 โครงสร้างผลึก	3.6452	.8774	ดี
ชุดที่ 4 ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ	3.7742	.8835	ดี
ชุดที่ 5 สมบัติของธาตุแทรนซิชัน	3.5200	.6532	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน	3.5200	.5099	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความยากของเนื้อหาที่เสนอไว้ในบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ ผู้เรียนคิดว่าบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดไม่ยากเกินกว่าที่จะทำความเข้าใจ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความยาวของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป ดังตาราง 4.9

ตาราง 4.9 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความยาวของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก	3.5000	.5724	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์	3.6000	.6747	ดี
ชุดที่ 3 โครงสร้างผลึก	3.7097	.9016	ดี
ชุดที่ 4 ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ	3.7097	.8638	ดี
ชุดที่ 5 สมบัติของธาตุแทรนซิชัน	3.5200	.5859	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน	3.5200	.5859	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความยาวของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดมีความยาวเหมาะสมดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความยากของศัพท์ที่ใช้ในบทเรียนสำเร็จรูป ดังตาราง 4.10

ตาราง 4.10 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความยากของศัพท์ที่ใช้ในบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก	4.1667	.6989	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์	4.4000	.4983	ดี
ชุดที่ 3 โครงสร้างผลึก	3.6452	.7978	ดี
ชุดที่ 4 ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ	3.7419	.8152	ดี
ชุดที่ 5 สมบัติของธาตุแทรนซิชัน	3.5200	.5859	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน	3.5200	.5859	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความยากของศัพท์ที่ใช้ของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ ผู้เรียนมีความคิดว่าคำศัพท์ที่ใช้ของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดไม่ยากเกินไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อรูปภาพประกอบในบทเรียนสำเร็จรูปที่ทำให้เกิดความเข้าใจบทเรียนสำเร็จรูป ดังตาราง 4.11

ตาราง 4.11 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนต่อรูปภาพประกอบในบทเรียนสำเร็จรูปที่ทำให้เกิดความเข้าใจบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก	3.6333	.6149	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์	3.5667	.5040	ดี
ชุดที่ 3 โครงสร้างผลึก	4.1935	.6011	ดี
ชุดที่ 4 ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ	3.9355	.9639	ดี
ชุดที่ 5 สมบัติของธาตุแทรนซิชัน	3.5200	.5859	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน	3.5200	.5099	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อรูปภาพประกอบของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ รูปภาพประกอบของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจดียิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อคำถามของบทเรียนสำเร็จรูปและความสามารถตอบคำถามในบทเรียนสำเร็จรูป ดังตาราง 4.12

ตาราง 4.12 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนต่อคำถามของบทเรียนสำเร็จรูปและความสามารถตอบคำถามในบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก	**3.5333**	.5074	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์	**3.6000**	.4983	ดี
ชุดที่ 3 โครงสร้างผลึก	**3.9677**	.7521	ดี
ชุดที่ 4 ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ	**3.9677**	.7063	ดี
ชุดที่ 5 สมบัติของธาตุแทรนซิชัน	**3.5200**	.8226	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน	**3.6000**	.8660	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อคำถามของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ คำถามของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้ง่าย และผู้เรียนสามารถหาคำตอบได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความเข้าใจคำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูปและความสามารถในการปฏิบัติตามคำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูป ดังตาราง 4.13

ตาราง 4.13 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความเข้าใจคำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูปและความสามารถในการปฏิบัติตามคำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก	4.0000	.7878	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์	4.4000	.4983	ดี
ชุดที่ 3 โครงสร้างผลึก	3.9355	.7718	ดี
ชุดที่ 4 ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ	3.9355	.7718	ดี
ชุดที่ 5 สมบัติของธาตุแทรนซิชัน	3.5600	.7681	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน	3.5200	.7703	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อคำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ คำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่ายและสามารถปฏิบัติได้ดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อเวลาที่กำหนดของบทเรียนสำเร็จรูป ดังตาราง 4.14

ตาราง 4.14 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อเวลาที่กำหนดของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\overline{X}$	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก	4.0000	.8305	ดี
2 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์	5.0000	.0000	ดีมาก
ชุดที่ 3 โครงสร้างผลึก	3.8065	.8725	ดี
ชุดที่ 4 ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ	3.7742	.8835	ดี
ชุดที่ 5 สมบัติของธาตุแทรนซิชัน	3.5600	,7681	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน	3.5600	.7681	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อเวลาที่กำหนดของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ เวลาที่กำหนดในการเรียนของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดมีความเหมาะสมดี และมีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับบทเรียนสำเร็จรูปเรื่อง การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
Phetchaburi Rajabhat University

เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อแบบวัดผลด้วยตนเองของบทเรียนสำเร็จรูป ดังตาราง 4.15

ตาราง 4.15 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อแบบวัดผลด้วยตนเองของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	$\bar{X}$	S.D.	เจตคติ อยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก	3.5333	.5074	ดี
ชุดที่ 2 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์	3.5000	.5085	ดี
ชุดที่ 3 โครงสร้างผลึก	4.0968	.8701	ดี
ชุดที่ 4 ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ	4.0000	.8944	ดี
ชุดที่ 5 สมบัติของธาตุแทรนซิชัน	3.5600	.6506	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน	3.7200	.6782	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความเหมาะสมของแบบวัดผลด้วยตนเองของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ แบบวัดผลด้วยตนเองของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดมีความเหมาะสมดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนใช้บทเรียนสำเร็จรูปและหลังใช้บทเรียนสำเร็จรูป แสดงได้ดังตาราง 4.16

ตาราง 4.16 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า t ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	การทดสอบ	n	$\bar{X}$	S.D.	t
ชุดที่ 1 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก	fiou	30	7.1333	2.2550	19.8078*
	หลัง	30	15.6667	0.7581	
ชุดที่ 2 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์	fiou	30	6.1000	2.4119	23.4774*
	หลัง	30	16.0000	1.2034	
ชุดที่ 3 โครงสร้างผลึก	fiou	31	6.0645	2.5158	17.3792*
	หลัง	31	15.3226	2.2418	
ชุดที่ 4 ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ	fiou	31	7.1290	1.9620	19.2396*
	หลัง	31	15.2258	2.1558	
ชุดที่ 5 สมบัติของธาตุแทรนซิชัน	fiou	25	4.9200	1.3204	30.7160*
	หลัง	25	14.0800	1.1874	
ชุดที่ 6 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน	fiou	25	5.5200	1.8055	20.1944*
	หลัง	25	14.9200	1.5253	

หมายเหตุ * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด พบว่ามีความแตกต่างกัน โดยหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูปนักศึกษามีการเรียนรู้ที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

4.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

ค่าประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูปแต่ละชุด ได้ถูกคำนวณโดยการหาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และหาค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) และแปลความโดยเทียบกับเกณฑ์ $E_1 : E_2 = 75 : 75$ โดยมีค่าเบี่ยงเบนได้ $\pm$ 5% ปรากฏผลการวิจัยในภาคผนวก ก

สำหรับประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูปและความก้าวหน้าในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.17

ตาราง 4.17 ค่าประสิทธิภาพและร้อยละความก้าวหน้าในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	ค่าประสิทธิภาพ $E_1 : E_2$	ร้อยละความก้าวหน้าในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป
ชุดที่ 1 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก	78.85 : 78.35	42.70 %
ชุดที่ 2 การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์	79.15 : 80.00	49.50 %
ชุดที่ 3 โครงสร้างผลึก	77.20 : 76.60	46.30 %
ชุดที่ 4 ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ	78.25 : 76.15	40.50 %
ชุดที่ 5 สมบัติของธาตุแทรนซิชัน	80.00 : 70.40	45.80 %
ชุดที่ 6 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน	78.60 : 74.60	47.00 %

คณะผู้วิจัยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาค่า $E_1 : E_2 = 75 : 75$ โดยการยอมรับประสิทธิภาพมีค่าเบี่ยงเบนได้ $\pm$5% จากเกณฑ์ในการพิจารณาดังกล่าว เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดมีค่าประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ตั้งไว้ทั้งกระบวนการเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ความก้าวหน้าของการใช้บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดอยู่ในช่วง 40.50% – 49.50%

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการสร้างชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1 ตามหลักสูตรสถาบันราชภัฏ พุทธศักราช 2543 มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1 ที่มีประสิทธิภาพ โดยสร้างเป็นชุดการเรียนการสอนที่เน้นการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนสำเร็จรูป
3. เพื่อผลิตเอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักศึกษาโปรแกรมวิชาเคมีของสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม สถาบันราชภัฏกาญจนบุรี สถาบันราชภัฏจันทรเกษม และสถาบันราชภัฏสุรินทร์ จำนวน 86 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1. บทเรียนสำเร็จรูปวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1 จำนวน 6 ชุด และคู่มือครู
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน
3. แบบสอบถามวัดเจตคติที่มีต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

การดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลของบทเรียนสำเร็จรูปแต่ละชุด ดำเนินการเป็นขั้น ๆ ดังนี้

1. ทดสอบก่อนเรียน
2. ให้นักศึกษาทดลองหรือทำกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในบทเรียนสำเร็จรูป
3. ประเมินผลหลังเรียน
4. ตอบแบบสอบถามวัดเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยค่าที (t - test)
2. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามวัดเจตคติโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

3. หาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูปตามเกณฑ์มาตรฐาน 75 / 75 โดยมีค่าเบี่ยงเบนได้ ±5%

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อบทเรียนสำเร็จรูปในทุก ๆ ด้าน ดังนี้

1) วัตถุประสงค์ ขั้นตอนในการใช้ ตลอดจนเนื้อหามีความละเอียด ชัดเจนดี ทำให้เข้าใจและปฏิบัติตามได้เป็นอย่างดี

2) ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างใช้ความคิดและเหตุผล สนุกเพลิดเพลินในการทดลอง ทั้งนี้เพราะมีโอกาสได้ใช้เครื่องมือในการทดลอง

3) คำศัพท์ไม่ยาก มีรูปภาพประกอบ คำถามชัดเจน เวลาที่กำหนดในการทดลองเหมาะสม ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้ดี

4) แบบวัดผลด้วยตนเองมีความเหมาะสมดี

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดมีความแตกต่างกัน โดยหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูปนักศึกษามีการเรียนรู้ที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. ค่าประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด อยู่ในเกณฑ์ที่ตั้งไว้ทั้งกระบวนการเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคือ $E_1 : E_2 = 75 : 75$ โดยมีค่าเบี่ยงเบน ±5% และความก้าวหน้าของการใช้บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดอยู่ในช่วง 40.50 % - 49.50 %

5.2 อภิปรายผล

จากการใช้ชุดการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1 นักศึกษาสถาบันราชภัฏมีการเรียนรู้สูงขึ้น เนื่องจากบทเรียนสำเร็จรูปมีการกำหนดวัตถุประสงค์ วิธีการทดลองตลอดจนอุปกรณ์และเนื้อหาซึ่งแบ่งเป็นหน่วยเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาได้เป็นอย่างดี และนักศึกษาได้รับประสบการณ์ตรง จึงทำให้มีทักษะทางด้านต่าง ๆ สูงขึ้น ตลอดจนมีเจตคติที่ดีต่อการใช้ชุดการเรียนการสอนจึงช่วยเพิ่มความกระตือรือร้นในการเรียนและจูงใจให้ผู้เรียนสนใจในการเรียนมากขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรส่งเสริมให้มีการจัดทำชุดการเรียนการสอนในรายวิชาอื่น ๆ

2. ควรมีการปรับปรุงประสิทธิภาพของแบบประเมินผล จะเป็นการพัฒนาชุดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บรรณานุกรม

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2541). **เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย**. กรุงเทพมหานคร : เทพเนรมิต การพิมพ์.

ดนัย เทียนพุฒ. (2525). **การพัฒนาเกณฑ์การประเมินการจัดดำเนินโครงการประชุมปฏิบัติการ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เทอดศักดิ์ จันทร์อรุณ. (2544). **การศึกษาการจัดการเรียนการสอนวิชาการคิดและการตัดสินใจแบบชุดวิชา**. พิษณุโลก : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม.

นภาพร สิงหทัต. (2531). **การพัฒนาชุดการสอนรายบุคคลเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางการวิจัยสำหรับครูและบุคลากรการศึกษาประจำการ**. ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

นิคม ทาแดงและคนอื่น ๆ. (2543). **เอกสารการสอนชุดวิชาสื่อการศึกษาพัฒนสรร หน่วยที่ 1 - 7**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

บุหงา วัฒนะ. (2534). "ชุดการเรียนการสอน." **เอกสารคำสอนวิชาหลักสูตรการสอน**. พระนครศรีอยุธยา : ภาควิชาหลักสูตรการสอน คณะวิชาครุศาสตร์ วิทยาลัยครูพระนครศรีอยุธยา.

ประชา เลียบสื่อตระกูล. (2540). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวงจรไฟฟ้า 1 เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงจากการสอนโดยใช้บทเรียนโมดูลและการสอนปกติ**. ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พล คำปังสุ์และคนอื่น ๆ . (2543). **คู่มือการรวบรวมข้อมูล (โครงการประเมินชุดการสอนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน)**. เลย : สถาบันราชภัฏเลย.

ลำพอง บุญช่วย. (2530). **การสอนเชิงระบบ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ปทุมธานี : คณะครุศาสตร์ วิทยาลัยครูเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์.

วิทยากร เชียงกูล. (2543). **ปฏิรูปการศึกษาอย่างไร เพื่อใคร เพื่ออะไร?**. กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ศิริเพ็ญมา กุญ. (2541). **การพัฒนาบทเรียนเพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพทางการเรียนสำหรับนักศึกษาครู**. ลพบุรี ภาควิชาหลักสูตรและวิจัยทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏเทพสตรี.

สงัด อุทรานันท์. (2532). **เทคนิคการจัดการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบ**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2544). **รายงานการประชุมปฏิบัติการมาตรฐานการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภา.

สิปปนนท์ เกตุทัต. (2538). "แนวความคิดเกี่ยวกับทิศทางและนโยบายด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับการศึกษาของประเทศไทย" **ปาฐกถาพิเศษในการประชุมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษา ครั้งที่ 4**. กรุงเทพมหานคร : ชมรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษา.

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. (2528). **โมดูล**. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

เสาวภา สมวิวัฒนกุล. (2541). **ผลการใช้ชุดการเรียนการสอนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สมศักดิ์ อภิบาลศรี. (2537). **เอกสารการอบรมประกอบการเขียนผลงานวิชาการเรื่องชุดการสอน**. นครราชสีมา : วิทยาลัยครูนครราชสีมา.

สุวัฒนา ดันน์. (2542). **การพัฒนาบทเรียนสำเร็จรูปวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง "สารอาหาร" และการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยบทเรียนสำเร็จรูป กับที่เรียนโดยการสอนปกติ**. ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สำนักมาตรฐานการศึกษา, สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ. (2543). **หลักสูตรสถาบันราชภัฏ พุทธศักราช 2543**. กรุงเทพมหานคร.

สุจิตรา สุขุมานันท์. (2542). **การวิจัยเชิงปฏิบัติการ : ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนคณิตศาสตร์ แบบปฏิบัติการในโรงเรียนที่จัดชั้นเรียนแบบรวมชั้น**. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
Phetchaburi Rajabhat University

สุมาลี พิตรากูลและยุวนิตย์ หงษ์ตระกูล. (2544). **การศึกษาแนวโน้มกลยุทธ์นวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21**. เชียงใหม่ : โครงการ wan. สถาบันราชภัฏเชียงใหม่.

สุรพล โคตรนรินทร์. (2543). **การสร้างและพัฒนาชุดการสอนกิจกรรมเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า แม่เหล็ก ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**. เลย : โปรแกรมวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏเลย.

อุไรวรรณ วิจารณกุลและคนอื่น ๆ. (2543). **การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนโดยเน้นการปฏิบัติและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในสถาบันราชภัฏ : ชุดการเรียนชีววิทยา**. พิษณุโลก : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม.

Allison, Robert D. (1973). "An Investigation into the Attitude towards Science of College Chemistry Students as a Function of Laboratoiy Experience." **Dissertation Abstracts International.** 33(7) : 3422 - A ; Januaiy.

