DEVELOPMENT OF “CHEMICAL BONDING” LEARNING UNITS INCORPORATED WITH ELICITATION STRATEGY FOR HIGH SCHOOL STUDENTS



A DISSERTATION

BY

PATCHAREE ROMPAYOM

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Doctor of Education Degree in Science Education

at Srinakharinwirot University

September 2010

DEVELOPMENT OF “CHEMICAL BONDING” LEARNING UNITS INCORPORATED WITH ELICITATION STRATEGY FOR HIGH SCHOOL STUDENTS



A DISSERTATION

BY

PATCHAREE ROMPAYOM

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Doctor of Education Degree in Science Education

at Srinakharinwirot University

September 2010

Copyright 2010 by Srinakharinwirot University

Patcharee Rompayom. (2010). *Development of "Chemical Bonding" Learning Units Incorporated with Elicitation Strategy for High School Students*. Dissertation, Ed.D. (Science Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assist. Prof. Dr. Chinda Tambunchong, Assoc. Prof. Dr. Somson Wongyounoi, Dr. Precharn Dechsri.

The purposes of this research were to develop "chemical bonding" learning units incorporating an elicitation strategy for high school students and to explore the effectiveness of these units for students with respect to scientific concepts, metacognitve ability, integrated science process skills and attitudes toward chemistry. The research methodology was based on a plan using two main stages which were preparatory and confirmatory.

During the preparatory stage, the learning units which composed of the Teacher Guide Book and the Student Book were developed and the content was verified as appropriate and validated by three experts. Overall results of the verification suggested that the Teacher Guide Book and the Student Book were at a high level of appropriateness and each was self consistent with the other. Subsequently, the learning units were implemented in a field trial study with a class of 32 tenth grade students from Singburi School in the first semester of the 2552 B.E. academic year. Furthermore, the research instruments consisted of: (1) the chemical bonding concept test, (2) the metacognitive inventory, (3) the Test of Integrated Science Process Skills II (TIPS II), and (4) the attitudes toward chemistry questionnaire which were developed to obtain the quantitative data. In addition, the opinions of the teachers and students toward the learning units were also collected for use as qualitative data. Results from this development phase using these research instruments found that the chemical bonding concept test had a reliability of .92, the metacognitive inventory had a reliability of .72, the TIPS II had a reliability of .81, and the attitudes toward chemistry questionnaire had a reliability of .91.

During the confirmatory stage, the learning units were used to test for effectiveness with a class of 36 tenth grade students from Banmi Wittaya School in the second semester of the same academic year; and, the subsequently modified research instruments were used then for collecting data to test whether the research hypotheses were supported. Results of the confirmatory stage indicated that mean scores for: (1) chemical bonding concepts, (2) metacognitive ability, and (3) science process skills after the instruction were significantly greater than the cutting score at .05 level of significance. However, attitudes toward chemistry of the students were only at the medium level.

การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พันธะเคมีที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



บทคัดย่อ

ของ

พัชรี ร่มพยอม

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตรศึกษา

กันยายน 2553

พัชรี ร่มพยอม (2553). *การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พันธะเคมีที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ คณะกรรมการควบคุม: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จินดา แต้มบรรจง, รองศาสตราจารย์ ดร. สมสรร วงษ์อยู่น้อย, ดร. ปรีชาญ เดชศรี.

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และเพื่อศึกษาผลของหน่วยการเรียนรู้ต่อผู้เรียนในการส่งเสริมการมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องพันธะเคมีที่ถูกต้อง ส่งเสริมความสามารถด้านเมตาคอกนิชัน ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการมีเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมี การวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยกระบวนการวิจัย 2 ระยะ คือ การเตรียมพร้อมเครื่องมือวิจัยและการยืนยันผลการวิจัย

ขั้นตอนการเตรียมพร้อมเครื่องมือวิจัยได้มีการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วยคู่มือครูและหนังสือเรียน หน่วยการเรียนรู้ได้ตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหา และความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่าผู้เชี่ยวชาญตัดสินให้คู่มือครูและหนังสือเรียนมีความเหมาะสมในระดับสูง นอกจากนี้คู่มือครูและหนังสือนักเรียนมีความสอดคล้องกัน จากนั้นจึงนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 32 คน จากโรงเรียนสิงห์บุรี ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขหน่วยการเรียนรู้ก่อนนำไปใช้จริง นอกจากนี้ในขั้นตอนการเตรียมพร้อมเครื่องมือวิจัยได้มีการพัฒนาเครื่องมือวิจัยที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณประกอบด้วย (1) แบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี (2) แบบวัดความสามารถด้านเมตาคอกนิชัน (3) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ(4) แบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี ส่วนการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพประกอบด้วย แบบสอบถามความคิดเห็นของครูต่อหน่วยการเรียนรู้ และแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนต่อหน่วยการเรียนรู้ เครื่องมือวิจัยที่พัฒนาขึ้นได้ผ่านการทดสอบคุณภาพ ผลของการทดสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณชี้ว่า แบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมีมีค่าความเชื่อมั่น .92 แบบวัดความสามารถด้านเมตาคอกนิชันมีค่าความเชื่อมั่น .72 แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีค่าความเชื่อมั่น .81 และแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีมีค่าความเชื่อมั่น .91

ขั้นตอนการยืนยันผลการวิจัยได้นำหน่วยการเรียนรู้ไปใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 36 คน จากโรงเรียนบ้านหมี่วิทยา จังหวัดลพบุรี ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทดสอบสมมติฐานของงานวิจัย ผลของการทดสอบสมมติฐานการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนด้าน (1) การมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมีที่ถูกต้อง (2) ความสามารถด้านเมตาคอกนิชัน และ (3) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน สูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 อย่างไรก็ตามหลังผ่านกระบวนการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น นักเรียนมีเจตคติต่อวิชาเคมีในระดับปานกลาง

The dissertation titled

Development of “Chemical Bonding” Learning Units Incorporated with Elicitation Strategy for High School Students

By

Patcharee Rompayom

has been approved by the Graduate School as partial fulfillment of the requirements for the Doctor of Education degree in Science Education of Srinakharinwirot University

..... Dean of the Graduate School

(Assoc. Prof. Dr. Somchai Santiwatanakul)

September 2010

Dissertation Committee

..... Chair

(Assist. Prof. Dr. Chinda Tambunchong)

..... Co-advisor

(Assoc. Prof. Dr. Somson Wongyounoi)

..... Co-advisor

(Dr. Precharn Dechsri)

Oral Defense Committee

..... Chair

(Assist. Prof. Dr. Salinee Acharry)

..... Committee

(Assoc. Prof. Dr. Supaluk Prachayasittikul)

..... Committee

(Assist. Prof. Dr. Chinda Tambunchong)

..... Committee

(Assoc. Prof. Dr. Somson Wongyounoi)

..... Committee

(Dr. Precharn Dechsri)

This study was financially supported by
The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology
(IPST)

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my deep gratitude to Assist. Prof. Dr. Chinda Tambunchong, advisor, Assoc. Prof. Dr. Somson Wongyounoi and Dr. Precharn Dechsri, co-advisors, for their guidance and encouragement throughout the study.

My genuine gratefulness is also to Prof. Dr. Peter Hewson and Prof. Dr. Mariana Hewson for their suggestions during the study at the University of Wisconsin-Madison.

I would like to extend my appreciation to Assoc. Prof. Dr. Prasert Sripiroj, Mrs. Nanthavan Hansawek, Assist. Prof. Dr. Teerayuth Liwporncharoenvong, Miss Nantachat Wongpanya, and other experts contributing to this study for their suggestion and revision on the learning units and the research instruments. Also, my genuine gratefulness is to Prof. Dr. Joseph C. Burns from the University of Alabama at Birmingham, who sent me the Test of Integrated Process Skills II (TIPS II) and allowed me to use it as a research instrument.

The thankfulness is to my advisor, co-advisors, Assist. Prof. Dr. Salinee Archarry, Assoc. Prof. Dr. Supaluk Prachayasittikul who were the oral dissertation and oral defense committee for their timing and suggestion. My sincere appreciation is also to Assoc. Prof. Dr. Martin Hooper for editing advice on the dissertation, Assoc. Prof. Dr. Prayaong Pongthongchareon, the former director of Science Education Center, Srinakharinwirot University, and all instructors in the Science Education Center for their valuable advices during the study.

The thankfulness is also to the Institute for Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) for the financial support throughout the study.

I would like to give a special thanks to Mr. Sittichai Wichaidit for his unending encouragement and being assistance during the study.

While acknowledging the support and guidance of the above, the quality of this research and its presentation remained my responsibility ultimately.

To my beloved family and my grandfather who is no longer alive, I own a debt of gratitude to all for their love, support and encouragement throughout the study.

Patcharee Rompayom

TABLE OF CONTENTS

Chapter **Page**

1 INTRODUCTION

Background..... 1

Objectives of the Study..... 6

Significance of the Study..... 6

Scope and Limitation of the Study..... 7

Definition of Terms..... 9

Conceptual Framework of the Study..... 12

Research Hypotheses..... 13

2 REVIEW OF THE LITURATURE

Constructivism..... 14

Conceptions..... 19

Conceptual Change..... 21

Student's Alternative Conceptions..... 24

The 5Es Instructional Model..... 38

Elicitation..... 41

Metacognition..... 47

Science Process Skills..... 57

Attitudes toward Chemistry..... 60

Educational Assessment..... 64

TABLE OF CONTENTS (Continued)

Chapter		Page
3	METHODOLOGY	
	Research Participants	73
	Material for the Study	74
	Research Methodology	74
	Stage 1: Preparatory state	78
	Stage 2: Confirmatory state	87
	Roles of Individuals	89
	Statistical Analysis	91
	Basic statistic for developing research Instruments	91
	Statistics for testing hypothesis	93
4	RESULTS OF THE STUDY	
	The preparatory stage	96
	Defining alternative concepts of the students	96
	Developing the learning units	97
	Developing the research instruments	109
	Field trial study	111
	The confirmatory stage	114
	Chemical bonding concepts of the students	115
	Metacognitive ability of the students	119
	Science process skills of the students	123
	Attitudes toward chemistry of the students	126
	The teachers' opinions towards the learning units	128
	The students' opinions towards the learning units	130

TABLE OF CONTENTS (Continued)

Chapter **Page**

5 CONCLUSIONS AND DISCUSSION

Conclusions..... 134

Discussions..... 148

Chemical bonding conceptions..... 148

The metacognitive ability..... 153

The science process skills..... 154

Attitudes toward chemistry..... 156

Recommendations..... 160

BIBLIOGRAPHY..... 164

APPENDIX..... 178

APPENDIX A Lists of the experts and the participating teachers..... 179

APPENDIX B Results on the assessment of the learning units..... 183

APPENDIX C Results on the assessment of the research instruments..... 198

APPENDIX D Scores of the students and frequency curves..... 198

APPENDIX E Samples of assessment forms and research instruments (in Thai)..... 248

APPENDIX F Sample of the learning units (in Thai)..... 289

APPENDIX G A letter to permit for using the TIPS II..... 331

APPENDIX H Sample of opinions towards the learning units..... 333

APPENDIX I Sample of students' responses on the elicitation activity..... 338

APPENDIX J Pictures of the learning activity..... 342

VITAE..... 345

LIST OF TABLES

Table **Page**

1 The teaching order for solid structures 30

2 The examples of students' alternative conceptions on chemical bonding 33

3 The example of elicited questioning in an interview form 43

4 The conclusion of elicitation as a diagnostic tool to explore students' conceptions..... 45

5 The strategy evaluation matrix 54

6 The stages of the learning units development..... 76

7 The roles of the participating students..... 90

8 Incorporating elicitation activities into the first lesson plan..... 97

9 Incorporating elicitation activities into the second lesson plan..... 99

10 Incorporating elicitation activities into the third lesson plan..... 100

11 Incorporating elicitation activities into the forth lesson plan 102

12 Incorporating elicitation activities into the fifth lesson plan..... 103

13 Incorporating elicitation activities into the sixth lesson plan 105

14 Incorporating elicitation activities into the seventh lesson plan..... 107

15 Topics and teaching periods of the learning units 108

16 The areas of alternative conception on the concept test..... 110

17 The aspects of attitudes toward chemistry..... 113

18 The comparison of students' chemical bonding conception before and after the Instruction from the confirmatory stage..... 115

19 Results of the chemical bonding cutting score calculation..... 116

20 The comparison of the chemical bonding conceptions mean score to the cutting score..... 117

21 The comparison of the students' metacognitive ability before and after the Instruction from the confirmatory stage 120

LIST OF TABLES (Continued)

Table **Page**

22 Results of the metacognitive ability cutting score calculation..... 121

23 The comparison of the metacognitive ability mean score to the cutting score..... 122

24 The comparison of the students' science process skills before and after the Instruction from the confirmatory stage..... 124

25 Results of the science process skill cutting score calculation..... 125

26 The comparison of the mean score to the cutting score..... 125

27 Students' attitudes toward chemistry post-test mean score 127

28 The comparison of the attitudes toward chemistry mean score after the instruction of the confirmatory stage..... 127

29 The results of evaluation on appropriateness of the Teacher Guide Book according to the experts' opinion 184

30 The results of evaluation on appropriateness of the Student Book according to the experts' opinion… 189

31 The results of evaluation on the consistency of the learning units according to the the experts' opinion..... 195

32 The results of evaluation on content validity of the chemistry bonding concept test . 199

33 The results of evaluation on face validity of the metacognitive inventory..... 203

34 The results of re-test quality on the science process skill test..... 206

35 Discrimination index of the chemical bonding concept test..... 207

36 The results of evaluation on the attitudes toward chemistry questionnaire 208

37 Students' score on the chemical bonding concept test 212

38 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible score on chemical bonding conceptions..... 213

39 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores of the ionic substance conception..... 214

LIST OF TABLES (Continued)

Table **Page**

40 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores on covalent substance conceptions 215

41 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores of the metal conception 216

42 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores of the ionic bond formation conception 217

43 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores of the electron configuration conception 218

44 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores of the ionic solution conception 219

45 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores of ionic substances conception 220

46 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores of the octet rule conception 221

47 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores of covalent bonding formation 222

48 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores of the property of water conception 223

49 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores of the bonding energy conception 224

50 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores of the bond and molecular polarity 225

51 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores of the intermolecular force 226

LIST OF TABLES (Continued)

Table **Page**

52 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores of the metal model 227

53 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores of the physical property of metal 228

54 Students' score on the metacognitive inventory 230

55 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores on metacognition 231

56 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores on metacognitive knowledge 232

57 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores on metacognitive control 233

58 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores on declarative knowledge 234

59 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores on procedural knowledge 235

60 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores on conditional knowledge 236

61 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores on the planning 237

62 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores on the monitoring 238

63 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores on the evaluating 239

LIST OF TABLES (Continued)

Table **Page**

64 Students' score on the integrated science process skills 240

65 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores of the entire integrated science process skills 241

66 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores of the first aspect (Defining operation) 242

67 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores of the second aspect (Formulating hypothesis) 243

68 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores of the forth aspect (Operationally defining) 244

69 Probability of incorrect decision, probability of correct decision, and validity coefficient for possible scores of the fifth aspect (Defining investigation) 245

70 Students' attitudes toward chemistry post-test score from confirmatory stage 246

LIST OF FIGURES

Figure **Page**

1 Conceptual framework of the study..... 13

2 The transmission view of a learning..... 15

3 The three levels of chemical representation..... 26

4 The characteristics drawing found in the most frequently used textbook:
(a) corpuscular electron model and (b) electron cloud model……..31

5 The formulation of a meta-level and object-level theoretical mechanism……..51

6 Predictor and criterion classification of students for instructed and uninstructed groups score distributions……..……..70

7 The processes of the learning unit development..... 77

8 Frequency curves of the chemical bonding concept scores..... 213

9 Frequency curves of the ionic substance conception scores..... 214

10 Frequency curves of the covalent substance conception scores..... 215

11 Frequency curves of the metal conception scores..... 216

12 Frequency curves of the ionic bond formation scores..... 217

13 Frequency curves of the electron configuration scores..... 218

14 Frequency curves of the ionic solution scores..... 219

15 Frequency curves of the conductivity of ionic substance..... 220

16 Frequency curves of the octet rule conception scores..... 221

17 Frequency curves of the covalent bonding formation..... 223

18 Frequency curves of the property of water conception..... 224

19 Frequency curves of the bonding energy conception..... 225

20 Frequency curves of the bond and molecular polarity..... 226

21 Frequency curves of the intermolecular force conception..... 227

22 Frequency curves of the metal model conception scores..... 228

23 Frequency curves of the physical property of metal conception scores..... 229

LIST OF FIGURES (Continued)

Figure **Page**

24 Frequency curves of the metacognitive ability scores 231
25 Frequency curves of the metacognitive knowledge scores 232
26 Frequency curves of the metacognitive control scores 233
27 Frequency curves of the declarative knowledge scores 234
28 Frequency curves of the procedural knowledge scores 235
29 Frequency curves of the conditional knowledge scores 236
30 Frequency curves of the planning scores 237
31 Frequency curves of the monitoring scores 238
32 Frequency curves of the evaluating scores 239
33 Frequency curves of the entire science process skill scores 241
34 Frequency curves of the defining operation scores 242
35 Frequency curves of the formulating hypothesis scores 243
36 Frequency curves of the operationally defining scores 244
37 Frequency curves of the designing investigation scores 245

CHAPTER ONE

INTRODUCTION

Background

A major goal of science teaching is to help students understand natural phenomena, and the scientific principles and theories used to explain them. This goal is difficult to achieve because many phenomena are complicated to perceive and the scientific principles used to explain them are often abstract and complex (Collette; & Chiappetta 1994: 56). Chemistry is regarded by many students as a highly abstract and complex subject (Johnstone. 2000: 9; Gabel. 1999: 548). So students from middle school to college level find chemistry is a difficult subject (Nakhleh. 1992: 195). Lythcott (1990: 250) reported that students may answer correctly some questions on parts of a chemical concept but they lack a complete understanding of that particular concept.