Brawley, Oletha Daniels. (1975). "A Study to Evaluate the Effects of Using Multimedia Instruction for College Physical Science." **Dissertation Abstracts International.** 7(1) : 35.

Caucci, David John. (1971). "A Summative Education of a Module Method of Instruction." **Dissertation Abstracts International.** 3000 - A.

Houston, R.W. and others. (1972). **Development Instructional Modules.** Texas : College of Education. University of Texas.

Lawrence, Gordon. (1973). **Florida Module on Genetic Teacher Competencies : Module on Modules.** Florida : University of Florida.

McDonald, Ellen and Jean Baird. (1971). "The Development and Evaluation of a Set of Multimedia Self - Instruction Learning Activity Packages for Use in Remedial English at Urban Community College." **Dissertation Abstracts International.** 34(10) : 1950 - A.

Meeke, Elija Bruce. (1972). "Learning Packages Versus Conventional Methods of Instructional." **Dissertation Abstracts International.** 33(2) : 1950 - A.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

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

Rigby, Dorothy Sue. (1974). "The Effectiveness of Learning Activity of Package Instructional Versus the Teacher Direct Methods of Teaching Intermediate College, Type Writing." **Dissertation Abstracts International.** 35(8) : 979 - A.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ภาคผนวก ก

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทเรียนสำเร็จรูปที่ 1 เรื่อง การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก

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

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (20)	คะแนนหลังเรียน (20)	คะแนนกระบวนการ (20)	D	D^2
25	9	15	16	6	36
26	2	15	16	13	169
27	8	17	16	9	81
28	6	16	16	10	100
29	8	16	17	8	64
30	8	17	16	9	81
รวม	214	470	473	256	2346

$$\overline{X}_n = \frac{214}{30} = 7.13$$

$$\overline{X}_a = \frac{470}{30} = 15.67$$

$$\overline{X}_u = \frac{473}{30} = 15.77$$

$$E_1 = \frac{15.77}{20} \times 100 = 78.85$$

$$E_2 = \frac{15.67}{20} \times 100 = 78.35$$

ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป $= E_1 / E_2 = \frac{78.85}{78.35} = 1.01$

ร้อยละความก้าวหน้า $= \frac{(15.67 - 7.13)}{20} \times 100 = 42.70$

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

$$= \frac{256}{\sqrt{\frac{30 \times 2346 - (256)^2}{30-1}}}$$

$$= 19.8078$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

ก = คะแนนก่อนเรียน

ล = คะแนนหลังเรียน

น = คะแนนกระบวนการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทเรียนสำเร็จรูปที่ 2 เรื่อง การเตรียมและการศึกษาสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์

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

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (20)	คะแนนหลังเรียน (20)	คะแนนกระบวนการ (20)	D	D^2
25	4	16	15	12	144
26	6	15	15	9	81
27	8	18	16	10	100
28	9	17	16	8	64
29	10	18	15	8	64
30	8	15	15	7	49
รวม	183	480	475	297	3095

$$\overline{X}_{ก} = \frac{183}{30} = 6.1$$

$$\overline{X}_{ล} = \frac{480}{30} = 16.0$$

$$\overline{X}_{น} = \frac{475}{30} = 15.83$$

$$E_1 = \frac{15.83}{20} \times 100 = 79.15$$

$$E_2 = \frac{16.0}{20} \times 100 = 80.0$$

ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป $= E_1 / E_2 = \frac{79.15}{80.0} = 0.99$

ร้อยละความก้าวหน้า $= \frac{(16.0 - 6.1)}{20} \times 100 = 49.50$

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

$$= \frac{297}{\sqrt{\frac{30 \times 3095 - (297)^2}{30-1}}}$$

$$= 23.4774$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

ก = คะแนนก่อนเรียน

ล = คะแนนหลังเรียน

น = คะแนนกระบวนการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทเรียนสำเร็จรูปที่ 3 เรื่อง โครงสร้างผลึก

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (20)	คะแนนหลังเรียน (20)	คะแนนกระบวนการ (20)	D	D^2
1	3	11	13.5	8	64
2	9	17	15.0	8	64
3	4	13	15.5	9	81
4	6	16	15.5	10	100
5	3	18	15.67	15	225
6	8	19	14.5	11	121
7	7	15	13.43	8	64
8	3	18	13.33	15	225
9	5	13	16.17	8	64
10	8	14	15.17	6	36
11	5	13	15.17	8	64
12	5	14	16.17	9	81
13	8	15	16.33	7	49
14	5	13	16.67	8	64
15	5	19	15.83	14	196
16	9	19	13.5	10	100
17	11	16	16.5	5	25
18	5	13	15.0	8	64
19	5	14	13.5	9	81
20	12	18	17.83	6	36
21	5	16	16.5	11	121
22	3	15	17.83	12	144
23	8	14	15.17	6	36
24	7	18	18.83	11	121

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (20)	คะแนนหลังเรียน (20)	คะแนนกระบวนการ (20)	D	D^2
25	7	14	13.5	7	49
26	3	19	16.0	16	256
27	7	13	15.83	6	36
28	10	15	13.17	5	25
29	3	14	14.39	11	121
30	3	15	15.83	12	144
31	6	14	17.33	8	64
รวม	188	475	478.65	287	2921

$$\overline{X}_{ก} = \frac{188}{31} = 6.06$$

$$\overline{X}_{ห} = \frac{475}{31} = 15.32$$

$$\overline{X}_{น} = \frac{478.65}{31} = 15.44$$

$$E_1 = \frac{15.44}{20} \times 100 = 77.2$$

$$E_2 = \frac{15.32}{20} \times 100 = 76.6$$

ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป $= E_1 / E_2 = \frac{77.2}{76.6} = 1.01$

ร้อยละความก้าวหน้า $= \frac{(15.32 - 6.06)}{20} \times 100 = 46.30$

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

$$= \frac{287}{\sqrt{\frac{31 \times 2921 - (287)^2}{31-1}}}$$

$$= 17.3792$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Phibulsongkram Rajabhat University

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

ก = คะแนนก่อนเรียน

ล = คะแนนหลังเรียน

น = คะแนนกระบวนการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทเรียนสำเร็จรูปที่ 4 เรื่อง ลำดับความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีของธาตุ

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

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (20)	คะแนนหลังเรียน (20)	คะแนนกระบวนการ (20)	D	D^2
25	3	17	16	14	196
26	8	15	16	7	49
27	9	11	16	2	4
28	7	17	13	10	100
29	6	16	16	10	100
30	7	15	16	8	64
31	4	12	16	8	34
รวม	221	472	485	251	2197

$$\bar{X}_n = \frac{221}{31} = 7.13$$

$$\bar{X}_a = \frac{472}{31} = 15.23$$

$$\bar{X}_u = \frac{485}{31} = 15.65$$

$$E_1 = \frac{15.65}{20} \times 100 = 78.25$$

$$E_2 = \frac{15.23}{20} \times 100 = 76.15$$

ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป $= E_1 / E_2 = \frac{78.25}{76.15} = 1.03$

ร้อยละความก้าวหน้า $= \frac{(15.23 - 7.13)}{20} \times 100 = 40.50$

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

$$= \frac{251}{\sqrt{\frac{31 \times 2197 - (251)^2}{31-1}}}$$

$$= 19.2396$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

ก = คะแนนก่อนเรียน

ล = คะแนนหลังเรียน

น = คะแนนกระบวนการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทเรียนสำเร็จรูปที่ 5 เรื่อง สมบัติของธาตุแทรนซิชัน

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (20)	คะแนนหลังเรียน (20)	คะแนนกระบวนการ (20)	D	D^2
1	5	15	16	10	100
2	4	12	16	8	64
3	5	14	15	9	81
4	6	14	16	8	64
5	7	15	17	8	64
6	4	17	17	13	169
7	6	13	15	7	49
8	6	15	17	9	81
9	3	14	16	11	121
10	3	15	16	12	144
11	4	13	17	9	81
12	3	14	16	11	121
13	4	13	16	9	81
14	4	15	17	11	121
15	6	13	17	7	49
16	5	14	16	9	81
17	7	16	15	9	81
18	5	15	16	10	100
19	6	14	16	8	64
20	7	15	17	8	64
21	4	13	15	9	81
22	6	14	15	8	64
23	3	12	15	9	81
24	4	13	15	9	81

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี Phibulsongkram Rajabhat University

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D^2
25	6	14	16	8	64
รวม	123	352	400	229	2151

$$\overline{X}_{ก} = \frac{123}{25} = 4.92$$

$$\overline{X}_{ล} = \frac{352}{25} = 14.08$$

$$\overline{X}_{น} = \frac{400}{25} = 16.00$$

$$E_1 = \frac{16.00}{20} \times 100 = 80.00$$

$$E_2 = \frac{14.08}{20} \times 100 = 70.40$$

ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป $= E_1 / E_2 = \frac{80.00}{70.40} = 1.14$

ร้อยละความก้าวหน้า $= \frac{(14.08 - 4.92)}{20} \times 100 = 45.80$

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

$$= \frac{229}{\sqrt{\frac{25 \times 2151 - (229)^2}{25-1}}}$$

$$= 30.7160$$

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

ก = คะแนนก่อนเรียน

ล = คะแนนหลังเรียน

น = คะแนนกระบวนการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทเรียนสำเร็จรูปที่ 6 เรื่อง ปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน

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

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (20)	คะแนนหลังเรียน (20)	คะแนนกระบวนการ (20)	D	D^2
25	5	16	15	11	121
รวม	138	373	393	235	2339

$$\overline{X}_{ก} = \frac{138}{25} = 5.52$$

$$\overline{X}_{ล} = \frac{373}{25} = 14.92$$

$$\overline{X}_{น} = \frac{393}{25} = 15.72$$

$$E_1 = \frac{15.72}{20} \times 100 = 78.60$$

$$E_2 = \frac{14.92}{20} \times 100 = 74.60$$

ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป $= E_1 / E_2 = \frac{78.60}{74.60} = 1.05$

ร้อยละความก้าวหน้า $= \frac{(14.92 - 5.52)}{20} \times 100 = 47.00$

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

$$= \frac{235}{\sqrt{\frac{25 \times 2339 - (235)^2}{25-1}}}$$

$$= 20.1944$$

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

ก = คะแนนก่อนเรียน

ล = คะแนนหลังเรียน

น = คะแนนกระบวนการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามวัดแรงจูงใจของผู้เรียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

แบบสอบถามวัดเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนสำเร็จรูป

ชื่อบทเรียนสำเร็จรูป ..... วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ.....

คำชี้แจง : หลังจากนักศึกษาเรียนจบบทเรียนนี้แล้ว โปรดแสดงความคิดเห็นโดยทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด เพียงช่องเดียว

หัวข้อ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. วัตถุประสงค์ของบทเรียนสำเร็จรูปชัดเจน เข้าใจง่าย					
2. ขั้นตอนในการใช้บทเรียนสำเร็จรูปบอกไว้ชัดเจน					
3. ท่านมีโอกาสใช้เครื่องมือในการทดลอง					
4. ท่านเกิดความสนุกเพลิดเพลินกับการทดลอง					
5. บทเรียนสำเร็จรูปนี้ช่วยให้ท่านเกิดการเรียนรู้อย่างใช้ความคิดและเหตุผล					
6. การนำเสนอเนื้อหาง่าย กระชับ และชัดเจนดี					
7. ท่านเข้าใจเนื้อหาที่เสนอไว้ในบทเรียนสำเร็จรูปนี้ดี					
8. เนื้อหาไม่ยากเกินไป					
9. เนื้อหาไม่ยาวเกินไป					
10. ศัพท์ที่ใช้ไม่ยากเกินไป					
11. รูปภาพประกอบ ช่วยให้ท่านเกิดความเข้าใจดียิ่งขึ้น					
12. คำถามที่ใช้เข้าใจง่ายและสามารถหาคำตอบได้					
13. คำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูปเข้าใจง่ายและท่านปฏิบัติได้					
14. เวลาที่กำหนดให้พอดี ไม่มากหรือน้อยเกินไป					
15. แบบวัดผลด้วยตนเองเหมาะสม					

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

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างบทเรียนสำเร็จรูปที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้น

และคู่มือครู

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทเรียนสำเร็จรูปที่ 3

โครงสร้างผลึก

CRYSTAL STRUCTURE

โดย

สุภาพ รมณีย์พิกุล

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

2544

แผนการสอนบทเรียนสำเร็จรูปที่ 3

เรื่อง โครงสร้างผลึก

ตอนที่ 3.1 โครงสร้างผลึกของธาตุ

3.2 เซลล์หน่วย

3.3 โครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิก

แนวคิด

1. การจัดเรียงตัวของอนุภาคในผลึกของธาตุมีหลายรูปแบบ ทำให้เกิดโครงสร้างผลึกแตกต่างกัน มีทั้งโครงสร้างแบบลูกบาศก์และโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุด ช่องว่างในโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดมีทั้งช่องทรงสี่หน้าและช่องทรงแปดหน้า

2. เซลล์หน่วยเป็นหน่วยพื้นฐานของโครงสร้างผลึก เซลล์หน่วยในระบบลูกบาศก์มี 3 แบบ ได้แก่ แบบธรรมดา แบบกลางตัว และแบบกลางหน้า จำนวนอะตอมหรือไอออนที่มีในเซลล์หน่วย 1 เซลล์หน่วย จะต่างกัน

3. โครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกที่สำคัญมี 6 ชนิด ได้แก่ ผลึกแบบโซเดียมคลอไรด์ ผลึกแบบซีเซียมคลอไรด์ ผลึกแบบฟลูออไรต์ ผลึกแบบรูไทล์ ผลึกแบบซิงค์เบลนด์ และผลึกแบบเวิร์ตไซต์

วัตถุประสงค์

หลังจากศึกษาบทเรียนสำเร็จรูปแล้วนักศึกษาสามารถ

1. บอกลักษณะและข้อแตกต่างของการจัดเรียงอนุภาคในโครงสร้างผลึกของธาตุแบบต่าง ๆ ได้

2. สร้างแบบจำลองของโครงสร้างผลึกของธาตุแบบต่าง ๆ ได้

3. บอกข้อแตกต่างของช่องทรงสี่หน้าและช่องทรงแปดหน้าได้

4. อธิบายความหมายของเลขโคออร์ดิเนชันและบอกจำนวนเลขโคออร์ดิเนชันของแต่ละอนุภาคในโครงสร้างผลึกของธาตุแบบต่าง ๆ ได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

5. บอกความหมายของเซลล์หน่วยได้
6. บอกจำนวนอนุภาคในเซลล์หน่วย 1 เซลล์หน่วยของโครงสร้างผลึกแบบต่างๆ ได้
7. คำนวณหาปริมาตรของอนุภาคในเซลล์หน่วยของโครงสร้างผลึกแบบต่าง ๆ ได้
8. บอกเลขโคออร์ดิเนชันของแคตไอออนและแอนไอออนในโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกชนิดต่าง ๆ ได้

กิจกรรมระหว่างเรียน

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

สื่อการสอน

1. บทเรียนสำเร็จรูปที่ 3 เรื่อง โครงสร้างผลึก
2. อุปกรณ์และแบบจำลองเกี่ยวกับโครงสร้างผลึก
3. เอกสารและหนังสืออ่านประกอบ

เวลาเรียน

บทเรียนสำเร็จรูปนี้ใช้เวลาทั้งหมด 9 คาบ แยกรายละเอียดได้ดังนี้

ตอนที่ 3.1 โครงสร้างผลึกของธาตุ ..... 3 คาบ

ตอนที่ 3.2 เซลล์หน่วย ..... 3 คาบ

ตอนที่ 3.3 โครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิก ..... 3 คาบ

การประเมินผล

1. ประเมินผลจากแบบประเมินตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน
2. ประเมินผลจากแบบประเมินหลังจากปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทเรียนสำเร็จรูปที่ 3
โครงสร้างผลึก
CRYSTAL STRUCTURE

ตอนที่ 3.1 โครงสร้างผลึกของธาตุ

3.1.1 ของแข็งผลึก (Crystalline solid)

ของแข็งที่มีรูปทรงเรขาคณิตที่แน่นอนเฉพาะตัว มีผิวหน้าเรียบ มีขอบตัด มุมระหว่างผิวหน้าในระนาบต่าง ๆ มีค่าแน่นอน ซึ่งแสดงถึงการจัดเรียงเป็นระเบียบของอนุภาค เราเรียกของแข็งประเภทนี้ว่าของแข็งผลึก ของแข็งผลึกจะมีจุดหลอมเหลวที่มีค่าคงที่ เมื่อทำให้ร้อนจนถึงขีดอุณหภูมิหนึ่งจะหลอมตัวในทันทีทันใด

อนุภาคในของแข็งผลึกจะอยู่ในตำแหน่งที่แน่นอน อนุภาคที่อยู่ในตำแหน่งเหล่านั้นเรียกว่าอนุภาคหน่วย (unit particle) และจุดศูนย์กลางของอนุภาคหน่วยเรียกว่า จุดแลตทิซ (Lattice point) เมื่อนำเอาจุดแลตทิซมาจัดเรียงเป็นรูปทรงเรขาคณิตต่าง ๆ จะได้แลตทิซผลึก (Crystal lattice หรือ Space lattice) ซึ่งประกอบด้วยหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุด เรียกว่า เซลล์หน่วย (unit cell) เซลล์หน่วยจะเป็นตัวแทนของผลึกทั้งก้อน ส่วนจำนวนอนุภาคที่มากที่สุดที่ล้อมรอบอนุภาคใดอนุภาคหนึ่งในแลตทิซผลึก เรียกว่า เลขโคออร์ดิเนชัน (Coordination number)

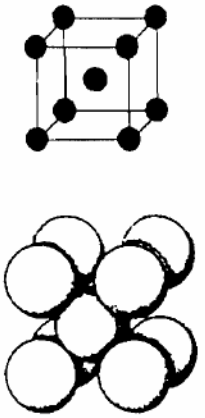
3.1.2 โครงสร้างผลึกของธาตุที่เป็นโลหะ

การจัดเรียงตัวของอนุภาคของธาตุที่เป็นโลหะ มีลักษณะโครงสร้างผลึกได้ 3 แบบ ดังนี้

1. โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว (Body - centered cubic structure) ใช้อักษรย่อ bcc

มีการจัดเรียงอนุภาคของชั้นที่สองทับชั้นที่หนึ่ง ชนิดที่ทำให้แต่ละอนุภาคของชั้นที่สองสัมผัสกับอนุภาคของชั้นที่หนึ่ง 4 อนุภาค do มีการวางทับช่องว่างทุกช่อง ส่วนชั้นที่สาม อนุภาคจะอยู่ตรงกับอนุภาคชั้นแรก การจัดเรียงอนุภาคในชั้นต่าง ๆ จะเป็นแบบ AB AB AB... ซ้ำกันไปเรื่อย ๆ **การจัดเรียงแบบนี้ใช้เนื้อที่ร้อยละ 68** แต่ละอนุภาคมีเลขโคออร์ดิเนชันเท่ากับ 8

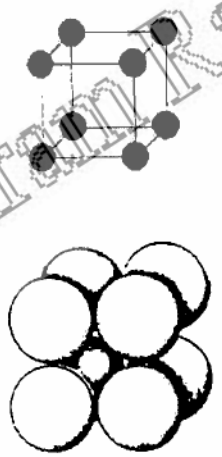
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



รูป 3.1.1 โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว

2. โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดธรรมดา (Simple cubic structure) หรือใช้อักษรย่อ SC

เป็นโครงสร้างที่มีการจัดเรียงอนุภาคโดยให้ชั้นแรกและชั้นที่สองตรงกัน จุดศูนย์กลางของอนุภาคจะอยู่ในแนวเดียวกัน (ดังรูป 3.1.2) การจัดเรียงแบบนี้จะใช้เนื้อที่ร้อยละ 52.4 แต่ละอนุภาคจะมีเลขโคออร์ดิเนชันเท่ากับ 6



รูป 3.1.2 โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดธรรมดา

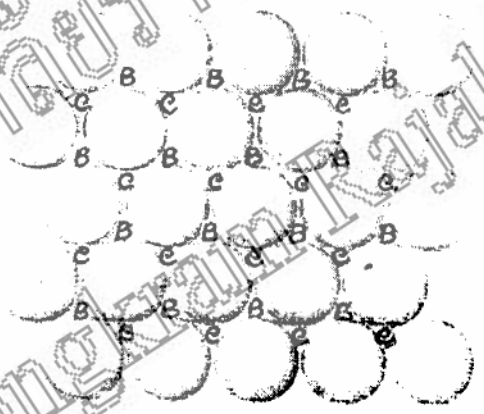
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

3. โครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุด (Closest packed structure) แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

1) โครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบเฮกซะโกนัล (Hexagonal closest packed structure) หรือใช้อักษรย่อ hcp ได้แก่ Mg Be γ-Ca Ti และ Hf ฯลฯ

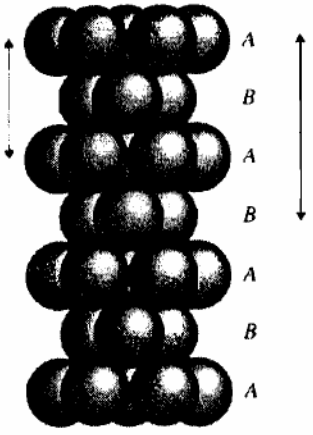
มีการจัดเรียงอนุภาคในชั้นที่สองทับช่องว่างซึ่งเกิดจากการจัดเรียงอนุภาคของชั้นที่หนึ่ง โดยจุดศูนย์กลางของอนุภาคของชั้นที่สองจะอยู่ตรงกลางของช่องว่างซึ่งเกิดจากการจัดเรียงอนุภาคของชั้นที่หนึ่ง แต่อนุภาคของชั้นที่สองไม่ได้ทับช่องว่างทั้งหมดที่มีอยู่ของชั้นที่หนึ่ง แต่จะเป็นแบบเว้นแถวหนึ่งแล้วทับสลับกันไป เช่น เลือกทับในตำแหน่ง B ทั้งหมด หรือ C ทั้งหมด ดังรูป 3.1.3

ส่วนการเรียงอนุภาคในชั้นที่สามจะวางทับช่องว่างของชั้นที่สองซึ่งจะทำให้อนุภาคของชั้นที่สามอยู่ตรงกับอนุภาคของชั้นที่หนึ่ง หรือเป็นแบบ AB AB AB ...ซ้ำกันไปเรื่อย ๆ การจัดเรียงแบบนี้แต่ละอนุภาคจะมีเลขโคออร์ดิเนชันเท่ากับ 12 ใช้เนื้อที่ร้อยละ 74 หรือมีที่ว่างในผลึกร้อยละ 26 ดูรูป 3.1.4



รูป 3.1.3 การจัดเรียงอนุภาคในชั้นที่หนึ่ง

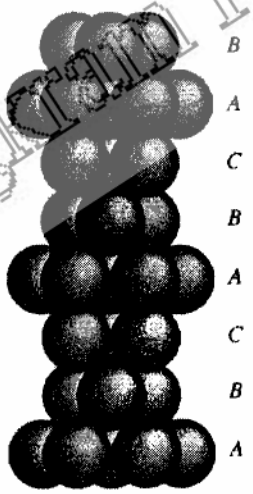
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



รูป 3.1.4 การจัดเรียงอนุภาคของโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบเฮกซะโกนัล

2) **โครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบลูกบาศก์** (Cubic closest packed structure) **หรือใช้อักษรย่อ ccp อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบลูกบาศก์กลางหน้า** (Face - centered cubic closest packed structure) **หรือใช้อักษรย่อ** fcc

การจัดเรียงอนุภาคชั้นที่หนึ่งและชั้นที่สองเหมือนกับแบบ hcp **แต่การเรียงอนุภาคในชั้นที่สามจะวางไม่ให้ตรงกับชั้นที่หนึ่ง คือ** จะวางทับช่องว่างของแถวที่สอง **ดูรูป 3.1.5 การจัดเรียงอนุภาคในชั้นต่าง ๆ** จะเป็นแบบ ABC ABC ABC ... ซ้ำกันไปเรื่อย ๆ **แต่ละอนุภาคในโครงสร้างแบบนี้จะสัมผัสโดยตรงกับอนุภาคข้างเคียง** 12 **อนุภาคด้วยกัน หรือมีเลขโคออร์ดิเนชันเท่ากับ** 12 **ครอบครองเนื้อที่ร้อยละ** 74 **ที่ว่างในผลึกร้อยละ** 26



รูป 3.1.5 การจัดเรียงอนุภาคของโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบลูกบาศก์

มหาวิทยาลัยพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

3.1.3 ช่องว่างในโครงสร้างการบรรจุชิดที่สุด (Gaps in closest packed structure)

ช่องว่างในโครงสร้างการบรรจุชิดที่สุด มี 2 ชนิด คือ ช่องทรงสี่หน้า (Tetrahedral hole) และช่องทรงแปดหน้า (Octahedral hole) ดังรายละเอียดดังนี้

1. ช่องทรงสี่หน้า

เป็นช่องว่างที่อยู่ระหว่างอนุภาค 4 อนุภาค ซึ่งสามอนุภาคจะเรียงกันแบบชิดที่สุดบนระนาบเดียวกัน อีก 1 อนุภาคจะวางทับบนชั้นที่ 1 ให้จุดศูนย์กลางของอนุภาคนี้ทับบนช่องว่างของอนุภาคทั้งสามดังกล่าว เมื่อลากเส้นตรงผ่านจุดศูนย์กลางของอนุภาคทั้ง 4 จะได้รูปทรงสี่หน้า ดังรูป 3.1.6 (1)

(1) (2)

รูป 3.1.6 (1) ช่องทรงสี่หน้า และ (2) ช่องทรงแปดหน้า

2. ช่องทรงแปดหน้า

เป็นช่องว่างที่อยู่ระหว่างอนุภาค 6 อนุภาคมาเรียงกันแบบชิดที่สุดเป็น 2 ชั้น โดยอนุภาค 3 อนุภาคอยู่ในระนาบเดียวกันเป็นชั้นที่หนึ่ง ส่วนอีก 3 อนุภาคเป็นชั้นที่สองวางทับบนชั้นที่หนึ่งโดยวางสลับกัน เมื่อลากเส้นตรงผ่านจุดศูนย์กลางของอนุภาคทั้ง 6 จะได้รูปทรงแปดหน้า ดังรูป 3.1.6 (2)

จากความรู้เรื่องโครงสร้างผลึกของธาตุและช่องว่างในโครงสร้างการบรรจุชิดที่สุด ให้นักศึกษาทำการทดลองตอนที่ 3.1 โดยสร้างแบบจำลองของโครงสร้างผลึกของธาตุ แล้วศึกษารูปแบบของโครงสร้างชนิดต่าง ๆ รวมทั้งช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างอนุภาค

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี Phetchaburi Rajabhat University

ตอนที่ 3.1 โครงสร้างผลึกของธาตุ

กิจกรรม 3.1.1 การทดลอง

วัตถุประสงค์

หลังจากปฏิบัติกิจกรรม 3.1.1 แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายลักษณะการจัดเรียงตัวของอนุภาคของธาตุที่เป็นโลหะได้ถูกต้อง
2. จัดเรียงอนุภาคเป็นโครงสร้างผลึกแบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว แบบลูกบาศก์ชนิดธรรมดาและโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุด
3. บอกจำนวนเลขโคออร์ดิเนชันของแต่ละอนุภาคในโครงสร้างผลึกของธาตุได้ถูกต้อง
4. อธิบายลักษณะของช่องทรงสี่หน้าและช่องทรงแปดหน้าได้

วิธีทดลอง

1. การจัดเรียงอนุภาคในโครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว

1) นำลูกปิงปองและแกนเหล็กมาประกอบเรียงกันดังรูปโดยผนึกด้วยกาวตราช้าง

ชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 ชั้นที่ 3

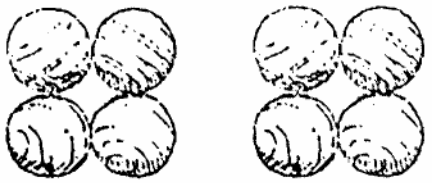
2) นำลูกปิงปองอย่างละ 4 ลูก มาซ้อนทับกันโดยมีลูกปิงปองเดี่ยวอยู่ตรงกลางแล้วทาด้วยกาวตราช้าง

3) ศึกษาจำนวนอนุภาคที่อยู่ใกล้กันตลอดจนช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างอนุภาค

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

2. การจัดเรียงอนุภาคในโครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดธรรมดา

1) นำลูกปิงปองมาเรียงต่อกันโดยทาด้วยกาวตราช้าง ดังรูป



ชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2

2) นำลูกปิงปองทั้ง 2 ชั้นมาซ้อนทับกันแล้วทาด้วยกาวตราช้าง

3) ศึกษาจำนวนอนุภาคที่อยู่ใกล้กัน ตลอดจนช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างอนุภาค

3. การจัดเรียงอนุภาคในโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบเฮกซะโกนัล

1) นำลูกปิงปองมาเรียงกันแล้วผนึกด้วยกาวตราช้าง ดังรูป

ชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 ชั้นที่ 3

2) นำลูกปิงปองทั้ง 3 ชั้นมาซ้อนกัน โดยให้ช่องกลางของชั้นที่ 1 และชั้นที่ 3 อยู่ตรงลูกกลางของชั้นที่ 2

4. การจัดเรียงอนุภาคในโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบลูกบาศก์กลางหน้า

1) นำลูกปิงปองมาเรียงกันแล้วผนึกด้วยกาวตราช้าง ดังรูป

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 ชั้นที่ 3

2) นำลูกปิงปองชั้นที่ 2 ทับชั้นที่ 1 โดยให้ทั้ง 4 ลูกสัมผัสลูกตรงกลางของชั้นที่ 1 และวางชั้นที่ 3 ให้ตรงกับชั้นแรก

3) ศึกษาจำนวนอนุภาคที่อยู่ใกล้ชิดกันตลอดจนลักษณะของช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างอนุภาค

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บันทึกผลกิจกรรม 3.1.1

ตารางบันทึกผลกิจกรรม 3.1.1 โครงสร้างผลึกของธาตุ

โครงสร้างผลึกของธาตุ	ลักษณะที่สังเกต	หมายเหตุ
1. โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว	.....	
2. โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดธรรมดา	.....	
3. โครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุด แบบเฮกซะโกนัล	.....	
4. โครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุด แบบลูกบาศก์กลางหน้า	.....	

กิจกรรม 3.1.2 ตอบคำถามต่อไปนี้

1. แต่ละอนุภาคในโครงสร้างผลึกแบบต่าง ๆ มีเลขโคออร์ดิเนชันเท่าไร
2. ช่องทรงสี่หน้าและช่องทรงแปดหน้าเกิดจากการเรียงอนุภาคจำนวนเท่าไร
3. การจัดเรียงอนุภาคในโครงสร้างผลึกแบบใดทำให้เกิดช่องทรงสี่หน้าและช่องทรงแปดหน้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

รายงานผลการศึกษาบทเรียน
โครงสร้างผลึกของธาตุ

ผู้รายงาน ..... เลขที่..... กลุ่..... โปรแกรมวิชา.....
ผู้ร่วมงาน 1. ..... เลขที่..... กลุ่..... โปรแกรมวิชา.....
2. ..... เลขที่..... กลุ่..... โปรแกรมวิชา.....
3. ..... เลขที่..... กลุ่..... โปรแกรมวิชา.....
วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....
อาจารย์ผู้สอน.....