Chemical bonding is a central concept in chemistry (Taber. 1993: 2; Nicoll. 2001: 708; Taber; & Coll. 2002: 213-214; Levy-Nahum; et al. 2007: 580). Chemistry is a subject concerned with the properties and reactions of substances. Substances are often understood in terms of combination of particles involving atoms and molecules, and the nature of the bonding between particles is related to the chemical and the physical properties of the substance. Chemical reactions involve breaking and forming of chemical bonds. The relative bond strengths in reactants and products are the key point to determine thermodynamics and equilibrium position of the reaction process (Taber; & Coll. 2002: 213-214). Before understanding reaction process of the substance, the students must first appreciate how molecular structure effects the molecular interaction, what electronegativity is, what is polarity, and why some types of bonds are more prone to attack each other (Nicoll. 2001: 707-708). However, because concepts in chemical bonding are far from the daily experiences of students; for example one cannot see an atom and its reactions, and so many students have difficulty understanding these concepts in chemical bonding; and as a result, alternative conceptions are easily formed (Tan; & Treagust. 1999: 75; Coll; & Taylor. 2002: 175; Taber; & Coll. 2002: 214; Unal; Calik; Ayas; & Coll. 2006: 144; Gabel. 1999: 548).

Numerous studies have revealed students' alternative conceptions concerning chemical bonding. Researchers have found that students hold alternative conceptions on: (1) the application of electronegativity and intermolecular forces (Taagepera; et.al. 2002: 760); (2) the ability of ionic compounds to exist as discrete molecules as do covalent compounds (Barker; & Millar. 2000: 1196); and (3) the relationship between the chemical bond and energy (Boo. 1998: 576). This is similar to the situation in Thailand, where Tasana Chantanapitan (1997) surveyed students' concepts on molecules by using open-ended question. The study found that high school students in Bangkok had alternative conceptions about the size, shape, mass, intermolecular force and energy of molecules. Taber; & Coll (2002: 214-215) summarized four characteristics of learner's alternative conceptions relating to chemical bonding. Firstly, learners hold an incorrect and inappropriate rationale for why bonding should occur. Secondly, learners see all bonding as involving discrete molecules, and do not understand the nature of ionic and metallic bond and giant covalent structure. Thirdly, learners may discount from the category of "bonding" anything which does not fit the description of "electron sharing" or "electron transfer." And fourthly, learners may be unable to make sense of intermediate bond type (e.g., polar bonding). Importantly, students' alternative concepts were resistant to change despite after the instruction (Nicoll. 2001: 707; Moyer; Hackett; & Everett. 2007: 10). Students' alternative concepts are an important factor in learning science and contribute to students' failing to learn science with understanding (Smith. 1987: 424). Learning in science has to be shifted from a descriptive and socially practical science to a more conceptual one (Fensham. 1988: 13; Smith; Blakeslee; & Anderson. 1993: 111).

According to a constructivist perspective on learning, people construct their own meanings from what they experience, rather than acquiring knowledge from other sources (Bennett. 2003: 25). Teachers cannot assume that their students come to classes without any preconceived ideas about a topic and act like they are 'blank slates' (Bodner. 1986: 876). Students may have strongly held beliefs, uncertain notions and relatively separated ideas (Taber. 2002a: 2-3). Sometime, students may have not only alternative concepts in science classroom but also entrenched attitudes influence subsequent learning (Scott; Asoko; & Driver. 1992: 325; Laforgia. 1988: 407-408). In other words, development of cognitive ability alone is not enough so the ultimate aim of science education should include a change of attitude. Particularly in the context of chemistry, developing positive attitudes towards chemistry in addition to other cognitive outcomes should be considered. The lack

of attention to the students' attitudes may cause some unexpected consequences (Menis. 1983: 190; Koballa; & Crawley. 1985: 222). For example, when science is more advance and seemingly far from their daily life, the students may lose interest in science (Aiken; & Aiken. 1969: 295; Bybee. 2008: 123; Gardner. 1975: 1).

Science can be seen as two points of view which are the body of knowledge and the process of producing knowledge including (1) thought processes, (2) skills acquisition, and (3) changing attitudes, so learning science should be seen as relating to the latter rather than the former (Moyer; Hackett; & Everett. 2007: 4). Learning chemistry has to focus on concept learning and science process skills, because concept learning involves not only adopting new ideas, but also modifying or abandoning pre-existing ones. Importantly, science process is used by learners for actively understanding that concept (Erduran; & Scerri. 2002: 19). Blank (2000: 487) indicated that conceptual learning also requires a metacognitive experience because this experience helps students value when they discuss "how they know" and "why they know." When there are no connection between science ideas and science experiences, the complete and accurate science understanding may not be developed. Metacognitive ability helps students to develop an understanding of learning goals so instructors should include instruction on relevant thinking strategies in their courses (Rickey; & Stacy. 2000: 915-917). However, students' metacognitive ability has been ignored by teachers even though this kind of knowledge was believed to interfere with other learning outcomes (Victori. 2004: 1). Therefore, to improve learning outcomes, the enhancement of metacognitive ability should be viewed (Gunstone. 1994: 134).

Scott; Dyson; & Gater (1987: 7-8) summarized key ideas in learning science as following; (1) learning outcomes depend not only on the learning environment but also on the prior knowledge, attitudes, and goals of the learners; (2) learning involves the construction of knowledge through experience with the physical environment and through social interaction; (3) constructing links with prior knowledge is an active process involving the generation, checking, and restructuring of ideas or hypotheses; (4) learning science is not simply a matter of adding to and extending existing concepts, but may involve their radical re-organization or conceptual change; (5) constructed meanings can be accepted or rejected; and (6) learners are not passive individuals but are purposeful beings; learners can set their goals and control their own learning (Scott; Dyson; & Gater. 1987: 7-8). In other word, learning should be seen as an active, interactive, connective process requiring changes of varying kinds such as addition, linkage, rearrangement and exchange (Hewson;

Beeth; & Thorley (1998: 199). This type of learning is regard as 'learning as a conceptual change' (Posner; et.al. 1982: 214-223).

Conceptual change can produce productive answers for those questions where students fail to learn what teachers try to teach. This alternative conception forms students' perceptions and interpretations which may not be addressed by school science. Alternative concepts in the planned instructional process could end up being reinforced (Anderson. 2007: 12-13; Carey. 2000: 17-18). Otherwise, they may persist for many years of study (DePosada. 1997: 445- 446; Unal; et.al. 2006: 146). The student may reject the more appropriate scientific concepts even though they may use them to pass the exam. The goal of science teaching, teaching for understanding, cannot be achieved without a diagnosis of students' initial understanding of content knowledge so teachers and science educators should be aware of the importance of conceptual change. Simply determining students' alternative concepts is not enough to ensure conceptual change. There has been a call for the development of new teaching strategies that focus on overcoming that alternative concept (Boo. 1998: 578; Levy-Nahum; et.al. 2007: 580).