กิจกรรม 3.1.1 และ 3.1.2

1. แต่ละอนุภาคในโครงสร้างผลึกแบบต่างๆ มีเลขโคออร์ดิเนชันเท่าไร
   1) โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว .....
   2) โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดธรรมดา .....
   3) โครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบเฮกซะโกนัล .....
   4) โครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบลูกบาศก์กลางหน้า .....
2. ช่องทรงสี่หน้าและช่องทรงแปดหน้าเกิดจากการเรียงอนุภาค**จำนวนเท่าไร**
   1) ช่องทรงสี่หน้า .....
   2) ช่องทรงแปดหน้า .....
3. การจัดเรียงอนุภาคในโครงสร้างผลึก**แบบใด ทำให้เกิดช่องทรงสี่หน้าและ**
ช่องทรงแปดหน้า .....
.....
.....
.....
4. วิจารณ์ผลการทดลอง .....
.....
.....
.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

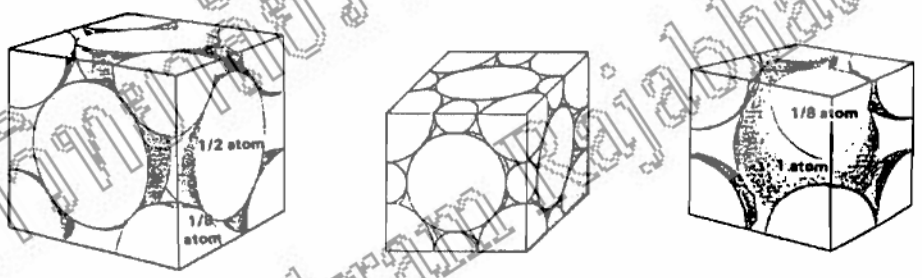
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ตอนที่ 3.2 เซลล์หน่วย (Unit cell)

เซลล์หน่วยเป็นหน่วยพื้นฐานของแลตทิซผลึก มีรูปร่างลักษณะและแบบแผนการเรียงรูปทรงเรขาคณิตของอนุภาคไว้เหมือนโครงสร้างผลึกเดิม แต่ละเซลล์หน่วยจะมีหน้า ขอบ และมุมร่วมกันอยู่ ดังนั้นอนุภาคหน่วยที่อยู่ตามหน้า ขอบ และมุมของเซลล์หน่วยแต่ละอันจึงเป็นส่วนของเซลล์หน่วยอื่นที่อยู่ติดกัน

เซลล์หน่วยในระบบลูกบาศก์ มี 3 แบบ คือ แบบธรรมดา แบบกลางตัว และแบบกลางหน้า จำนวนอะตอมหรือไอออนที่มีอยู่ในเซลล์หน่วย 1 เซลล์หน่วยต่างกัน ซึ่งมีหลักการนับจำนวนอะตอมหรือไอออน ดังนี้

1. อะตอมที่อยู่ที่มุมให้นับ $\frac{1}{8}$ เพราะมีการใช้ร่วมกัน 8 เซลล์หน่วย
2. อะตอมที่อยู่พื้นผิวให้นับ $\frac{1}{2}$ เพราะมีการใช้ร่วมกัน 2 เซลล์หน่วย
3. อะตอมที่อยู่ตามขอบให้นับ $\frac{1}{4}$ เพราะมีการใช้ร่วมกัน 4 เซลล์หน่วย
4. อะตอมที่อยู่ตรงกลางให้นับเป็น 1



รูป 3.2.1 แสดงส่วนของอนุภาคที่อยู่ในเซลล์หน่วยแบบลูกบาศก์

จากความรู้เรื่อง เซลล์หน่วย ให้นักศึกษาทำการทดลองตอนที่ 3.2

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตอนที่ 3.2 เซลล์หน่วย

กิจกรรม 3.2.1 การทดลอง

วัตถุประสงค์

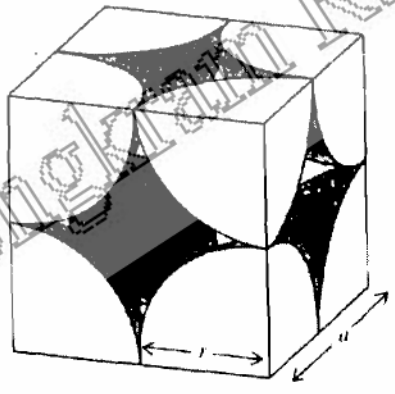
หลังจากปฏิบัติกิจกรรม 3.2.1 แล้วนักศึกษาสามารถ

1. บอกความหมายและข้อแตกต่างของเซลล์หน่วยแต่ละแบบได้
2. บอกจำนวนอนุภาคในเซลล์หน่วย 1 เซลล์หน่วยของโครงสร้างผลึกแบบต่าง ๆ ได้
3. คำนวณหาปริมาตรของอนุภาคในเซลล์หน่วยของโครงสร้างผลึกแบบต่าง ๆ ได้

วิธีทดลอง

1. ศึกษาข้อแตกต่างของเซลล์หน่วยทั้ง 3 แบบ
2. นับจำนวนอนุภาคทั้งหมดที่มีในเซลล์หน่วย
3. คำนวณหาปริมาตรของอนุภาคในเซลล์หน่วยทั้ง 3 แบบ

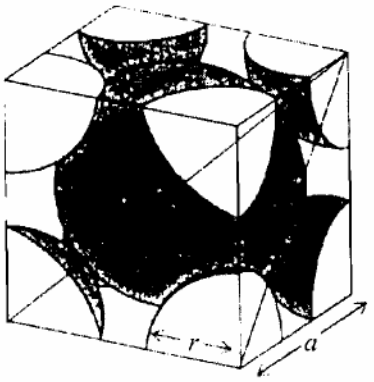
1) เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบธรรมดา



กำหนดให้ ความยาวของแต่ละด้านของเซลล์หน่วย = a

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

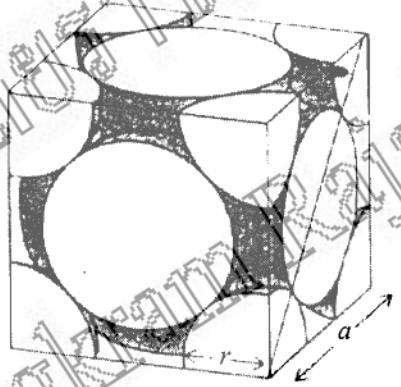
2) เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบกลางตัว



กำหนดให้ ความยาวของแต่ละด้านของเซลล์หน่วย = a

ความยาวของเส้นทแยงมุมของแต่ละหน้า = $\sqrt{2}$ a

3) เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบกลางหน้า



กำหนดให้ ความยาวของแต่ละด้านของเซลล์หน่วย = a

เส้นทแยงมุมของแต่ละด้านยาว = $\sqrt{2}$ a

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีสมเด็จพระนครินทราบรมราชชนก
Phetchaburi Rajabhat University

บันทึกผลกิจกรรม 3.2.1

ตารางบันทึกผลกิจกรรม 3.2.1 เซลล์หน่วย

เซลล์หน่วย	จำนวนอนุภาค	หมายเหตุ
เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบธรรมดา	.....	
เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบกลางตัว	.....	
เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบกลางหน้า	.....	

กิจกรรม 3.2.2 ตอบคำถามต่อไปนี้

1. เซลล์หน่วยคืออะไร
2. เซลล์หน่วยทั้ง 3 แบบมีข้อแตกต่างกันอย่างไร
3. จำนวนอนุภาคในเซลล์หน่วย 1 เซลล์หน่วย ของโครงสร้างผลึกแบบต่าง ๆ มีเท่าไร
4. ปริมาตรของอนุภาคในเซลล์หน่วยของโครงสร้างผลึกแบบต่าง ๆ คำนวณได้อย่างไร
5. ทองแดงมีโครงสร้างแบบลูกบาศก์กลางหน้า มีความหนาแน่น 8.93 g cm^{-3} และน้ำหนักเชิงอะตอมเท่ากับ 63.5 g mol^{-1} จงคำนวณหาความยาวของแต่ละด้านของเซลล์หน่วย
6. โลหะเหล็กมีโครงสร้างผลึกแบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว มีความยาวของแต่ละด้านของเซลล์หน่วยเท่ากับ 2.866×10^{-8} cm และมีความหนาแน่น 7.87 g cm^{-3} จงหามวลของเหล็ก 1 อะตอม
7. เซลล์หน่วยของโลหะทองคำมีความยาวแต่ละด้านเท่ากับ 4.079×10^{-8} cm และมีความหนาแน่น 19.3 g cm^{-3} จงคำนวณหาจำนวนอะตอมในเซลล์หน่วย และบอกชนิดของโครงสร้างผลึกของทองคำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร Rajabhat University

รายงานผลการศึกษาบทเรียน
เซลล์หน่วย

ผู้รายงาน ..... เลขที่..... กลุ่..... โปรแกรมวิชา.....
ผู้ร่วมงาน 1. ..... เลขที่..... กลุ่..... โปรแกรมวิชา.....
2. ..... เลขที่..... กลุ่..... โปรแกรมวิชา.....
3. ..... เลขที่..... กลุ่..... โปรแกรมวิชา.....
วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....
อาจารย์ผู้สอน.....

กิจกรรม 3.2.1 และ 3.2.2

1. เซลล์หน่วยคืออะไร .....
.....
.....
.....
.....

2. เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบธรรมดา ลูกบาศก์แบบกลางตัว และลูกบาศก์แบบกลางหน้า มีข้อแตกต่างกันอย่างไร.....
.....
.....
.....
.....

3. จำนวนอนุภาคในเซลล์หน่วย 1 เซลล์หน่วย ของโครงสร้างผลึกแบบต่าง ๆ มีเท่าไร
.....
.....
.....
.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

4. ปริมาตรของอนุภาคในเซลล์หน่วยของโครงสร้างผลึกแบบต่าง ๆ คำนวณได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ทองแดงมีโครงสร้างผลึกชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบลูกบาศก์กลางหน้า มีความหนาแน่น 8.93 $g\ cm^{-3}$ และน้ำหนักอะตอมเท่ากับ 63.5 $g\ mol^{-1}$ จงคำนวณหาความยาวของแต่ละด้านของเซลล์หน่วย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

6. โลหะเหล็กมีโครงสร้างผลึกแบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว มีความยาวของแต่ละด้านของเซลล์หน่วยเท่ากับ 2.866×10^{-8} cm และมีความหนาแน่น 7.87 g cm^{-3} จงหามวลของเหล็ก 1 อะตอม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. เซลล์หน่วยของโลหะทองคำมีความยาวแต่ละด้านเท่ากับ 4.079×10^{-8} cm และมีความหนาแน่น 19.3 g cm^{-3} จงคำนวณหาจำนวนอะตอมในเซลล์หน่วย และบอกชนิดของโครงสร้างผลึกของทองคำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

8. วิจารณ์ผลการทดลอง .

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตอนที่ 3.3 โครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิก (Ionic crystal)

ผลึกไอออนิกที่สำคัญมี 6 ชนิด คือ

1. ผลึกแบบโซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride) หรือแบบรอคซอลต์ (Rock salt structure)

ผลึกแบบนี้แคตไอออนและแอนไอออนจะมีเลขโคออร์ดิเนชันเท่ากับ 6 ไอออนที่ล้อมรอบไอออนหนึ่งไอออนใดนั้นจะอยู่ที่มุมของรูปทรงแปดหน้า สารประกอบที่มีโครงสร้างของผลึกแบบโซเดียมคลอไรด์จะมีสูตรทั่ว ๆ ไปเป็น MX ซึ่งอัตราส่วนของแคตไอออน : แอนไอออนเท่ากับ 1 : 1 สารประกอบดังกล่าวได้แก่แฮไลด์ของโลหะแอลคาไล ออกไซด์และซัลไฟด์ของโลหะแอลคาไลน์เอิร์ท

2. ผลึกแบบซีเซียมคลอไรด์ (Cesium chloride)

ผลึกแบบซีเซียมคลอไรด์นี้ทั้งแคตไอออน และแอนไอออนจะมีเลขโคออร์ดิเนชันเท่ากับ 8 เป็นโครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว สูตรทั่วไปเป็น MX เช่น CsCl CsBr CsI เป็นต้น

3. ผลึกแบบฟลูออไรด์ (Fluorite structure)

ผลึกแบบฟลูออไรด์ หรือ CaF_2 นี้แคตไอออนจะมีเลขโคออร์ดิเนชันเท่ากับ 8 ส่วนแอนไอออนมีเลขโคออร์ดิเนชันเท่ากับ 4 ผลึกแบบฟลูออไรด์มีสูตรทั่วไปเป็น MX_2 หรือ 1 : 2 แต่ถ้าตำแหน่งของแคตไอออนและแอนไอออนสลับที่กันจะเป็นผลึกแบบแอนติฟลูออไรด์ (Antifluorite) ซึ่งมีสูตรทั่วไปเป็น M_2X หรือ 2 : 1

4. ผลึกแบบรูไทล์ (Rutile structure)

ผลึกแบบรูไทล์ หรือ TiO_2 มีสูตรทั่วไปเป็น MX_2 อัตราส่วนของแคตไอออนกับแอนไอออนเป็น 1 : 2 เช่น SnO_2 MnF_2 แคตไอออนมีเลขโคออร์ดิเนชันเท่ากับ 6 ส่วนแอนไอออนมีเลขโคออร์ดิเนชันเท่ากับ 3

5. ผลึกแบบซิงค์เบลนด์ (Zinc blende structure)

ผลึกแบบซิงค์เบลนด์ หรือ ZnS แบบลูกบาศก์ มีสูตรทั่วไปเป็น MX อัตราส่วนระหว่างแคตไอออนกับแอนไอออนเท่ากับ 1 : 1 ทั้งแคตไอออนและแอนไอออนต่างมีเลขโคออร์ดิเนชันเท่ากับ 4 ซัลไฟด์ไอออนจะอยู่ตามตำแหน่งของโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบลูกบาศก์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

6. ผลึกแบบเวิร์ตไซต์ (Wurtzite structure)

ผลึกแบบเวิร์ตไซต์ หรือ ZnS แบบเฮกซะโกนัล มีสูตรทั่วไปเป็น MX ทั้งแคตไอออนและแอนไอออนต่างก็มีเลขโคออร์ดิเนชันเท่ากับ 4 มีลักษณะเหมือนซิงค์เบลนด์ทุกอย่าง แต่ต่างกันตรงที่ซัลไฟด์ไอออนอยู่ตามตำแหน่งของโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบเฮกซะโกนัล

จากความรู้เรื่องโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกแบบต่าง ๆ ให้นักศึกษาพิจารณาโครงสร้างผลึกเหล่านี้โดยใช้แว่นส่องภาพสามมิติสำหรับส่องภาพของโครงสร้างผลึก ตามการทดลองตอนที่ 3.3

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตอนที่ 3.3 โครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิก

กิจกรรม 3.3.1 การทดลอง

วัตถุประสงค์

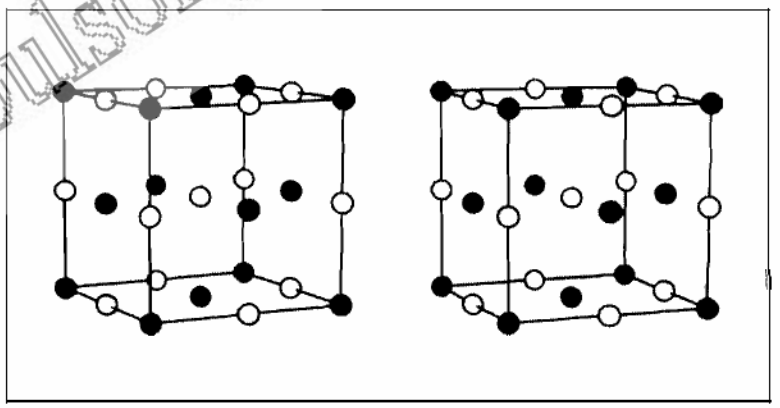
หลังจากปฏิบัติกิจกรรม 3.3.1 แล้วนักศึกษาสามารถ

1. บอกเลขโคออร์ดิเนชันของแคตไอออนในโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกชนิดต่าง ๆ ได้

2. บอกเลขโคออร์ดิเนชันของแอนไอออนในโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกชนิดต่าง ๆ ได้

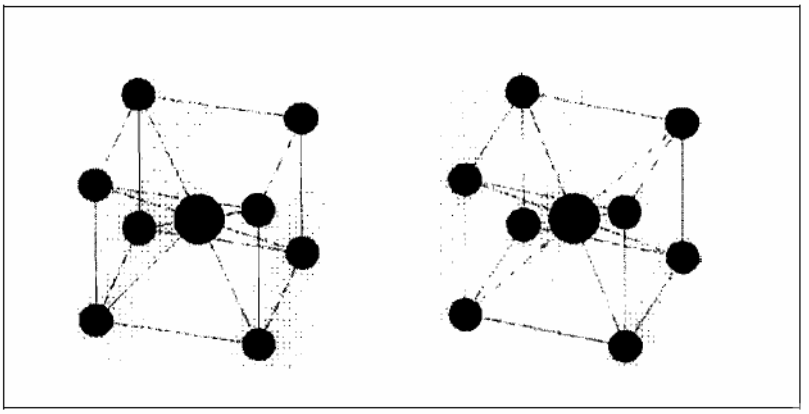
วิธีทดลอง

1. ศึกษาโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกทั้ง 6 แบบจากหุ่นจำลอง
2. ใช้แว่นส่องภาพสามมิติส่องดูภาพผลึกต่างๆ ดังนี้ คือ
   1) ผลึกแบบโซเดียมคลอไรด์ (รูป 3.3.1)
   2) ผลึกแบบซีเซียมคลอไรด์ (รูป 3.3.2)
   3) ผลึกแบบฟลูออไรต์ (รูป 3.3.3)
   4) ผลึกแบบรูไทล์ (รูป 3.3.4)
   5) ผลึกแบบซิงค์เบลนด์ (รูป 3.3.5)
   6) ผลึกแบบเวิร์ตไซต์ (รูป 3.3.6)