In order to overcome alternative concepts, science educators have created or adapted new research practices and conceptual tools to analyze student learning in science classrooms during the past three decades (Anderson. 2007: 3). For instance, Nakhleh (1992: 195) adopted specific conceptual questions to probe alternative concepts. The goals of the conceptual questions were: (1) to detail a more accurate estimation of students' cognitive structures and understanding the concepts; and (2) to gain an appreciation of how meaningful the learning process is. The recent research focused on improving students' conceptual knowledge by using conceptual questions rather than algorithmic questions. The conceptual questions are used to tap students' understanding of chemistry which involved three forms of the representations: macroscopic, microscopic, and symbolic-used with information. These conceptual questions should challenge students' understanding and evaluate their understanding. The questions were separated into three broad categories: recall, algorithmic, and higher order but only higher order questions were the most important for probing students' conceptions (Nurrenbern; & Robinson. 1998: 1502-1503). Ruiz-Primo; & Furtak (2007: 57-84) proposed a model by using informal formative assessment for teachers to help students improve their learning on properties of matter. The model consists of Elicit-Student responds-Recognizes-Uses the information (ESRU). According to the ESRU model, the teacher produced a question designed to *elicit* a particular piece of information from the student, the *student responds*, the teacher

recognizes the students' response, and the teacher then *uses* the information collected to improve student learning. The ESRU model is an important way for teachers to interpret and act immediately in response to their student's incorrect or unexpected questions. Eliciting questions have the potential to initiate a sequence of the model as well as to provide information on a status of the student conceptions. Therefore, eliciting student ideas is an effective strategy in the teaching sequence, so teaching with elicitation strategy can be adopted as an effective tool in helping students to learn with understanding and avoid developing alternative concepts (Moyer; Hackett; & Everett. 2007: 7). It is essential to have students' existing ideas drawn out clearly through elicitation in the science classroom. If the new ideas have never clarified by the student compared with the student's prior ideas, then the student may fall back on a more strongly held intuitive idea (Scott; Asoko; & Driver (1992: 318). That is one weakness of traditional instruction. Often the traditional instruction was based on the following premises: (1) there was no student's prior idea for comparison, and (2) there was no encouragement to arrive at an integrated understanding (Teichert; & Stacy. 2002: 467). A study of Gallagher in secondary and tertiary level science classes in the United States, Australia, South Africa, Brazil, Taiwan, and Thailand over the past 15 years, found that a didactic teaching approach was used where students were taught through lecture, reading, and problem solving exercises while scientific practices were additionally taught through structured laboratory experiments. However only a small portion of class time is devoted to helping students make sense of new information and connect though scientific knowledge (Gallagher. 2000: 311). Since chemistry education has grown tremendously and "chemical bonding" is a central chemistry topic, the focus in this research program has been on improving chemistry teaching in Thailand by developed "chemical bonding" learning unit incorporated with elicitation strategy using the results of elicitation of each phase of the 5Es instructional model as a part of formative assessment.

The results of previous studies on concepts and alternative concepts within chemical bonding inspired the researcher to survey Thai students on their concepts and alternative concepts in chemical bonding. In order to ensure that Thai students have problems on these aspects, 64 high school students who had already learned these concepts were tested with the open-ended questions. The survey found that the students held various alternative interpretations for every concept on chemical bonding e.g., ionic, covalent, and metallic bonding. Based on students' conceptual problems concerned with chemical bonding and the need for new teaching strategies to deal with it, this study

introduced learning units incorporating the elicitation strategy. The learning units provided ways to teach and learn chemistry which prevented students from developing alternative concepts during the instruction. The learning units empowered students to check carefully their own understanding and gained some controls over their learning process with the aim of increasing the level of scientific knowledge and understanding on chemical bonding as well as increasing levels of metacognitive ability, process skills, and attitudes toward chemistry. With regard to the effectiveness of the developed learning units, positive impacts on the learning outcomes were expected.

Objectives of the Study

The research objectives were:

1. To develop learning units incorporating elicitation strategy in the context of chemical bonding for high school students in Thailand.

2. To determine the improvement in student learning outcomes on these following areas:

   2.1 Students' scientific conceptions

   2.2 Students' metacognitive ability

   2.3 Students' science process skills

   2.4 Students' attitudes toward chemistry

Research Question

What are the effects of the proposed learning units on the following learning outcomes: student scientific conceptions, metacognitive ability, science process skills, and attitudes toward chemistry?

Significance of the Study

Chemical bonding is a complex concept in chemistry that students often have problems and developed a wide range of various alternative conceptions. Varying concepts some appropriate and others inappropriate concerning chemical bonding are held by students in Thailand as well as many other countries. To address common alternative concepts concerned with chemical bonding, the development of learning units with an

effective instruction method on chemical bonding for high school students was the primary goal of this study. The elicitation strategy was used as a mean of checking students continuously throughout the instructional process in these developed learning units. It placed the responsibility for the students to make their variously held concepts explicit before, during, and at the end of the instruction. The outcomes of the learning units were improvement in students' scientific concepts, metacognitive ability, science process skills, and attitudes toward chemistry.

Scope and Limitation of the Study

The scope and limitation of this study were as following:

1. Content topic for this study is chemical bonding. The scope of chemical bonding concepts followed Thailand's Basic Education Curriculum, B.E. 2544. Chemical bonding concepts were classified based on the main ideas from the teacher handbook of the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST. 2001: 69-77). Chemical bonding concepts are normally taught for 24 periods for high school students. The high school students can learn at either the first or second semester depending on the school curriculum. In this research, the participating students of the preparatory stage were high school students who learned chemical bonding at the first semester while the participating students of the confirmatory stage were high school students who learned chemical bonding at the second semester.

2. Participating teachers: there were two participating teachers who had experiences, for at least ten years, in teaching chemistry to high school students. One, from Singburi School in Singburi province, was prepared for a good understanding of the learning units as well as the role of teachers and then taught in preparatory stage (the first semester of 2552 B.E. academic year). The other, from Banmi Wittaya School in Lopburi province, was prepared in the same way and after all instructions taught in confirmatory stage (the second semester in the same academic year).

3. Participating students: participating students were high school students from Singburi School and Banmi Wittaya School. During the preparatory stage, a class of 36 participating students from Singburi School was taught by the participating teacher (the first semester of 2552 B.E. academic year). During the confirmatory stage, a class of 32

participating students from Banmi Wittaya School was involved in the process (the second semester in the same academic year).

4. Ways to assess dependent variables were based on the adopted methods as follows:

4.1 Students' scientific concepts were assessed by concept test on chemical bonding developed by the researcher. The concept test consisted of 12 items and 32 sub-items.

4.2 Students' metacognitive ability was assessed by metacognitive intervention in the context of chemical bonding developed by the researcher. The metacognitive intervention consisted of 3 cognitive tasks. Two cognitive tasks assessed students' mecognitive knowledge while one cognitive task assessed students' metacognitive control.

4.3 Students' science process skills were assessed by the Test of Integrated Process Skill II (TIPS II). The TIPS II was originally developed by Burns and his colleagues (1985). In this study, only four aspects of the integrated process skills were adopted for use in this study including: (1) defining operation, (2) formulating hypotheses, (3) defining operation, and (4) designing investigation; therefore, total items of the test which was used in this study was 30.

4.4 Students' attitudes toward chemistry were verified by attitudes toward chemistry questionnaire. The questionnaire was developed by the researcher. The questionnaire consisted of 39 statements divided into 4 aspects as following: the importance of chemistry in daily life, easy-difficulty perspective on chemistry, the interest of chemistry, and the usefulness of chemistry for further career.

Variables of the Study

1. Independent variable: using the learning units incorporated with elicitation strategy in the context of chemical bonding.

2. Dependent variables: student learning outcomes

2.1.1 Students' scientific concepts

2.1.2 Students' metacognitive ability

2.1.3 Students' science process skills

2.1.4 Students' attitudes toward chemistry

Definition of Terms

1. The learning units – The units of structuring were a science lesson that incorporated the elicitation strategy. This approach required students to reflect on their own prior knowledge (scientific and nonscientific), reviewed and applied the learned content. The learning units used in this study consisted of five phases:

1.1 Engagement - an instructional event that students were queried by answering an Elicitation-1 activity which was a way to make students' preconceptions known explicitly. Besides that, teacher might ask students a probing question, define a problem, or show a discrepant event. This phase helped students become mentally engaged in the big ideas or concepts of the lesson and to become more aware of their own concepts before learning.

1.2 Exploration - an instructional event that gave students common, concrete experiences that began building concepts, processes, and skills. During the learning process, concrete and hands-on activities were used and the teacher acted as facilitator. After investigating and exploring, students experienced with an Elicitation-2 activity which asked students to record their current understanding on a learned concept. Students' concepts might be revised, added, or deleted as the students wrote down their ideas. This phase made students become aware of their own ideas.

1.3 Explanation - an instructional event where students put their explanations that were based upon prior knowledge or provided experiences to reinforce and strengthen their understanding. At the beginning, teachers introduced concepts, processes, or skills leading students toward a deeper understanding of key concepts. The teacher then asked students to write down their explanation about a chemical phenomenon on Elicitation-3 activity. The concepts of Elicitation-3 activity were related to the main concepts of Elicitation-1 and 2 activities. The Elicitation-3 activity, however, challenged students to explain the phenomenon more deeply and also asked students to clearly connect the explanations to experiences.

1.4 Elaboration - an instructional event where teachers challenged and extended students' conceptual understanding and skills. In some cases, students might have alternative conceptions. Exploration activities provided further time and experiences that contribute to learning. The teacher asked more extended concept questions in order to make students transfer and apply their understanding to different situations. Through new

experiences, the students developed deeper and broader conceptual understanding, improved process skills, and improved their metacognitive ability.

1.5 Evaluation - an instructional event that provided opportunities for teachers to evaluate how well students progress toward achieving the learning objectives. Not only teacher but students also had the opportunity for evaluating themselves. In this phase, the students experienced with Elicitation-4 activity. The activity asked students to look at their answer in Elicitation-1, 2, and 3 activities; then, they had a chance to revise their answers with a red pen on elicitation activity. During the revision, the teacher reminded the students to look at the development of their scientific concepts over time. This phase determined if students still held alternative concepts and how their concepts had been changed over time and also determined how aware students were.