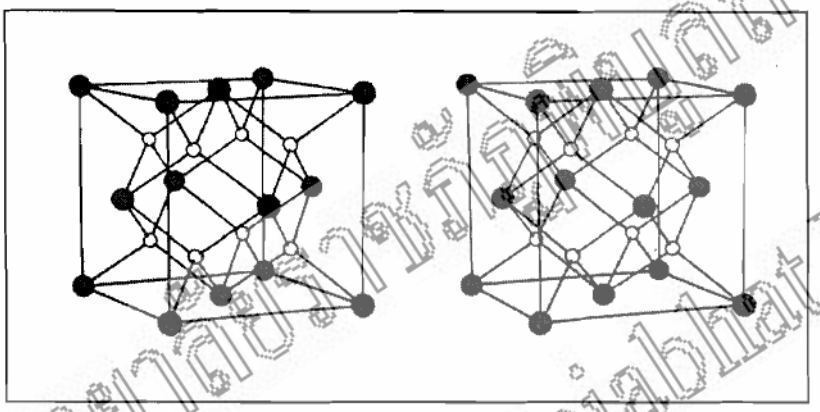


รูป 3.3.1 ผลึกแบบโซเดียมคลอไรด์

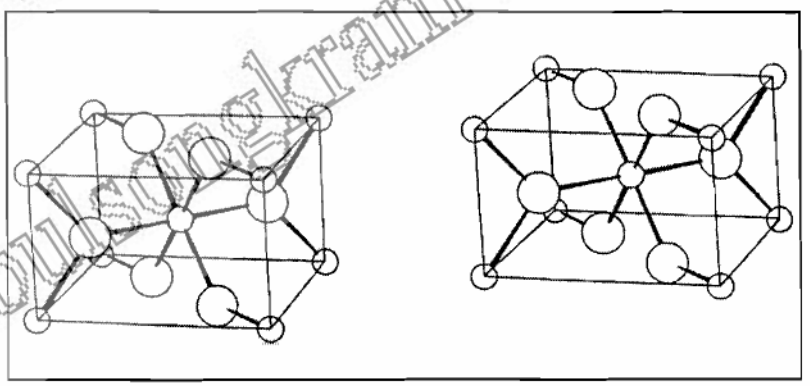
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา Pibulsongkram Rajabhat University



รูป 3.3.2 ผลึกแบบซีเซียมคลอไรด์

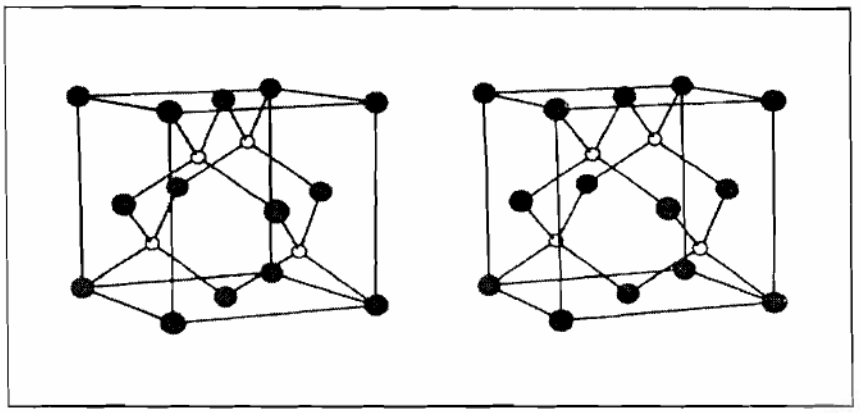


รูป 3.3.3 ผลึกแบบฟลูออไรต์

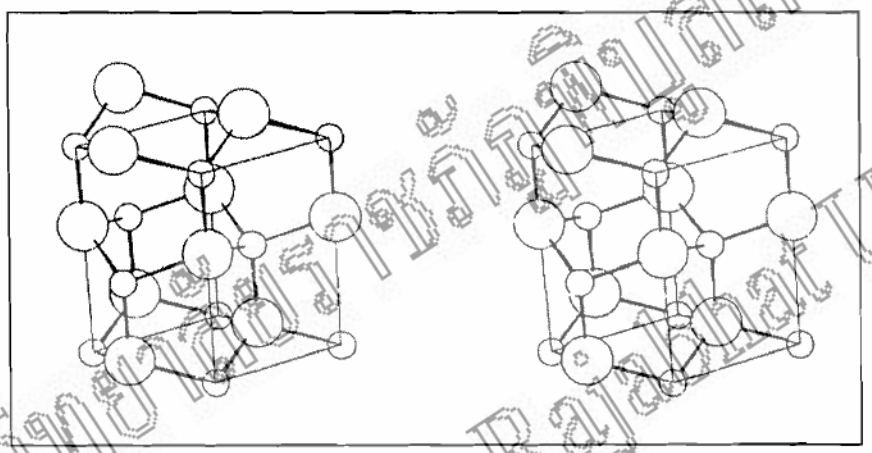


รูป 3.3.4 ผลึกแบบรูไทล์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
Phibulsongkram Rajabhat University



รูป 3.3.5 ผลึกแบบซิงค์เบลนด์



รูป 3.3.6 ผลึกแบบเวิร์ตไซต์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บันทึกผลกิจกรรม 3.3.1

ตารางบันทึกผลกิจกรรม 3.3.1 โครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิก

ชนิดของผลึก	เลขโคออร์ดิเนชันของแคตไอออน	เลขโคออร์ดิเนชันของแอนไอออน	หมายเหตุ
ผลึกแบบโซเดียมคลอไรด์	.....	.....	
ผลึกแบบซีเซียมคลอไรด์	.....	.....	
ผลึกแบบฟลูออไรต์	.....	.....	
ผลึกแบบรูไทล์	.....	.....	
ผลึกแบบซิงค์เบลนด์	.....	.....	
ผลึกแบบเวิร์ตไซต์	.....	.....	

กิจกรรม 3.3.2 ตอบคำถามต่อไปนี้

1. ผลึกไอออนิกที่สำคัญมีกี่ชนิด อะไรบ้าง
2. สารประกอบไอออนิกที่มีโครงสร้างของผลึกแต่ละแบบมีสูตรทั่วไปอย่างไร
3. สารประกอบไอออนิกมีอัตราส่วนระหว่างอะตอมของแคตไอออนต่อแอนไอออนเท่ากับเท่าไร่

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

รายงานผลการศึกษาบทเรียน
โครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิก

ผู้รายงาน ..... เลขที่..... กลุ่..... โปรแกรมวิชา.....
ผู้ร่วมงาน 1. ..... เลขที่..... กลุ่..... โปรแกรมวิชา.....
2. ..... เลขที่..... กลุ่..... โปรแกรมวิชา.....
3. ..... เลขที่..... กลุ่..... โปรแกรมวิชา.....
วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....
อาจารย์ผู้สอน.....

กิจกรรม 3.3.1 และ 3.3.2

1. ผลึกไอออนิกที่สำคัญมีกี่ชนิด อะไรบ้าง

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

2. สารประกอบไอออนิกที่มีโครงสร้างของผลึกแต่ละแบบมีสูตรทั่วไปอย่างไร

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

3. สารประกอบไอออนิกมีอัตราส่วนระหว่างอะตอมของแคตไอออนต่อแอนไอออนเท่ากับเท่าไร

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

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

4. วิจารณ์ผลการทดลอง .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

หนังสืออ่านประกอบ

1. ตริตาภรณ์ ชูศรี และคนอื่น ๆ. (ม.ป.ป.). **เคมี 1.** นครราชสีมา : สาขาวิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

2. ทบวงมหาวิทยาลัย. (2539). **เคมี เล่ม 1.** พิมพ์ครั้งที่ 9. นนทบุรี : บริษัทไทยร่มเกล้า จำกัด.

3. นิตยาภรณ์ ใจสะอาด. (2534). **ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

4. มาลี ตั้งสถิตย์กุลชัย. (2534). **เคมีอินทรีย์.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

5. Brady, James E. and Gerard E. Humiston. (1991). **General Chemistry : Principles and Structure.** 3rd ed. New York : John Wiley & Sons , Inc.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

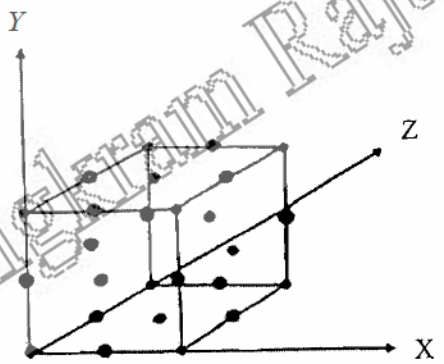
ตอนที่ 3.4 เอกสารเสริม

3.4.1 แลตทิซผลึกและเซลล์หน่วย

ผลึกประกอบขึ้นจากการเรียงตัวของอะตอม ไอออน หรือโมเลกุลแบบสามมิติอย่างเป็นระเบียบสม่ำเสมอ และยึดกันอยู่ด้วยแรงชนิดต่าง ๆ กัน ผลึกมีโครงสร้างทางเรขาคณิตที่แน่นอน เพื่อความสะดวกต่อการพิจารณาโครงสร้างของผลึก จึงใช้จุดแสดงตำแหน่งของอนุภาคเหล่านั้น อนุภาคที่อยู่ตามจุดแต่ละจุด เรียกว่า อนุภาคหน่วย (Unit particle) และจุดศูนย์กลางของอนุภาคหน่วยเรียกว่า จุดแลตทิซ (Lattice point)

การจัดเรียงแบบสามมิติของอนุภาคภายในผลึก ทำให้เกิดแบบของจุดเรียกว่า แลตทิซผลึก (Crystal lattice หรือ Space lattice) แลตทิซผลึกเต็มไปด้วยจุดโยงกันเป็นโครงตาข่าย แสดงให้เห็นลักษณะการจัดเรียงอนุภาคหน่วยภายในผลึก ซึ่งจะเป็นแบบที่ซ้ำกันไปทำนองเดียวกันทั้งแลตทิซผลึก

ส่วนที่เล็กที่สุดของแลตทิซผลึกซึ่งยังคงรักษารูปร่างลักษณะ ตลอดจนแบบแผนการเรียงตัวทางเรขาคณิตของอนุภาคไว้ได้เหมือนกับแลตทิซผลึกเดิม เรียกว่า เซลล์หน่วย (unit cell) ดังนั้นแลตทิซผลึกจะประกอบด้วยเซลล์หน่วยหลาย ๆ เซลล์หน่วยที่เรียงต่อกันอย่างเป็นระเบียบ และเนื่องจากแลตทิซผลึกประกอบด้วยเซลล์หน่วยซึ่งมีหน้าร่วมขอบร่วมกัน แต่ละจุดซึ่งเป็นส่วนของเซลล์หน่วยอันหนึ่ง ๆ จึงเป็นส่วนของเซลล์หน่วยอีกอันหนึ่งที่อยู่ติดกันด้วย



รูป 3.4.1 เซลล์หน่วยของ NaCl ซึ่งถ้าต่อออกไปทุกทิศทางเป็นสามมิติจะได้แลตทิซผลึก

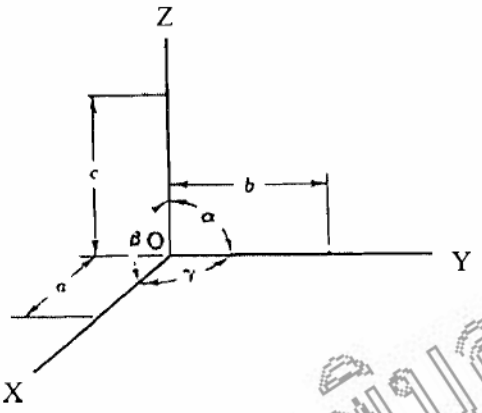
3.4.2 ระบบผลึก

ระบบต่าง ๆ ของผลึกแบ่งออกได้เป็น 7 แบบ โดยยึดเกณฑ์ความแตกต่าง 2 ประการคือ มุมระหว่างแกนคู่ใดคู่หนึ่ง และความยาวของแกนผลึก การจัดระบบผลึกตามเกณฑ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ดังกล่าวนี้ เราจะพิจารณาเฉพาะเซลล์หน่วยแทนที่จะพิจารณาแลตทิซผลึกทั้งหมด เพราะถือว่าเซลล์หน่วยเป็นแบบจำลองที่เล็กที่สุดของแลตทิซผลึก

กรณีที่ผลึกมีรูปร่างเป็นลูกบาศก์ แกนและมุมระหว่างแกนมีลักษณะตามรูป 3.4.2



รูป 3.4.2 แกนและมุมระหว่างแกนของผลึก

จากรูป 3.4.2 o x , OY , OZ เป็นแกนที่ตั้งฉากซึ่งกันและกัน

a , b , c เป็นความยาวตามแนวแกน X , Y , Z

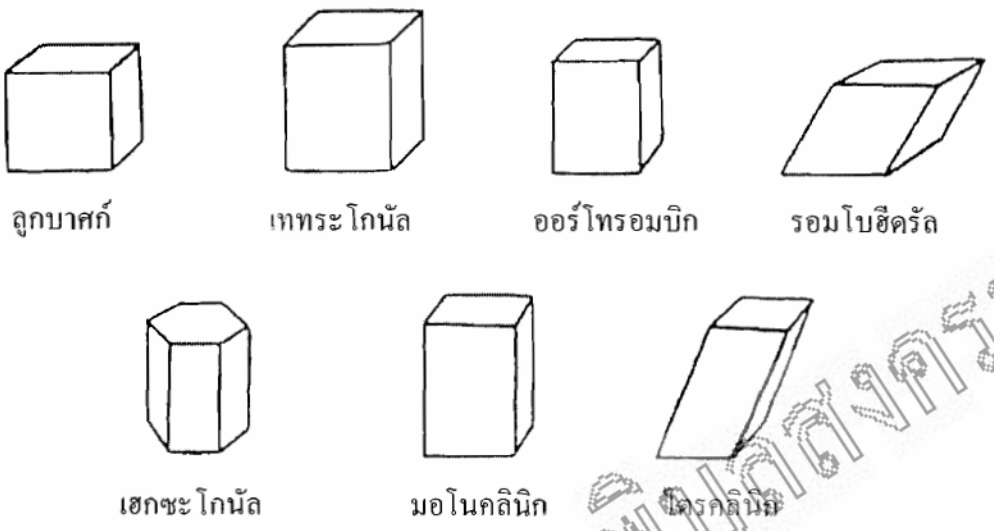
α , β , γ เป็นมุมระหว่างแกน ซึ่งต่างก็เท่ากับ 90°

α , β , γ เป็นมุมที่เกิดระหว่างแกน Y กับแกน Z แกน X กับแกน Z และแกน X กับแกน Y ตามลำดับ ระบบผลึกทั้ง 7 ระบบ สรุปได้ดังตาราง 3.4.1

ตาราง 3.4.1 ระบบผลึก 7 ระบบ

ระบบ	ด้านของเซลล์หน่วย	มุม	ตัวอย่าง
ลูกบาศก์ (Cubic)	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	NaCl KCl Fe
เททระโกนัล (Tetragonal)	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	$NiSO_4$ KH_2PO_4 TiO_2
ออร์โทรอมบิก (Orthorhombic)	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	K_2SO_4 KNO, $KMnO_4$
รอมโบฮีดรัล (Rhombohedral)	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90°$	$NaNO_3$ $CaCO_3$ As
เฮกซะโกนัล (Hexagonal)	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90° ; \gamma = 120°$	CuS แกรไฟต์ Mg
มอโนคลินิก (Monoclinic)	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \gamma = 90° ; \beta \neq 90°$	$KClO_3$ ยิปซัม บอแรกซ์
ไตรคลินิก (Triclinic)	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90°$	$K_2Cr_2O_7$ $CuSO_4 \cdot 5H_2O$

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา Songkhla Rajabhat University



รูป 3.4.3 ระบบผลึก 7 ระบบ

การจัดระบบทั้ง 7 ระบบดังกล่าวอาศัยด้านและมุมเป็นหลัก ซึ่งเป็นการจัดอย่างกว้าง ๆ ตามโครงภายนอก แต่ภายในเซลล์หน่วยของผลึกบางระบบยังมีอนุภาคไปอยู่ตามตำแหน่งต่าง ๆ อีก ทำให้เกิดชนิดหรือแบบของแลตทิซผลึกแตกต่างกัน ดังรายละเอียดในหัวข้อต่อไปนี้

3.4.3 แบบของแลตทิซผลึก

ระบบผลึกบางระบบไม่ได้มีอนุภาคอยู่ที่มุมของเซลล์หน่วยเท่านั้น ยังมีอนุภาคอยู่ตามตำแหน่งอื่น 7 อีก จึงเกิดแบบของแลตทิซผลึกต่าง ๆ เป็น 4 แบบ คือ

1) ประเภทธรรมดา (Simple lattice) มีอนุภาคอยู่เฉพาะตรงมุมของเซลล์หน่วยเท่านั้น

2) ประเภทกลางตัว (Body – centered lattice) มีอนุภาคอยู่ที่มุมของเซลล์หน่วย และอีก 1 อนุภาคอยู่ที่ศูนย์กลางของเซลล์หน่วย

3) ประเภทกลางหน้า (Face – centered lattice) มีอนุภาคอยู่ที่มุมของเซลล์หน่วย และมีอนุภาคอยู่กึ่งกลางของด้านทั้ง 6 ของเซลล์หน่วย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี Phetchaburi Rajabhat University

4) ประเภทกลางปลาย (End – centered lattice หรือ Base – centered lattice) มีอนุภาคอยู่ที่มุมของเซลล์หน่วย และมีอนุภาคอยู่กึ่งกลางของด้านเพียง 2 ด้าน ที่อยู่ตรงกันข้ามคู่ใดคู่หนึ่ง

ในปี ค.ศ.1848 โอกูสต์ บราเว (Auguste Bravais) ชาวฝรั่งเศสได้ศึกษาเกี่ยวกับผลึกและได้จัดแลตทิซผลึกทั้ง 7 ระบบ ตามเกณฑ์ดังกล่าวออกเป็นแบบต่าง ๆ ได้ 14 แบบ โครงแบบต่าง ๆ เหล่านี้เรียกว่า แลตทิซบราเว (Bravais lattice) แลตทิซบราเวทั้ง 14 แบบ แสดงได้ดังตาราง 3.4.2

ตาราง 3.4.2 ระบบผลึกและแลตทิซบราเว

ระบบผลึก	แลตทิซบราเว
ลูกบาศก์	ธรรมดา
	กลางตัว
	กลางหน้า
เทตระโกนัล	ธรรมดา
	กลางตัว
ออร์โทรอมบิก	ธรรมดา
	กลางตัว
	กลางหน้า
	กลางปลาย
รอมโบฮีดรัล	ธรรมดา
เฮกซะโกนัล	ธรรมดา
มอโนคลินิก	ธรรมดา
	กลางปลาย
ไตรคลินิก	ธรรมดา

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

3.4.4 เซลล์หน่วย

การคำนวณอะตอมหรือไอออนที่มีในเซลล์หน่วย อาจใช้สูตรดังนี้

$$n = n_{int} + \frac{n_f}{2} + \frac{n_e}{4} + \frac{n_c}{8}$$

เมื่อ n เป็นจำนวนอะตอมหรือไอออนในเซลล์หน่วย

n_{int} เป็นจำนวนอะตอมหรือไอออนที่อยู่ภายใน

n_f เป็นจำนวนอะตอมหรือไอออนที่อยู่ตามผิวหน้า

n_e เป็นจำนวนอะตอมหรือไอออนที่อยู่ตามริมขอบ

n_c เป็นจำนวนอะตอมหรือไอออนที่อยู่ตามมุม

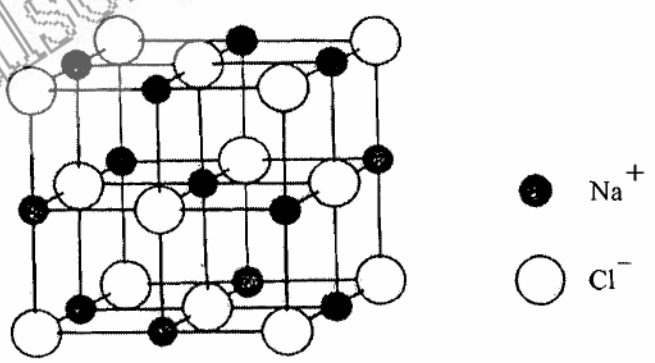
เพราะฉะนั้นเซลล์หน่วยทั้งสามแบบคำนวณจำนวนอะตอมได้ดังนี้

เซลล์หน่วยแบบธรรมดา ; $n = \frac{8}{8} = 1$

เซลล์หน่วยแบบกลางตัว ; $n = 1 + \frac{8}{8} = 2$

เซลล์หน่วยแบบกลางหน้า ; $n = \frac{6}{2} + \frac{8}{8} = 4$

ในกรณีดังกล่าวนี้เป็นจำนวนอะตอมชนิดเดียวกัน เช่น อะตอมของโลหะบริสุทธิ์ แต่ถ้าเป็นสารประกอบไอออนิกจะมีไอออนต่างชนิดกัน เช่น CsCl Cs^+ จะอยู่ตรงกลาง = 1 ไอออน ส่วน Cl^- จะอยู่ที่มุมทั้ง 8 จำนวนไอออนของ $Cl^- = \frac{1}{8} \times 8 = 1$ ไอออน รวมแล้วจำนวนไอออนในเซลล์หน่วยจะมี Cs^+ 1 ไอออน Cl^- 1 ไอออน หรือมี CsCl 1 หน่วยสูตร สำหรับ NaCl ดูรูป 3.4.4



รูป 3.4.4 โครงสร้างโซเดียมคลอไรด์

มหาวิทยาลัยนเรศวร Pibulsongkram Rajabhat University

จากรูป 3.4.4 จะเห็นว่าที่มุมทั้ง 8 เป็น Cl^- 8 ไอออน ที่ผิวหน้าของลูกบาศก์เป็น Cl^- 6 ไอออน ตามขอบของลูกบาศก์จะมี Na^+ 12 ไอออน และที่ใจกลางของลูกบาศก์มี Na^+ 1 ไอออน ดังนั้นจำนวนไอออนในเซลล์หน่วยของ NaCl จึงมีไอออนต่าง ๆ ดังนี้

Cl^- ที่มุมทั้ง 8 = $\frac{1}{8}\times 8$ = 1 ไอออน

Cl^- ที่ผิวหน้า = $\frac{1}{2}\times 6$ = 3 ไอออน

Na^+ ที่อยู่ตามขอบของลูกบาศก์ = $\frac{1}{4}\times 12$ = 3 ไอออน

Na^+ ที่อยู่ใจกลางของลูกบาศก์ = 1 ไอออน

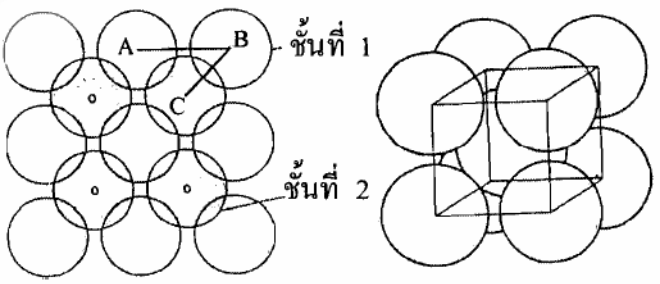
จึงมี Na^+ และ Cl^- อย่างละ 4 ไอออนในหนึ่งเซลล์หน่วย หรือมี NaCl 4 หน่วยสูตร

3.4.5 การจัดเรียงอะตอมหรือไอออนในผลึก

การจัดเรียงตัวของอนุภาคในผลึกทำให้เกิดโครงสร้างได้ 3 แบบคือโครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว (Body – centered cubic structure) อักษรย่อ bcc โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดธรรมดา (Simple cubic structure) และโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุด (Closest packed structure)

1) โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว

เมื่อให้อะตอมหรือไอออนมีรูปร่างเป็นทรงกลม การจัดเรียงแบบนี้ทำได้โดยจัดเรียงลูกทรงกลมในชั้นแรกเป็นดังรูป 3.4.5 และเมื่อวางลูกทรงกลมชั้นที่สองให้วางชนิดที่ทำให้แต่ละลูกทรงกลมของชั้นนี้ได้สัมผัสกับลูกทรงกลมของชั้นที่หนึ่ง 4 ลูก คือ มีการวางทับช่องว่างทุกช่อง การบรรจุลูกทรงกลมในชั้นต่าง ๆ จะเป็นแบบ AB AB AB ... ซ้ำกันไปเรื่อย ๆ การบรรจุแบบนี้จะใช้เนื้อที่ร้อยละ 68 ซึ่งน้อยกว่าการบรรจุแบบชิดที่สุด และแต่ละลูกทรงกลมจะมีเลขโคออร์ดิเนชัน เท่ากับ 8



รูป 3.4.5 โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร Pibulsongkram Rajabhat University

2) โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดธรรมดา

โครงสร้างแบบนี้มีการจัดเรียงลูกทรงกลมในชั้นแรกเหมือนกับโครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว แต่ในชั้นที่สองลูกทรงกลมทุกลูกจะวางทับลูกทรงกลมของชั้นแรก โดยให้จุดศูนย์กลางอยู่ในแนวเดียวกัน การบรรจุแบบนี้จะมีประสิทธิภาพน้อยกว่าในกรณีของ bcc คือ ใช้เนื้อที่เพียงร้อยละ 52.4

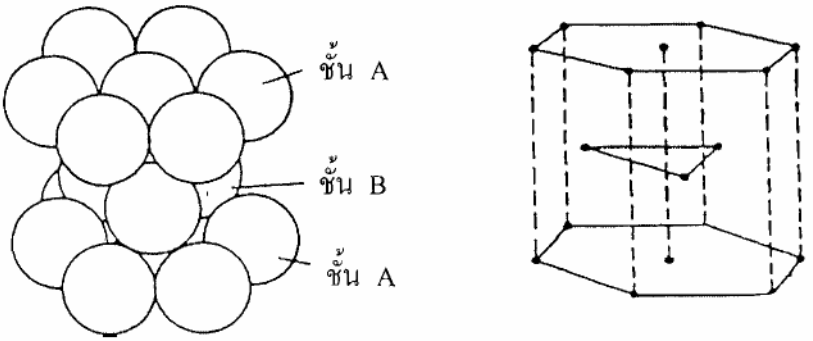
3) โครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุด แบ่งเป็น 2 แบบ

(1) โครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบเฮกซะโกนัล หรือใช้อักษรย่อ hcp มีการจัดเรียงลูกทรงกลมในชั้นที่หนึ่งหรือชั้น A ตามในรูป 3.4.6 ส่วนลูกทรงกลมชั้นที่สอง (ชั้น B) จะวางทับช่องว่างซึ่งเกิดจากลูกทรงกลมของชั้นที่หนึ่ง จุดศูนย์กลางของลูกทรงกลมชั้นที่สองจะอยู่ตรงกลางของช่องว่างซึ่งเกิดจากลูกทรงกลมชั้นที่หนึ่ง แต่ลูกทรงกลมของชั้นที่สองไม่ได้ทับช่องว่างทั้งหมดที่มีอยู่ของชั้นที่หนึ่ง แต่จะเป็นทางเว้นแถวหนึ่งแล้วทับสลับกันไป

รูป 3.4.6 การบรรจุลูกทรงกลมในชั้นที่หนึ่งและชั้นที่สอง

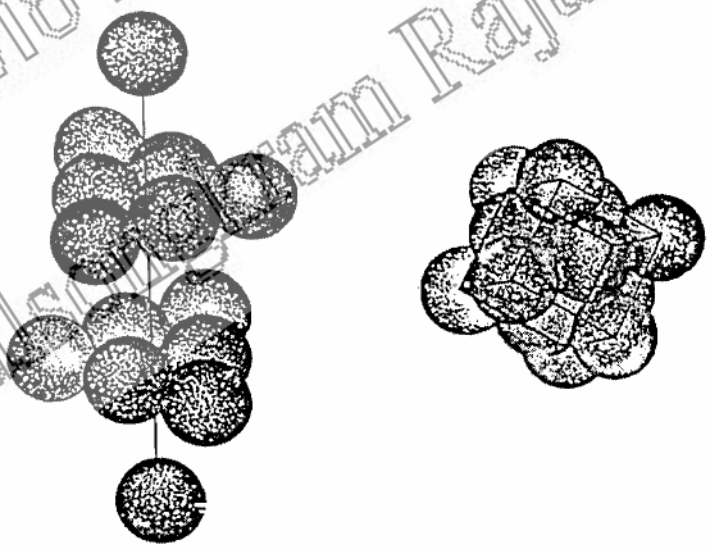
ส่วนการวางลูกทรงกลมชั้นที่สามจะวางทับช่องว่างชั้นที่สองซึ่งจะทำให้ลูกทรงกลมของชั้นที่สามอยู่ตรงกับลูกทรงกลมแต่ละลูกของชั้นที่หนึ่ง การบรรจุลูกทรงกลมในชั้นต่าง ๆ จะเป็นแบบ AB AB AB ... ซ้ำกันไปแบบนี้เรื่อย ๆ การจัดเรียงแบบนี้ลูกทรงกลมแต่ละลูกจะมีเลขโคออร์ดิเนชัน เท่ากับ 12 ใช้เนื้อที่ร้อยละ 74 หรือมีที่ว่างในผลึกร้อยละ 26

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี Phibulsongkram Rajabhat University



รูป 3.4.7 การบรรจุลูกทรงกลมของโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบเฮกซะโกนัล

(2) โครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบลูกบาศก์ หรือใช้อักษรย่อ ccp หรือโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบลูกบาศก์กลางหน้า (Face – centered cubic structure) มีอักษรย่อ fcc โครงสร้างชนิดนี้มีการจัดเรียงลูกทรงกลมชั้นที่หนึ่งและชั้นที่สองเหมือนกับแบบ hcp แต่ในแถวที่สามจะวางลูกทรงกลมไม่ให้ตรงกับชั้นที่หนึ่งโดยวางทับช่องว่างของแถวที่สอง ดังรูป 3.4.8 การบรรจุลูกทรงกลมในชั้นต่าง ๆ จึงเป็นแบบ ABC ABC ABC ... ซ้ำกันไปเรื่อย ๆ



รูป 3.4.8 การบรรจุลูกทรงกลมของโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบลูกบาศก์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ลูกทรงกลมแต่ละลูกในโครงสร้างแบบนี้จะสัมผัสโดยตรงกับลูกทรงกลมข้างเคียง 12 ลูกด้วยกัน หรือมีเลขโคออร์ดิเนชันเท่ากับ 12 ครอบครองเนื้อที่ร้อยละ 74 ที่ว่างในผลึกร้อยละ 26

ตาราง 3.4.3 โครงสร้างผลึกของโลหะบางชนิด

โครงสร้างของผลึก	โลหะ
โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว	Ba Cs K Li Mo Na Ta V
โครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบเฮกซะโกนัล	Cd Mg Os Zn
โครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบลูกบาศก์	Ag Al Au Cu Sr Th Ni Pb
โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดธรรมดา	Po

3.4.5 ช่องว่างในโครงสร้างการบรรจุชิดที่สุด (Gaps in closest packed structure)