2. Elicitation strategy - the instructional process which involved drawing out, bringing out or asking students before, during and at the end of the instructional process in order to obtain information. The information related to the students' concepts were made explicitly in order to reflect students' learning. The purpose of the elicitation strategy was to ensure that: (1) students made known their concepts explicitly and were able to check progressive understanding of scientific conceptions over time, and (2) students realized the difference, strength, or weakness of their conceptual development over time so they could maintain attention to the task, perceiving ambiguities, sorting out relevant from irrelevant information, determining a purpose of task, and regulating the development for themselves.

3. Preconceptions – all of the ideas and metacognitive ability about particular concepts, skills, and attitudes that student held before the intervention. In this study, only the ideas that students brought to class before the intervention were named preconceptions.

4. Scientific conceptions – an idea that agrees with or is accepted by scientific community. In this study, scientific conceptions concerned those in the areas of chemical bonding and included these following sub-concepts: ion formation, metallic bonding, ionic bond, ionic compound, covalent bond, covalent compound, nomenclature, bond strength, bond energy, resonance, molecular shape, electronegativity, polarity, intermolecular force, properties of ionic, covalent compound, and covalent network solid. Students' scientific conceptions were determined by using a chemical bonding concept test.

5. Alternative conceptions – student's ideas of chemical bonding concepts that do not agree with accepted scientific views. In this study, the source of alternative

conceptions might come from personal experience or previous science instruction. Changing these conceptions or conceptual change meant overcoming the prominence of an alternative concept by modifying the domain, displacing, and replacing the alternative concept with the scientific one.

6. Students' metacognitive ability – the ability to explicitly think about concepts and conception processes which are metacognitive knowledge and metacognitive control. *Metacognitive knowledge* includes declarative knowledge, procedural knowledge and conditional knowledge. *Metacognitive control* is the cognitive processes that students use to monitor, control, and regulate their cognition and learning including planning, monitoring, and evaluating. Students' metacognitive ability was determined by using a metacognitive inventory.

7. Students' science process - the acquisition of investigative skills that are often associated with scientific inquiry. Students' science process skills were assessed by using the Test of Integrated Process Skills II (TIPS II) (Burns; et. al. 1985: 169-177). Four aspects of the integrated process skills were adopted for use in this study including: (1) defining operation, (2) formulating hypotheses, (3) defining operation, and (4) designing investigation; therefore, total items of the test which was used in this study was 30.

8. Students' attitudes toward chemistry – an individual's viewpoint or disposition toward chemistry with respect to the chemistry learning experience. In this study, students' attitudes toward chemistry were divided into four categories which included: the importance of chemistry in their life, easy-difficulty perspective on chemistry, the interest of chemistry content, and the usefulness of chemistry for further career. Students' attitudes toward chemistry were determined by using the attitude questionnaire with the 39 statements that used a five-point Likert scale ranging from 'strongly agree' to 'strongly disagree.'

9. Cutting score – the score used as a criterion to distinguish a student as master or nonmaster in chemical bonding concept test, metacognitive intervention, and science process test after participating throughout the learning units. The cutting score was determined by Berk's method (Berk. 1976: 4-9).

Conceptual Framework of the Study

The ideas of a student play an important role in the science instruction. The learning units would address a student's alternative conceptions when a teacher had incorporated the process of planned formative assessment. Planned formative assessment, in this study, comprised three phases which were elicitation, interpretation, and action. Students' ideas had been elicited and interpreted before students began learning the next phase of learning processes. Taking action was done by giving feedback to students. Practically, feedback was given by teachers to individuals or a group of students. The ultimate goal of the study was that after participating in the intervention, students were expected to gain scores higher than cutting scores in the following assessments: the scientific concepts, metacognitive ability, and science process skills. Student' attitudes toward chemistry mean score were at the high level. An overview of the conceptual framework for the study is illustrated below:

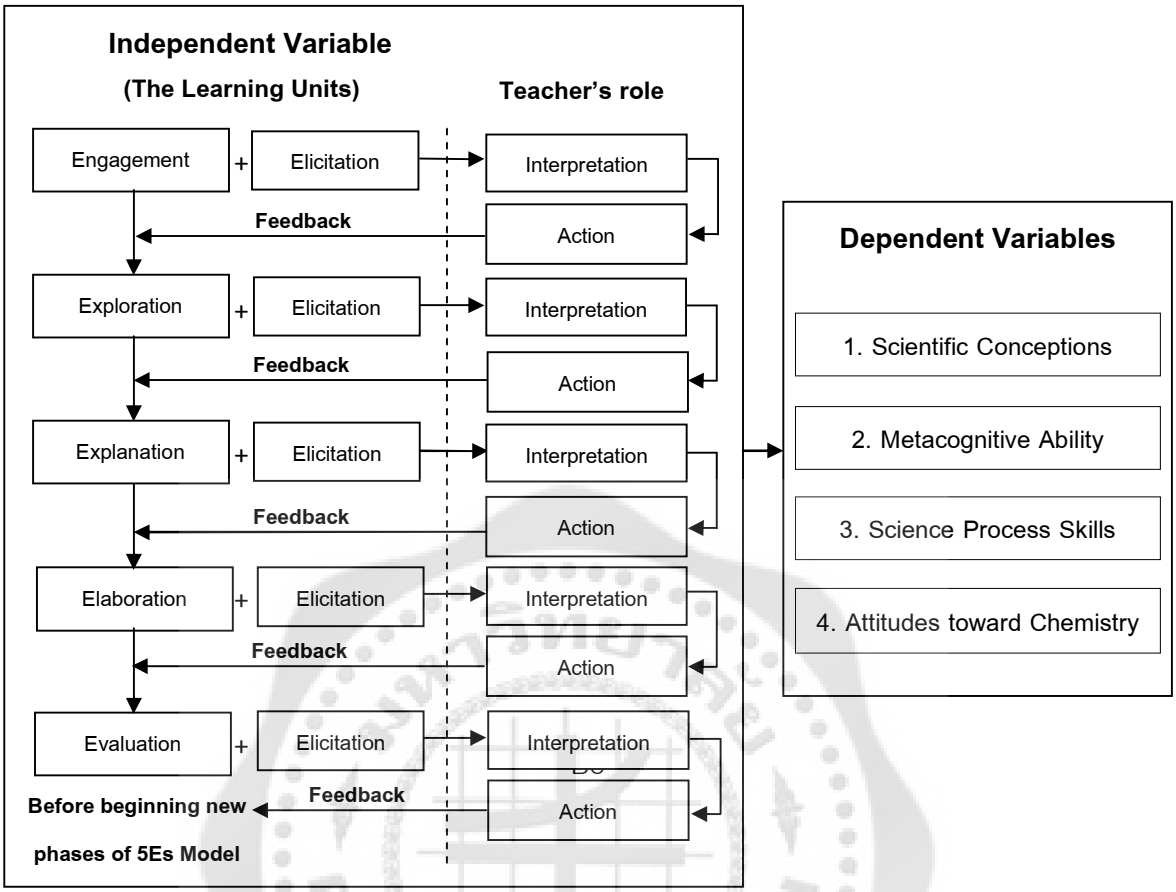


FIGURE 1 CONCEPTUAL FRAMEWORK OF THE STUDY

Research Hypotheses

1. The mean score for a student's scientific concepts was higher than the scientific concept cutting score.

2. The mean score for a student's metacognitive ability was higher than the metacognitive ability cutting score.

3. The mean score for a student's science process skill was higher than the science process skill cutting score.

4. The mean score for a student's attitudes toward chemistry was at the high level.

CHAPTER TWO

REVIEW OF THE LITERATURE

The literature reviews related to the development of learning units incorporated with an elicitation strategy consist of several topics. Each topic provides the theoretical and methodological framework to develop the learning units for improving students' learning outcomes. The topics of the literature reviews are as follows:

1. Constructivism
2. Conceptions
3. Conceptual Change
4. Students' Alternative Conceptions
5. The 5Es Instructional Model
6. Elicitation
7. Metacognition
8. Science Process Skills
9. Attitudes toward Chemistry
10. Educational Assessment

1. Constructivism

Constructivism means the students construct the understanding from their experiences which relevant to the concepts, belief and skills (Gunstone. 1994: 132). The topics related to constructivism which are transmission view of learning, significance of students' idea, origination of constructivism and constructivist practical issues are summarized as followed.

1.1 Transmission View of Learning

Educational researches have rejected the view that students are a tabula rasa or a blank slate because, by doing this, teachers' role was to transfer knowledge to the students and let them read through their notes before the examination to accumulate knowledge as much as possible. This view of learning is called "the transmission view of learning." The transmission view of learning was a list of things in curriculum and students simply were taught by adding a lot of information to their memory (FIGURE 2). Science was presented as catalogue of 'facts' and students were guided by instructions or worksheets from teachers without much interaction. The interactions between the teacher and students were a teacher asking a series of closed questions and students try to answer teacher's question (Scott; et.al. 1987: 4-5).



FIGURE 2 THE TRANSMISSION VIEW OF A LERNING

Source: Scott, P.; Dyson, T.; & Gater, S. (1987: 4). A Constructivist View of Learning and Teaching in Science. Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education Children's Learning in Science Project (23 pages), June 1987.

1.2 Significance of Students' Idea

The most significant conceptual learning in science can be traced back to the developmental psychology of David Ausubel (1968: vi). In his text *Educational Psychology: A Cognitive View* was identified the important role of prior knowledge in learning: "If I had to reduce all of education psychology to just one principle, I would say this: The most important single factor influencing learning is what the student already knows." In other words, students' conceptual development is influenced by what students already know (Scott; et.al. 2007: 32). What students already know or students' prior

knowledge involves in the instruction in this manner: (1) student's prior knowledge is a very important variable in educational psychology, (2) the degree (of content and organization) of students' prior knowledge must be known or measurable for the achievement of optimal learning, and (3) a learning situation depends on the level of students' prior knowledge (Dochy. 1995: 382-387).

Modern research suggested that students construct new meanings by combining new information with what they had already known (Baird; & White. 1996: 160; Moyer; Hackett; & Everett. 2007: 11; Taber. 2002b: 5). What students already know sometime may not relevant to the scientific conceptions (Taber. 2002b: 7-8); as a results, (1) the new learning may successfully replace the old ideas without problems; or (2) the students may see that new science ideas are unrelated to their previous knowledge. In this manner, science that has been learned will be stored separately from the existing ideas (Taber. 2002a: 3).

1.3 Origination of Constructivism

From 1920 until late in the 1970s, Jean Piaget, Swiss biologist, heavily influenced the field of cognitive development. Piaget is the first constructivist in the sense that knowledge is constructed in the mind of the student. Students construct knowledge by organizing, structuring, and restructuring to their experiences (Bodner. 1986: 874). Piaget viewed learning as an active process in which the student compares and contrasts between new experiences with their prior experiences. If an earlier experience cannot explain a new one, the students will experience puzzlement. Puzzlement is seen as *cognitive disequilibrium*. When cognitive disequilibrium occurs, the students then may modify their thinking to a personal conclusion called *equilibration*. Equilibration is the process by which the students learn by altering or adapting a mental structure. The adaptation occurs through assimilation and accommodation. *Assimilation* occurs when students compare the new experience with an earlier one. The new experience is then incorporated or assimilated into their existing knowledge. *Accommodation*, on the other hand, occurs when

students encounter a new experience; however, both assimilation and accommodation are dynamic processes and occur together rather than in isolation (Moyer; et.al. 2007: 7-8).

1.4 Constructivist Practical Issues

Student, teacher, timing, and assessment play an important role in constructivist practical issues. These issues are summarized as followed.

1.4.1 Students

Students as active learners come to science class with already holding ideas about natural phenomena (Scott; et.al. 1987: 7; Driver. 1987: 98). Scott and his college emphasized that teachers should not ignore students' idea in the science instruction. To do so, during the instruction, students should be asked to: (1) develop their own theories, (2) compare the theories with those of other students via discussion, and 3) summarize and display their theories on posters (Scott; et. al. 1987: 16-19). The study done by Uzuntiryaki (2003: 1-12) reported that a constructivist's learning is effective in the classroom setting. Uzuntiryaki conducted a constructivist learning approach on 9th grade students on chemical bonding conceptions. Students in the experimental group were taught using a constructivist approach while students in the control group were taught using a traditional approach. In the experimental group, students earned significantly higher scores on the chemical bonding concept post-test than the control group. Uzuntiryaki also emphasized that chemistry instruction should address the development of scientific knowledge through consideration of students' existing ideas.

1.4.2 Teacher

Compared to a traditional learning, the role of the teacher in a constructivist classroom is very different. In constructivist classroom, the teacher's role is to help their students develop existing knowledge (Taber. 2002b: 10). Teacher becomes a diagnostician, prescriber of appropriate learning activities, and facilitator of learning. To act as a diagnostician and prescriber, the teacher should set up an activity, take note of how

the students respond to it, and then prescribe the next activity based on the student's response. Importantly, the teacher must shift his/her focus from whole class to the individual more frequently (Scott; et.al. 1987: 16-19). To act as a facilitator, the teacher should shift from standing in front of the class to facilitating students' learning (Bodner. 1986: 876-877). In summary, what teachers should do in constructivist teaching are summarized as followed: (1) aware of students' ideas and attempt to elicit such ideas; (2) define conceptual goals of learning and see how students progress toward the goal; (3) use teaching strategies which involve challenge the ideas to make new ideas accessible; (4) provide opportunities for the students to utilize new ideas; and (5) cultivate a classroom atmosphere which encourages students' discussion (Appleton; & Asoko. 1996: 167). In addition, the teacher should use experiments, models, and dialogue to guide the students in constructing, incorporating, and connecting between new knowledge and prior knowledge (Georgiadou; & Tsaparlis. 2000: 220).

1.4.3 Timing

Practically, teaching method based upon constructivist view or eliciting student ideas are used much more time consuming. Particularly, a new teacher for the constructivist approach may assume that there is not enough time to accomplish all of the learning tasks. Scott and colleges (1987: 16-19) suggested one possible solution is that students should be introduced to constructivist methods at an early age because the ideas introduced by this method would be better understood, more meaningful, more familiar later in time.

1.4.4 Assessment

Traditional assessment tends to treat students' responses as either correct or incorrect. A constructivist view, on the other hand, recognizes that students do not simply exchange an incorrect set of ideas for the scientific or "correct" view because students' ideas are developed over time. Therefore, assessment techniques which allow teachers to monitor and give credit for students' progression should be a broader range of

assessments. The broader range of assessment will provide a useful picture, for the teacher, of their students' progress in understanding. These techniques may be probing students' understanding which includes concept maps, card sort tasks, analyzing students' written work, and diagnostic questions (Scott; et.al. 1987: 16-19).

In conclusion, constructivism is a theory of learning which stressed that learning is a process of constructing meaning, rather than receiving knowledge. The knowledge is the meaning that students make out of their experience, and they construct meaning as they interact with the word. When students actively construct meaning and knowledge based on their prior knowledge, previous experiences, and perspective, a constructivist approach to instruction should be asserted in order for students to gain deep understanding and actively come to know concepts for themselves. The role of teacher in term of classroom assessment must change to provide a useful way for students' learning.

2. Conceptions

Ways to represent the knowledge can be seen as 'schemas' and 'concepts' (or categories). The schema is a dynamic mental representation of what one knows about objects, events, and ideas. The boundary of schema is still fuzzy and flexible because the schema is specifies the dimensions along which members differ from one another and orders the members in terms of typicality (Kellogg. 1995: 196-197). The concept is a way of breaking up the world into bits that can be recognized and thought about (Table. 2002a: 11). In this literature review, the various definition of conception, the types of conceptions, and how people acquire the conceptions are illustrated as followed.

2.1 Definitions and Types of Conceptions

Concept is defined as a mechanism enabling a person to categorize objects or events. Concepts can be categorized into identity concepts and equivalent concepts. Identity concepts involve categorization of different forms of the same thing. For example, people could recognize the faces of their high school classmates with 90%

accuracy after 34 years since high school. Equivalent concepts involve three different types of different stimuli as following: (1) Rule-governed concepts specify the features and relations of membership in the class such as the definitions of real numbers, gravity, grand larceny, concepts of mathematics, science law, and discipline of human thought; (2) Natural concepts represent objects and events in the real world such as a family resemblance structure and relations constitutes; and (3) Ad hoc concepts are groupings of objects and events that satisfy some specific task requirement such as 'things for a picnic' or 'things for killing a huge spider (Dodd; & White. 1980: 152-183; Kellogg. 1995: 171-173; Taber. 2002a: 11). However, concepts themselves must consist of a name and their abstracted criteria attributes, because the abstracted criteria attributes are common to a given category of objects, events, or phenomena, and names can be manipulated, understood, and transferred more readily (Ausubel; Novak; & Hanesian. 1978: 86-87).