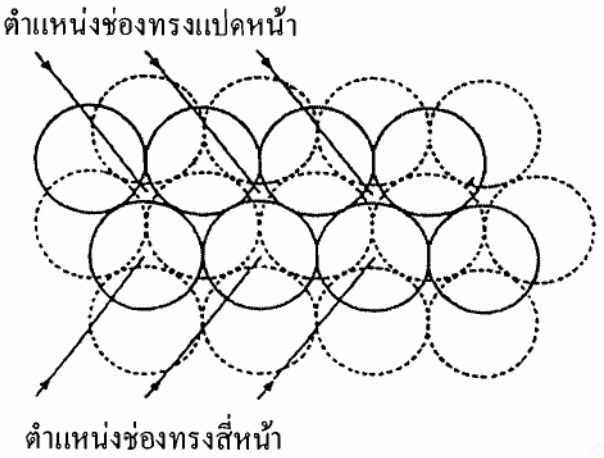
ช่องว่างในโครงสร้างการบรรจุชิดที่สุดมี 2 ชนิด คือ ช่องทรงสี่หน้า **(Tetrahedral hole)** และช่องทรงแปดหน้า **(Octahedral hole)** ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ช่องทรงสี่หน้า

เป็นช่องว่างที่อยู่ระหว่างลูกทรงกลม 4 ลูก ซึ่งลูกทรงกลมสามลูกจะเรียงกันแบบชิดที่สุดบนระนาบเดียวกัน แล้วลูกทรงกลมอีก 1 ลูกจะวางทับบนชั้นที่ 1 ให้จุดศูนย์กลางของลูกทรงกลมลูกนี้ทับบนช่องว่างของลูกทรงกลมทั้งสามดังกล่าว เมื่อลากเส้นตรงผ่านจุดศูนย์กลางของลูกทรงกลมทั้ง 4 จะได้รูปทรงสี่หน้า ดังรูป 3.4.9

2) ช่องทรงแปดหน้า

เป็นช่องว่างที่อยู่ระหว่างลูกทรงกลม 6 ลูก มาเรียงกันแบบชิดที่สุดเป็น 2 ชั้น โดยลูกทรงกลม 3 ลูกอยู่ในระนาบเดียวกันเป็นชั้นที่หนึ่ง ลูกทรงกลมอีก 3 ลูกซึ่งเป็นชั้นที่สองวางทับบนชั้นที่หนึ่งโดยวางสลับกัน ดังรูป 3.4.9 เมื่อลากเส้นตรงผ่านจุดศูนย์กลางของลูกทรงกลมทั้ง 6 จะได้รูปทรงแปดหน้า



รูป 3.4.9 ช่องทรงสี่หน้าและช่องทรงแปดหน้าในโครงสร้างการบรรจุชิดที่สุด

ช่องว่างทั้งสองชนิดดังกล่าวสามารถให้อนุภาคหน่วยอื่นที่มีขนาดต่างกันเข้ามาแทรกอยู่ได้

ภายในโครงสร้างแบบชิดที่สุด ทรงกลมลูกหนึ่งลูกใดสัมผัสกับทรงกลมสามลูกที่อยู่ข้างบน และสัมผัสกับทรงกลมอีกสามลูกที่อยู่ข้างล่าง จะเกิดเป็นรูปทรงสี่หน้า 2 รูป ดังนั้นแต่ละทรงกลมจึงทำให้มีช่องทรงสี่หน้า 2 ช่อง จำนวนช่องทรงสี่หน้าจะเป็นสองเท่าของจำนวนทรงกลม ถ้าเป็นสาร AX ที่ A มีโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุด X จะเข้าไปอยู่ตามช่องทรงสี่หน้าครึ่งหนึ่งของจำนวนช่องที่มีอยู่ทั้งหมด เช่น ZnS S^{2-} ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าจะประกอบกันขึ้นเป็นแลตทิซลูกบาศก์แบบกลางหน้าที่อัดชิดแน่น แต่ละไอออนมีช่องทรงสี่หน้า 2 ช่อง Zn^{2+} ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าจะเข้าไปอยู่ที่ช่องทรงสี่หน้าเหล่านั้นเพียงครึ่งหนึ่งของจำนวนช่องทรงสี่หน้าทั้งหมด

ส่วนสาร AX_2 X จะเข้าไปอยู่ตามช่องทรงสี่หน้าทั้งหมด เช่น CaF_2 มี Ca^{2+} ประกอบกันเป็นแลตทิซลูกบาศก์แบบกลางหน้าที่บรรจุชิดที่สุด มี F^- ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเข้าไปอยู่ตามช่องทรงสี่หน้าทั้งหมด ถ้าเป็นสาร A_2X เช่น K_2O O^{2-} จะรวมกันเป็นแลตทิซลูกบาศก์แบบกลางหน้ามี K^+ อยู่ตามช่องทรงสี่หน้าทั้งหมด

สำหรับช่องทรงแปดหน้าซึ่งเกิดจากลูกทรงกลม 6 ลูก มาวางซ้อนกันเป็น 2 ชั้น ชั้นละ 3 ลูก หันจุดยอดของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองให้ตรงกันข้าม เมื่อมองแลตทิซผลึกทางด้านข้างจะเห็นว่าในหนึ่งแถวทางแนวตั้งจะมีลูกทรงกลมเรียงสลับกับช่องทรงแปดหน้า แสดงว่าภายในโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดมีช่องทรงแปดหน้า 1 ช่อง ต่อ 1 ทรงกลม ขนาดของช่องทรงแปดหน้าจะใหญ่กว่าช่องทรงสี่หน้า ทรงกลมที่มีรัศมีไม่เกิน 0.414 เท่าของทรงกลมที่

เป็นตัวแลตทิซผลึกจะแทรกเข้าอยู่ในช่องดังกล่าวได้ โดยไม่ทำให้โครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดเสียรูป

สารประกอบ AX ซึ่งมี A เรียงกันแบบบรรจุชิดที่สุด มี X อยู่ตามช่องทรงแปดหน้าทุกช่องได้แก่ NaCl Cl^- มีขนาดไอออนใหญ่กว่า Na^+ จึงให้ Cl^- เป็นฝ่ายที่ประกอบกันขึ้นเป็นโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบลูกบาศก์กลางหน้า ส่วน Na^+ จะอยู่ตามช่องทรงแปดหน้า ดังนั้น Na^+ ถูกล้อมรอบด้วย 6 Cl^- และ Cl^- ถูกล้อมรอบด้วย 6 Na^+

ตาราง 3.4.4 ช่องว่างในโครงสร้างการบรรจุชิดที่สุดของสารประกอบบางชนิด

ชนิดช่องว่าง	จำนวนช่องว่างที่บรรจุไอออน	ชื่อโครงสร้าง	ตัวอย่างสารประกอบ
ทรงแปดหน้า	เต็มทุกช่อง	เกลือหิน (โซเดียมคลอไรด์)	เฮไลด์ของ Li, Na, K, Rb AgCl AgBr MgS CaO BaO
ทรงสี่หน้า	เต็ม $\frac{1}{2}$	ซิงค์เบลนด์	ZnS BeS AlP CuCl AgI CuI
ทรงสี่หน้า	เต็มทุกช่อง	ฟลูออไรต์	CaF_2 SrF_2 BaF_2 PbF_2 HfO_2 UO,
ทรงสี่หน้า	เต็มทุกช่อง	แอนติฟลูออไรต์	ออกไซด์ และซัลไฟด์ของ Li, Na, K, Rb

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บรรณานุกรม

กฤษณา ชุติมา. (2538). **หลักเคมีทั่วไป เล่ม 1.** พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ตริตาภรณ์ ชูศรี และคนอื่น ๆ. (ม.ป.ป.). **เคมี 1.** นครราชสีมา : สาขาวิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ทบวงมหาวิทยาลัย. (2539). **เคมี เล่ม 1.** พิมพ์ครั้งที่ 9. นนทบุรี : บริษัทไทยร่มเกล้า จำกัด.

นิตยาภรณ์ ใจสะอาด. (2534). **ปฏิบัติการเคมีอนินทรีย์.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

มาลี ตั้งสถิตย์กุลชัย. (2534). **เคมีอนินทรีย์.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

Brady, James E. and Gerard E. Humiston. (1991). **General Chemistry : Principles and Structure.** 3rd ed. New York : John Wiley & Sons , Inc.

Huheey , James E. , Ellen A. Keiter and Richard L. Keiter. (1993). **Inorganic Chemistry : Principles of Structure and Reactivity.** 4th ed. New York : Harper Collins College Publishers.

Jolly , William L. (1991). **Modern Inorganic Chemistry.** 2nd ed. New York : McGraw Hill , Inc.

Shriver , D.F. , P.W. Atkins and C.H. Langford. (1994). **Inorganic Chemistry.** 2nd ed. Oxford : Oxford University Press.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

คู่มือครู

โครงสร้างผลึก

CRYSTAL STRUCTURE

โดย

สุภาพ รมณีย์พิกุล

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

2544

คู่มือครู

โครงสร้างผลึก

CRYSTAL STRUCTURE

แผนการสอนบทเรียนสำเร็จรูปที่ 3

เรื่อง โครงสร้างผลึก

ตอนที่ 3.1 โครงสร้างผลึกของธาตุ

3.2 เซลล์หน่วย

3.3 โครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิก

แนวคิด

1. การจัดเรียงตัวของอนุภาคในผลึกของธาตุมีหลายรูปแบบ ทำให้เกิดโครงสร้างผลึกแตกต่างกัน มีทั้งโครงสร้างแบบลูกบาศก์และโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุด ช่องว่างในโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดมีทั้งช่องทรงสี่หน้าและช่องทรงแปดหน้า

2. เซลล์หน่วยเป็นหน่วยพื้นฐานของโครงสร้างผลึก เซลล์หน่วยในระบบลูกบาศก์มี 3 แบบ ได้แก่ แบบธรรมดา แบบกลางตัว และแบบกลางหน้า จำนวนอะตอมหรือไอออนที่มีในเซลล์หน่วย 1 เซลล์หน่วย จะต่างกัน

3. โครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกที่สำคัญมี 6 ชนิด ได้แก่ ผลึกแบบโซเดียมคลอไรด์ ผลึกแบบซีเซียมคลอไรด์ ผลึกแบบฟลูออไรต์ ผลึกแบบรูไทล์ ผลึกแบบซิงค์เบลนด์ และผลึกแบบเวิร์ตไซต์

วัตถุประสงค์

หลังจากศึกษาบทเรียนสำเร็จรูปแล้วนักศึกษาสามารถ

1. บอกลักษณะและข้อแตกต่างของการจัดเรียงอนุภาคในโครงสร้างผลึกของธาตุแบบต่าง ๆ ได้
2. สร้างแบบจำลองของโครงสร้างผลึกของธาตุแบบต่าง ๆ ได้
3. บอกข้อแตกต่างของช่องทรงสี่หน้าและช่องทรงแปดหน้าได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

4. อธิบายความหมายของเลขโคออร์ดิเนชันและบอกจำนวนเลขโคออร์ดิเนชันของแต่ละอนุภาคในโครงสร้างผลึกของธาตุแบบต่าง ๆ ได้

5. บอกความหมายของเซลล์หน่วยได้

6. บอกจำนวนอนุภาคในเซลล์หน่วย 1 เซลล์หน่วยของโครงสร้างผลึกแบบต่างๆ ได้

7. คำนวณหาปริมาตรของอนุภาคในเซลล์หน่วยของโครงสร้างผลึกแบบต่าง ๆ ได้

8. บอกเลขโคออร์ดิเนชันของแคตไอออนและแอนไอออนในโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกชนิดต่าง ๆ ได้

กิจกรรมระหว่างเรียน

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

สื่อการสอน

1. บทเรียนสำเร็จรูปที่ 3 เรื่อง โครงสร้างผลึก
2. อุปกรณ์และแบบจำลองเกี่ยวกับโครงสร้างผลึก
3. เอกสารและหนังสืออ่านประกอบ

เวลาเรียน

บทเรียนสำเร็จรูปนี้ใช้เวลาทั้งหมด 9 คาบ แยกรายละเอียดได้ดังนี้

ตอนที่ 3.1 โครงสร้างผลึกของธาตุ ..... 3 คาบ

ตอนที่ 3.2 เซลล์หน่วย ..... 3 คาบ

ตอนที่ 3.3 โครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิก ..... 3 คาบ

การประเมินผล

1. ประเมินผลจากแบบประเมินตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน
2. ประเมินผลจากแบบประเมินหลังจากปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

แบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน

(ใช้แบบทดสอบชุดเดียวกัน)

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. สารใดไม่ใช่ของแข็งผลึก (Crystalline solid)
   - ก. เกลือแกง
   - ข. น้ำตาล
   - ค. แก้ว
   - ง. เหล็ก
   - จ. ทองแดง

2. โครงสร้างผลึกแบบใดมีการจัดเรียงอนุภาคเป็นแบบ AB AB AB ... ซ้ำกันไปเรื่อย ๆ
   - ก. แบบลูกบาศก์ชนิดธรรมดา
   - ข. แบบเฮกซะโกนัล
   - ค. แบบลูกบาศก์กลางหน้า
   - ง. แบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว
   - จ. ถูกทั้ง ข และ ง

3. โครงสร้างผลึกแบบใดมีการจัดเรียงอนุภาคเป็นแบบ ABC ABC ABC ... ซ้ำกันไปเรื่อย ๆ
   - ก. แบบลูกบาศก์ชนิดธรรมดา
   - ข. แบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว
   - ค. แบบเฮกซะโกนัล
   - ง. แบบลูกบาศก์กลางหน้า
   - จ. ถูกทั้ง ค และ ง

4. โครงสร้างผลึกแบบใดมีการจัดเรียงอนุภาคเป็นแบบ AAAAA ... ซ้ำกันไปเรื่อย ๆ
   - ก. แบบลูกบาศก์ชนิดธรรมดา
   - ข. แบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ค. แบบลูกบาศก์กลางหน้า

ง. แบบเฮกซะโกนัล

จ. ชนิดบรรจุชิดที่สุด

5. โครงสร้างผลึกแบบใดมีการจัดเรียงอนุภาคโดยใช้เนื้อที่น้อยที่สุด

ก. แบบลูกบาศก์ชนิดธรรมดา

ข. แบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว

ค. แบบเฮกซะโกนัล

ง. แบบลูกบาศก์กลางหน้า

จ. ชนิดบรรจุชิดที่สุด

6. แต่ละอนุภาคในโครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัวมีเลขโคออร์ดิเนชันเท่าไร

ก. 4

ข. 6

ค. 8

ง. 10

จ. 12

7. แต่ละอนุภาคในโครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดธรรมดามีเลขโคออร์ดิเนชัน เท่าไร

ก. 4

ข. 6

ค. 8

ง. 10

จ. 12

8. แต่ละอนุภาคในโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดมีเลขโคออร์ดิเนชันเท่าไร

ก. 4

ข. 6

ค. 8

ง. 10

จ. 12

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

9. ผลึกของโซเดียม ถ้ามีโครงสร้างชนิดที่มีเลขโคออร์ดิเนชันเท่ากับ 8 ผลึกโซเดียมนี้มีโครงสร้างแบบใด

ก. Simple cubic structure

ข. Body - centered cubic structure

ค. Cubic closest packed structure

ง. Hexagonal closest packed structure

จ. Face - centered cubic structure

10. ช่องทรงสี่หน้าและช่องทรงแปดหน้า พบในโครงสร้างผลึกแบบใด

ก. แบบลูกบาศก์ชนิดธรรมดา

ข. แบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว

ค. แบบลูกบาศก์กลางหน้า

ง. แบบบรรจุชิดที่สุด

จ. แบบลูกบาศก์

11. จงบอกจำนวนเลขโคออร์ดิเนชันของแคตไอออนที่บรรจุในช่องทรงสี่หน้า

ก. 4

ข. 6

ค. 8

ง. 10

จ. 12

12. จงบอกจำนวนเลขโคออร์ดิเนชันของแคตไอออนที่บรรจุในช่องทรงแปดหน้า

ก. 4

ข. 6

ค. 8

ง. 10

จ. 12

13. เซลล์หน่วยแบบธรรมดามีจำนวนอะตอมเท่าไร

ก. 1

ข. 2

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ค. 3

ง. 4

จ. 6

14. เซลล์หน่วยแบบกลางตัวมีจำนวนอะตอมเท่าไร

ก. 1

ข. 2

ค. 3

ง. 4

จ. 6

15. เซลล์หน่วยแบบกลางหน้ามีจำนวนอะตอมเท่าไร

ก. 1

ข. 2

ค. 4

ง. 6

จ. 8

16. เซลล์หน่วยแบบกลางหน้าพบในโครงสร้างชนิดใด

ก. โครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบลูกบาศก์

ข. โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดธรรมดา

ค. โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว

ง. แบบเฮกซะโกนัล

จ. ชนิดบรรจุชิดที่สุด

17. ส่วนที่เล็กที่สุดของโครงผลึกที่แสดงให้เห็นแบบหรือลักษณะการจัดเรียงอนุภาคภายในผลึก เรียกว่าอะไร

ก. Crystal lattice

ข. Ionic crystal

ค. Unit cell

ง. Covalent crystal

จ. Crystal cell

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

18. ผลึกแบบใดที่มีอัตราส่วนของแคตไอออน : แอนไอออน เท่ากับ 1 : 1

ก. ผลึกแบบซีเซียมคลอไรด์

ข. ผลึกแบบรูไทล์

ค. ผลึกแบบโซเดียมคลอไรด์

ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ค

จ. ผลึกแบบแอนติฟลูออไรต์

19. ผลึกแบบฟลูออไรต์มีอัตราส่วนระหว่างแคตไอออนต่อแอนไอออนเท่ากันเท่าไร

ก. 1 : 1

ข. 1 . 2

ค. 2 . 1

9. 1 . 3

o. 2 . 3

20. เลขโคออร์ดิเนชันของแคตไอออนและแอนไอออนในผลึกแบบเวิร์ตไซต์มีจำนวนเท่าไร

ก. 2 : 4

ข. 3 : 6

ค. 4 . 4

9. 6 : 6

o. 3 . 3

ค้าเฉลย

1. ค	6. ค	11. ก	16. ก
2. จ	7. ข	12. ข	17. ค
3. ง	8. จ	13. ก	18. ง
4. ก	9. ข	14. ข	19. ข
5. ก	10. ง	15. ค	20. ค

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

กิจกรรมที่ครูต้องเตรียมล่วงหน้า

ตอนที่ 3.1 โครงสร้างผลึกของธาตุ

อุปกรณ์

1. ลูกปิงปอง (หรือลูกพลาสติกกลมขนาดเดียวกันทั้งหมด)
2. แกนเหล็ก
3. กาวตราช้าง

เฉลยคำตอบ

กิจกรรม 3.1.1

โครงสร้างผลึกของธาตุ	ลักษณะการจัดเรียงอนุภาค	หมายเหตุ
1. โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว	การจัดเรียงอนุภาคของชั้นที่ 2 ทับอนุภาคของชั้นที่หนึ่ง 4 อนุภาค โดยทับทุกช่องว่าง ส่วนอนุภาคของชั้นที่สามจะอยู่ตรงกับอนุภาคชั้นแรก	
2. โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดธรรมดา	การจัดเรียงอนุภาคชั้นแรกและชั้นที่ 2 ตรงกัน จุดศูนย์กลางของอนุภาคจะอยู่ในแนวเดียวกัน	
3. โครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบเฮกซะโกนัล	การจัดเรียงอนุภาคในชั้นที่ 2 ทับช่องว่างที่เกิดจากการจัดเรียงอนุภาคของชั้นที่ 1 โดยไม่ได้ทับทุกช่องว่างทั้งหมด แต่จะเป็นแบบแถวเว้นแถวหนึ่งแล้วทับสลับกันไป	
4. โครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบลูกบาศก์กลางหน้า	การจัดเรียงอนุภาคของชั้นแรกและชั้นที่ 2 เหมือนกับโครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบเฮกซะโกนัล แต่การเรียงอนุภาคในชั้นที่ 3 จะวางทับช่องว่างของชั้นที่ 2	

มหาวิทยาลัยศิลปากร Silpakorn University

กิจกรรม 3.1.2

1. แต่ละอนุภาคในโครงสร้างผลึกแบบต่าง ๆ มีเลขโคออร์ดิเนชันดังนี้
   1) โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว (8)
   2) โครงสร้างแบบลูกบาศก์ชนิดธรรมดา (6)
   3) โครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบเฮกซะโกนัล (12)
   4) โครงสร้างชนิดบรรจุชิดที่สุดแบบลูกบาศก์กลางหน้า (12)
2. ช่องทรงสี่หน้าและช่องทรงแปดหน้าเกิดจากการเรียงอนุภาคดังนี้
   1) ช่องทรงสี่หน้าเกิดจากการเรียงอนุภาคที่เป็นทรงกลม 4 ลูก
   2) ช่องทรงแปดหน้าเกิดจากการเรียงอนุภาคที่เป็นทรงกลม 6 ลูก
3. ช่องทรงสี่หน้าและช่องทรงแปดหน้าเกิดจากการจัดเรียงอนุภาคในโครงสร้างผลึกชนิดบรรจุชิดที่สุด
4. วิจารณ์ผลการทดลอง .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตอนที่ 3.2 เซลล์หน่วย

อุปกรณ์

1. แบบจำลองเซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบธรรมดา
2. แบบจำลองเซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบกลางตัว
3. แบบจำลองเซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบกลางหน้า

เฉลยคำตอบ

กิจกรรม 3.2.1

เซลล์หน่วย	จำนวนอนุภาค	หมายเหตุ
1. เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบธรรมดา	1	
2. เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบกลางตัว	2	
3. เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบกลางหน้า	4	

กิจกรรม 3.2.2

1. เซลล์หน่วยคือ หน่วยพื้นฐานของแลตทิซผลึก มีรูปร่างลักษณะและแบบแผนการเรียงรูปทรงเรขาคณิตของอนุภาคไว้เหมือนโครงสร้างผลึกเดิม แต่ละเซลล์หน่วยจะมีหน้าขอบและมุมร่วมกันอยู่

2. ข้อแตกต่างของเซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบธรรมดา เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบกลางตัว และเซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบกลางหน้า คือ

1) เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบธรรมดาจะมีเฉพาะอะตอมที่มุมซึ่งแต่ละมุมเท่ากับ $\frac{1}{8}$

2) เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบกลางตัวจะมีอะตอมที่อยู่ตรงกลางเท่ากับ 1 อนุภาค และที่มุมแต่ละมุมเท่ากับ $\frac{1}{8}$

3) เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบกลางหน้าจะมีอะตอมที่พื้นผิวซึ่งเท่ากับ $\frac{1}{2}$ มีทั้งสิ้น 6 ผิวหน้า คิดเป็น 3 อนุภาค และที่มุมแต่ละมุมเท่ากับ $\frac{1}{8}$

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี Phetchaburi Rajabhat University

3. จำนวนอนุภาคในเซลล์หน่วยแต่ละชนิดมีดังนี้

เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบธรรมดามี 1 อนุภาค

เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบกลางตัวมี 2 อนุภาค

เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบกลางหน้ามี 4 อนุภาค

4. การคำนวณหาปริมาตรของอนุภาคในเซลล์หน่วยของโครงสร้างผลึกแบบต่าง ๆ คำนวณได้ดังนี้

1) เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบธรรมดา

ความยาวของแต่ละด้านของเซลล์หน่วย = a

รัศมีของอนุภาคหน่วย = r = $\frac{a}{2}$

ปริมาตรของลูกบาศก์ = V_c

ปริมาตรของลูกบาศก์ที่ยึดครองโดยเซลล์หน่วย = V_o

ปริมาตรที่ว่างในเซลล์หน่วย = V_v

แต่ละเซลล์หน่วยมีอนุภาคหรืออะตอมยึดครองอยู่ $\frac{1}{8}\times 8 = 1$ อะตอม

ปริมาตรของอะตอม 1 อะตอม = $\frac{4}{3}\pi r^3$

$= \frac{4}{3}\pi\left(\frac{a}{2}\right)^3$

$= \frac{\pi}{6}a^3$

แต่ปริมาตรของลูกบาศก์หรือ V_c = a^3

∴ ปริมาตรของอนุภาคในเซลล์หน่วย = $\frac{\pi a^3}{6a^3}\times 100$

= 52.4%

2) เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบกลางตัว

ความยาวของแต่ละด้านของเซลล์หน่วย = a

ความยาวของเส้นทแยงมุมของแต่ละหน้า = $\sqrt{2}\,a$

ให้ความยาวของเส้นทแยงมุมของลูกบาศก์ = X

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

$$\therefore X^2 = a^2 + (\sqrt{2}\,a)^2 = 3a^2$$

$$X = \sqrt{3}\,a$$

เส้นทแยงมุมของลูกบาศก์ยาวเป็น 4 เท่าของรัศมีของอนุภาคหน่วย

ดังนั้น $4r = X$

$$r - \frac{X}{4} = \frac{\sqrt{3}\,a}{4}$$

แต่ละเซลล์หน่วยมีอนุภาคหรืออะตอมยึดครองอยู่ = 2 อะตอม

$\therefore$ ปริมาตรของ 2 อะตอม หรือ $V_o = 2 \times \frac{4}{3}\pi r^3$

$$= 2 \times \frac{4}{3}\pi\left(\frac{\sqrt{3}\,a}{4}\right)^3$$

$$= \frac{\sqrt{3}\pi a^3}{8}$$

แต่ปริมาตรของลูกบาศก์หรือ $V_c = a^3$

$\therefore$ ปริมาตรของอนุภาคในเซลล์หน่วย $= \frac{\sqrt{3}\pi a^3}{8a^3} \times 100$

$= 68\%$

3) เซลล์หน่วยของลูกบาศก์แบบกลางหน้า

ความยาวของแต่ละด้านของเซลล์หน่วย = a

เส้นทแยงมุมของแต่ละหน้ายาว = $\sqrt{2}\,a$

เส้นทแยงมุมของลูกบาศก์ยาวเป็น 4 เท่าของรัศมีของอนุภาคหน่วย

$$4r = \sqrt{2}\,a$$

$$r = \frac{\sqrt{2}\,a}{4}$$

แต่ละเซลล์หน่วยมีอนุภาคหรืออะตอมยึดครองอยู่ = 4 อะตอม

ปริมาตรของ 4 อะตอม หรือ $V_o = 4 \times \frac{4}{3}\pi r^3$

$$= 4 \times \frac{4}{3}\pi\left(\frac{\sqrt{2}\,a}{4}\right)^3$$

$$= \frac{\pi a^3}{3\sqrt{2}}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

แต่ปริมาตรของลูกบาศก์หรือ V_c = a^3

$\therefore$ ปริมาตรของอนุภาคในเซลล์หน่วย = $\frac{\pi a^3}{3\sqrt{2}\ a^3} \times 100$

= 74%

5. ทองแดงมีโครงสร้างแบบลูกบาศก์กลางหน้า มีความหนาแน่น 8.93 g cm^{-3} และน้ำหนักเชิงอะตอมเท่ากับ 63.5 g mol^{-1} สามารถหาความยาวของแต่ละด้านของเซลล์หน่วยได้ ดังนี้

ทองแดง 1 อะตอมหนัก = $\frac{63.5 \times 10^{-23}}{6.02}$ g

ทองแดง 4 อะตอมหนัก = $\frac{4 \times 63.5 \times 10^{-23}}{6.02}$ g

ความหนาแน่น = $\frac{\text{มวล}}{\text{ปริมาตร}}$

8.93 g cm^{-3} = $\frac{4 \times 63.5 \times 10^{-23}}{6.02 \times \text{ปริมาตร}}$ g

ปริมาตร = $\frac{4 \times 63.5 \times 10^{-23}}{6.02 \times 8.93}$ cm^3

$\therefore$ ความยาวของแต่ละด้านของเซลล์หน่วย = 0.361×10^{-7} cm

= 3.61×10^{-8} cm

= 3.61 Å

6. โลหะเหล็กมีโครงสร้างผลึกแบบลูกบาศก์ชนิดกลางตัว มีความยาวของแต่ละด้านของเซลล์หน่วยเท่ากับ 2.866×10^{-8} cm และมีความหนาแน่น 7.87 g cm^{-3} สามารถหามวลของเหล็ก 1 อะตอม ได้ดังนี้

มวลของเซลล์หน่วย = ความหนาแน่น $\times$ ปริมาตร

= 7.87 g cm^{-3} $(2.866 \times 10^{-8})^3$ cm^3

$\therefore$ มวลของเหล็ก 2 อะตอม = 185.27×10^{-24} g

มวลของเหล็ก 1 อะตอม = $\frac{185.27 \times 10^{-24}}{2}$

= 92.63×10^{-24} g

= 9.26×10^{-23} g

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

7. เซลล์หน่วยของโลหะทองคำมีความยาวแต่ละด้านเท่ากับ 4.079×10^{-8} cm และมีความหนาแน่น 19.3 g cm^{-3} สามารถคำนวณหาจำนวนอะตอมในเซลล์หน่วย และบอกชนิดของโครงสร้างผลึกของทองคำได้ดังนี้

ปริมาตรของเซลล์หน่วยของโลหะทองคำ = $(4.079\times10^{-8})^3$ cm^3

มวลของเซลล์หน่วยของโลหะทองคำ = $(4.079\times10^{-8})^3$ cm^3 (19.3) g cm^{-3}

= 1.31×10^{-21} g

แต่โลหะทองคำ 6.02×10^{23} อะตอม มีมวล 196.97 g

$\therefore$ มวลของทองคำ 1.31×10^{-21} g มีจำนวนอะตอม

$$= \frac{6.02\times10^{23}\times1.31\times10^{-21}}{196.97} \text{ อะตอม}$$

= 4 อะตอม

โครงสร้างผลึกของทองคำจึงเป็นชนิดลูกบาศก์แบบกลางหน้า

8. วิจารณ์ผลการทดลอง .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตอนที่ 3.3 โครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิก

อุปกรณ์

1. แบบจำลองและรูปภาพโครงสร้างผลึกชนิดต่าง ๆ ได้แก่
   1) ผลึกแบบโซเดียมคลอไรด์
   2) ผลึกแบบซีเซียมคลอไรด์
   3) ผลึกแบบฟลูออไรต์
   4) ผลึกแบบรูไทล์
   5) ผลึกแบบซิงค์เบลนด์
   6) ผลึกแบบเวิร์ตไซต์
2. แว่นส่องภาพสามมิติ

เฉลยคำตอบ

กิจกรรม 3.3.1

ชนิดของผลึก	เลขโคออร์ดิเนชันของแคตไอออน	เลขโคออร์ดิเนชันของแอนไอออน	หมายเหตุ
ผลึกแบบโซเดียมคลอไรด์	6	6	
ผลึกแบบซีเซียมคลอไรด์	8	8	
ผลึกแบบฟลูออไรต์	8	4	
ผลึกแบบรูไทล์	6	3	
ผลึกแบบซิงค์เบลนด์	4	4	
ผลึกแบบเวิร์ตไซต์	4	4	

กิจกรรม 3.3.2

1. ผลึกไอออนิกที่สำคัญมี 6 ชนิด ได้แก่
   1) ผลึกแบบโซเดียมคลอไรด์
   2) ผลึกแบบซีเซียมคลอไรด์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

3) ผลึกแบบฟลูออไรต์

4) ผลึกแบบรูไทล์

5) ผลึกแบบซิงค์เบลนด์

6) ผลึกแบบเวิร์ตไซต์

2. โครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิก มีสูตรทั่วไปดังนี้

1) ผลึกแบบโซเดียมคลอไรด์ มีสูตรทั่วไป MX

2) ผลึกแบบซีเซียมคลอไรด์ มีสูตรทั่วไป MX

3) ผลึกแบบฟลูออไรต์ มีสูตรทั่วไป MX_2

4) ผลึกแบบรูไทล์ มีสูตรทั่วไป MX_2

5) ผลึกแบบซิงค์เบลนด์ มีสูตรทั่วไป MX

6) ผลึกแบบเวิร์ตไซต์ มีสูตรทั่วไป MX

3. สารประกอบไอออนิกมีอัตราส่วนระหว่างอะตอมของแคตไอออนต่อแอนไอออนดังนี้

1) ผลึกแบบโซเดียมคลอไรด์
2) ผลึกแบบซีเซียมคลอไรด์
} อัตราส่วนของแคตไอออน : แอนไอออน = 1 : 1

3) ผลึกแบบฟลูออไรต์
4) ผลึกแบบรูไทล์
} อัตราส่วนของแคตไอออน : แอนไอออน = 1 : 2

5) ผลึกแบบซิงค์เบลนด์
6) ผลึกแบบเวิร์ตไซต์
} อัตราส่วนของแคตไอออน : แอนไอออน = 1 : 1

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University