In addition, Carey (2000: 14-15) stressed that concepts are units of mental representation such as *object, animal, alive, heat, weight,* and *matter*. Individual concepts can be connected to build complex representational structures such as propositions (e.g. all animals die) and theories (e.g. the theory of natural selection). Carey also pointed out that within a particular representational structure, concepts help us to make inferences and explain complex ideas. Nakhleh (1992: 191) concluded that concepts are the set of propositions that a person uses to infer meaning for a particular topic. To construct the concepts, students can use information from *public knowledge* such as presented in texts or lectures, and *informal prior knowledge* such as everyday experiences, parents, peers, commercial products, and the common meaning of the scientific term**.**

2.2 Concept Acquisitions

Ausubel; et.al. (1978: 86-93) described how concepts are acquired through meaningful representational learning. This process depends on the existence of a meaningful learning set and on relating the potentially meaningful criteria to relevant student's cognitive structure. The researchers distinguished between two principal types of concept acquisition, namely, concept formation and concept assimilation. *Concept*

formation is characteristic of the preschool child's inductive and spontaneous (untutored) acquisition of generic ideas (e.g., house and dog) from concrete-empirical experience. *A process of concept assimilation*, on the other hand, is the process that older (school age) children, adolescents or adults acquire new concepts. That is, they learn new conceptual meanings by being presented with the criteria attributes of concepts and by relating these attributes to relevant established ideas in their cognitive structures. Three different age groups have different effects on concept acquisition as following: (1) during the preschool and early elementary-school years, concepts are primarily acquired by a process of meaningful, hypothesis-oriented concept formation; (2) during the later elementary-school years, concrete-empirical props (tangible, perceptible, or verbal example of the attributes) are necessary for concept assimilation. This process occurs when the criteria attributes of the concept are presented, by definition or context, and then related directly to the student's cognitive structure (secondary concepts); and (3) beginning with the junior-high-school period, the student can dispense with these props by directly relating the presented criteria attributed to his or her cognitive structure. From this point of view, with increasing age, concepts tend to: (1) to consist more of higher order abstractions; (2) to exhibit more precision as well as differentiation; (3) to be acquired more often through concept assimilation than through concept formation (except in creative persons, concepts formation is a relatively rare phenomenon after the age of abstract logical operations); and (4) to be accompanied by awareness of the conceptualizing operations involved.

3. Conceptual Change

Conceptual change perspective has the longest history and the most influence within the science education community. Many of its methods are based on the developmental research of Jean Piaget, because Piaget's theory recognized the importance of students' thinking on how students understand natural phenomena in the world (Anderson. 2007: 7). Based on the constructivist perspective of Jean Piaget, learning is seen as an active, interactive, and connective process. The constructivist perspective often

requires change of different kinds such as addition, linkage, rearrangement and exchange and is called 'learning as conceptual change.' The conceptual change in learning has two major components which are conceptual ecology and conceptual status (Hewson; & Thorley. 1989: 541; Hewson; et.al. 1998: 199-200). The conceptual status is the conditions which students' understanding in accommodation occurs. The conditions of conceptual change model are consisted of four aspects summarized as follows: (1) students must be *dissatisfaction* with existing conceptions because scientists and students are likely to make conceptual change when they see their existing conceptions will not work; (2) a new conception must be *intelligible* to students, or students can understand or grasp the meaning of new conceptions; (3) the new conception must appear initially *plausible*, or new conception must have the capacity to solve the problems, and to fit with other knowledge and experience; and (4) the new conception should be a *fruitful* research program. That is, it should have the potential to be extended to new areas of solving problems (Posner; et.al. 1982: 214).

Learning occurs when existing conceptions are changed. In the past, *change* meant the *abandonment* of one conception and the acceptance of another. Conceptual change might be *replacement* or *addition* by the different conception. Addition meant an informed approach; an understanding of the value of the added conception in appropriate contexts. Conceptual change involves the student recognizing his/her existing ideas and beliefs, evaluating these ideas and beliefs and then personally deciding whether or not to reconstruct these existing ideas and beliefs (Gunstone. 1994: 132-134). Mariana G. Hewson (1993: 394-395) stressed that conceptions can be changed by *integrating* (adding) new conceptions to fill the gaps, by *differentiating* (clarifying) conceptions that are confused, and by *exchanging* alternative conceptions for better ones. Moreover, conceptions can be changed by changed phenomenological schemes, because phenomenological schemes consist of structured knowledge of phenomena represented in symbolic form. The schemes are structural knowledge in which perceptual images linked in time and space. Therefore, to change a person's conception, there must be changes either in their phenomenological schemes or symbolic representation of these schemes, or both (Driver. 1987: 100).

3.1 The Guidelines for Conceptual Change Teaching

Hewson; et.al. (1998: 200-201) used the term 'teaching for conceptual change' to mean teaching that helps students to have a conceptual change learning and meet guidelines consistent with the conceptual change model. Based on the individual constructivist, the guidelines of teaching for conceptual change consisted of: (1) *Ideas* (students and teachers' ideas as an explicit part of classroom discourse); (2) *Metacognition* (discourse of the classroom being explicitly metacognitive); (3) *Status* (the status of ideas needing to be discussed and negotiated); and (4) *Justification* (the justification for ideas and for status decisions as an explicit component of the curriculum) (Hewson; et.al. 1998: 200-201). The four guidelines are not unique; on the contrary, the guidelines are central efforts to reform the teaching of science, mathematics, and other subjects. Learning as a conceptual change, students' ideas in conceptual change learning have to make explicited because these ideas will affect students' learning. Teachers always made their ideas explicit in the classroom's teaching but teachers rarely make students' ideas an explicit during the instruction even though they give a lot of reason for not doing so (e.g. it takes more time; or it will confuse other students). When students' ideas have be made explicated, students will aware of their initial conceptions. If their ideas are never made explicated, two possible consequences will occur as follows: (1) students may not take their own ideas seriously and may feel as if their ideas are devalued; and (2) the basis idea is never being addressed. Therefore, students' ideas should be considered in similar ways to the teacher's ideas. Students should have the opportunity to choose between their ideas on accepted science ideas. In this manner, students will come to recognize that the sources of a given idea are evidences explicitly and classroom discussion not the teacher (Hewson, P. W.; et.al. 1998: 203-204; Hewson, M. G. 1993: 394-395).

3.2 Strategies for Promote Conceptual Change

To promote conceptual change learning, Scott and college (1992: 312-314) identified two groups of strategies which are cognitive conflict and metaphor or analogy. Cognitive conflict is a central active part of recognizing students' knowledge. Metaphor is

emphasized on designing an appropriate intervention used by the teachers. For example, Niedderer (1987: 363) proposed a science teaching method by allowing students to learn the differences between everyday-life thinking and scientific thinking. The science teaching method consists of six stages: (1) preparation which precedes the intervention may contain tools and concepts; (2) initiation is the stage where students pose an open-ended problem; (3) performance is where students have a chance to do science through science process skills; (4) discussion of findings; (5) comparison and discussion the difference between students' ideas and science ideas; and (6) reflection on how students look back on their performance and particular difficulties. Driver (1987: 101-102) proposed three different strategies for promoting conceptual change as following: (1) a *non-threatening learning environment* which students can make their ideas explicit and test out new ways of thinking through group work, poster display; (2) using *small group work* that involves discussing and representing theories or ideas on a topic, devising experiments to test their ideas, developing more complex models to represent experiences, and applying their conceptions in various situations; and (3) focusing on *metacognition* which students will reflect on their own knowledge and how it changes. Like Driver, Scott; et.al. (1992: 326-327) pointed out a demand for teachers to create a classroom environment in which students feel confident and able to express and discuss their views openly. That is, teachers should be aware of students' ideas, conceptual pathways, be sensitive to students' progress in learning, and be able to generate learning tasks to support and encourage students' progression. In short, teacher should be able to organize and manage a classroom which will allow for all of these happen. Besides, the research study of Frailich, M., Kesner, M., and Hofstein, A. (2009) suggested that integrating a web-based learning into the teaching and learning process enhanced students' understanding chemical bonding conceptions.

4. Students' Alternative Conceptions

Clement (1993: 1241-1242) referred to alternative conceptions (misconceptions) as conceptions that can conflict with an accepted scientific theory. Clement centered on the

controversy over whether use the term/phrase misconceptions, alternative conceptions, student's ideas, naïve science, alternative framework, or something else. Clement stressed that term misconception may suggest a negative connotation with respect to the student's self-constructed ideas and thought processes. However, some researchers agreed with the use of the phrase alternative conception which can be used synonymously with the term misconception (Boo. 1998: 569-570). In order to maintain consistency in this research, the word alternative conception will be adopted. The topics related to students' alternative conceptions which are the definitions of alternative conceptions be discussed first. Then, the discussion of a consideration of the 'nature of chemical representation' and why this science area is easily and widely adopted alternative conception. Finally, the researches on teaching chemical bonding concepts will be explored.

4.1 Definitions of Alternative Conceptions

No matter where they come from, students' ideas that do not match science are being 'alternative.' Taber stressed that two terms commonly used in this areas which are alternative conceptions and alternative frameworks. Alternative conception refers to a single idea while alternative framework refers to a complexes or structure of related ideas (Taber. 2002a: 5). The definitions of alternative conceptions have been raised by researchers. For instance, 'alternative conception' means any concept that differs from the commonly accepted scientific understanding (Moyer; Hackett; & Everett. 2007: 9; Mulford; & Robinson. 2002: 739; Nakhleh. 1992: 191; Nicoll. 2001: 709; Teichert; & Stacy. 2002: 465). Alex Johnstone described alternative conceptions in term of information processing. That is, information processing is an attempt to suggest mechanisms for learning arising from a number of psychologists. If one tries to store material in long term memory and cannot find existing knowledge, 'bend' the knowledge to fit somewhere, or try to store it unattached. The 'bending' process leads to alternative frameworks or to what is euphemistically called students's science (Johnstone. 2000: 10-11). Nakhleh (1992: 191) described alternative conceptions can occur if students cannot connect the new information to their existing cognitive structure.

4.2 Nature of Chemical Phenomena

Chemical phenomena can be referred to at three different levels which related to each other: macroscopic, symbolic, and submicroscopic (FIGURE 3). The macroscopic level is the observable chemical phenomena including experiences from everyday lives (e.g., color changes, observing new products being formed and others disappearing). The symbolic level is way to communicate by the chemists on what happen in the molecular level including pictorial, algebraic, physical and computational forms (e.g., chemical equations, graphs, reaction mechanisms analogies and model kits). The submicroscopic level is used to explain the macroscopic phenomena in terms of the movement of particles (e.g., electrons, molecules, and atoms). All three levels of representation are integral in developing an understanding of chemistry concepts (Johnstone. 2000: 10-11; Treagust; Chittleborough; & Mamiala. 2003: 1354).

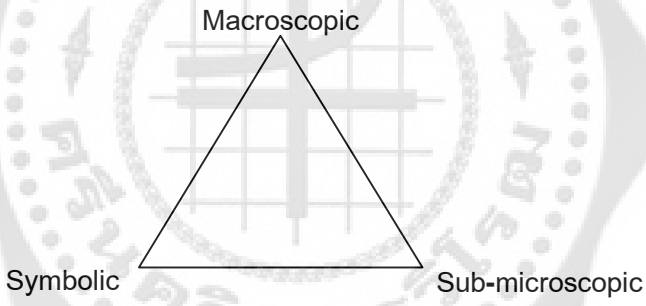


FIGURE 3 THE THREE LEVELS OF CHEMICAL REPRESENTATION

Source: Treagust, D. F.; Chittleborough, G.; & Mamiala, T. L. (2003, November). The Role of Submicroscopic and Symbolic Representations in Chemical Explanations. *International Journal of Science Education.* 25(11): 1354.

4.3 Alternative Conceptions in Chemical Bonding

Studies on student alternative conceptions on chemical bonding have been of interest to science educators at all levels. In chemistry, researches on student understanding and alternative conceptions have been conducted. For instance, Peterson; & Treagust (1989: 459) revealed that students had difficulties with understanding the bonding

and structure of covalent molecules. The researchers used a paper and pencil test to study grade 12 students' understanding on eight alternative conceptions (e.g., bond polarity, molecular shape, molecular polarity, intermolecular forces, and the octet rule). The study found that 20-34% of the students held at least one alternative conception and 74% of the students could not correctly apply VSEPR Theory to identify structures of molecules. Also, the students identified intermolecular forces as bond within the molecules, and they did not aware of the difference between the strength of a covalent bond and an intermolecular force. Moreover, students believed that the number of electrons in the valence shell of a nonmetal atom equals the number of covalent bonds formed by that atom. Birk; & Kurtz (1999: 124-128) diagnosed alternative conceptions from high school students to faculty members and determined if and when the alternative conceptions disappeared. The researchers used the diagnostic test on covalent bonding and structure bond (e.g., polarity, molecular shape, polarity of molecules, lattices, intermolecular forces, and the octet rule) developed by Peterson; Treagust; & Garnett (1989). The research found that high school student had no understanding of molecular structure and bonding and had poor learning experiences. First year college students began to show some understanding, but many of them responded inconsistently to similar questions and revealed a lack of understanding. Advanced graduate students' and chemistry faculty's alternative conceptions were disappeared for the most part, but not completely. The longitudinal study done by Barker; & Millar (2000: 1171) involved 250 students in Salter Advanced Chemistry (SAC) course. Specific chemical ideas (e.g., exothermicity of bond formation and the development of thinking about covalent, ionic and intermolecular bonds) were investigated. Students responded to the same diagnostic questions. At the beginning, many students demonstrated misunderstanding and a few of them described covalent bond accurately. By the end of the study, half of them knew that bond making is an exothermic process. However, the study found that the concepts of ionic bonding and intermolecular bonds remain problematic for students despite explicit teaching. In Thailand, research done by Tasana Chantanapitan (1997) surveyed alternative conceptions of the structure, composition, size, shape, mass, intermolecular force and energy of molecules of 30

students' grad 11 in Bangkok. Open-ended questions were used followed by semistructured interview individually. The study found that only the concepts of molecular composition corrected, but other conceptions found alternative conceptions. The researchers concluded that phase of substance didn't affect the molecular composition, but it affected the molecular energy and molecular size. Numerous examples of students' alternative conceptions on chemical bonding were collected from a review of the literature are outlined on TABLE 2.

4.4 Causes of Alternative Conceptions on Chemical Bonding

The sources of students' alternative conceptions are numerous and may often include school. Researchers identified some common sources of students' alternative conceptions which include: everyday language, the concept itself, textbooks, and the difficulty in shifting between levels of representation.

4.4.1 Everyday Language

Everyday language includes anthropomorphic language. The anthropomorphic language relies upon the way students make sense of abstract chemical processes. Taber; & Coll (2002: 216) revealed problems associated with students' use of anthropomorphic language; for example, atoms *own, donate, accept,* and *share* electrons; atoms are said to *desire*, *need,* or *want* electrons, and to be *happy* within full shells or octets of electrons; and atoms are being *jealous*. Taber described that this type of talk should be a problematic because younger students may think that atoms are alive. Another difficulty with everyday language is the term 'bond.' Bond can have different meanings in different contexts. Bond in the sense of a *physical link* (such as a glue which holds two pieces of materials together), need energy to make a link. Bond in the sense of *human relationships* has a totally different meaning to the first one. Bond in the sense of chemistry is the process that releases energy instead of requiring energy input. This confusion between everyday and chemistry usage could lead the difficulties to learning chemistry (Boo. 1998: 578). Therefore, teachers have to pay attention to language use in the

chemistry classroom. Whenever anthropomorphic language is used, it should be followed by more formal scientific terms. If students' anthropomorphic terms are appeared in class, teacher can reflect back in more technical terms, or teacher can explain terms precisely for multiple definitions (Nakhleh. 1992: 195; Taber; & Coll. 2002: 225-230). For example, the science book consists the sentence like 'the high energy phosphate bond' when referring to ATP metabolism and 'energy stored in the bond' when discussing bond energy or potential energy. To avoid creating alternative conceptions, the phrase "energy stored in a bond" be dropped and replaced with the notion that potential energy is the 'potential to make a bond' (Nakhleh. 1992: 195).

4.4.2 Chemical Bonding Is Seen As a Dichotomy

In classroom practice, covalent and ionic bonds are seen as a dichotomy (electron sharing vs. electron transfer; bonding between two non-metals, or between a metal and a non-metal). Because most materials have bonding that cannot be 'purely' covalent, ionic, or metallic, rather these types of bonding are seen as ideals or prototypes, which provide useful categories for classifying many bonds to a 'first approximation'. If teachers do not discuss the electrical basis of bonding, students may difficulty conceptualizing the bonds that form 'in between' ionic compounds and covalent molecules (e.g. bond polarity). The concepts of bond polarity represented a covalent-ionic dimension should be seen as '*a continuum.*' Teachers should begin with teaching metallic bonding (ions, delocalized electrons), then ionic bonding (with the significance of coordination number being emphasized as well as the need to balance charge overall), and covalent bonding last (Taber; & Coll. 2002: 224-225). The teaching order is demonstrated on TABLE 1 as follows.

TABLE 1 THE TEACHING ORDER FOR SOLID STRUCTURES

Type of Structure	Bonding	Comments
Metallic crystal	Metallic: cations (atomic cores) and delocalized electrons	One element present; charge on cation related to valency
Ionic crystal	Ionic: cations and anions	Added complication: two (or more) elements; stoichiometry determined by charge ratios
Giant covalent	Covalent	Added complications: number of bonds (and stoichiometry, if a compound) determined by valency; bonds have specific directions
Simple covalent	Covalent intramolecular, plus intermolecular (Van der Waals, H-bond)	Added complication: additional level of structure-need to consider discrete molecules, and arrangement of molecules in crystal

Source: Taber, K. S.; & Coll, R. K. (2002: 229). Bonding. In *Chemical Education: Towards Research-Based Practice*. Gilbert, J. K.; et al. (editors). pp. 213-234. Dordrecht (Netherlands): Kluwer Academic Publishers.

4.4.3 Textbook

Textbook can make chemical bonding concepts difficult to learn because it consists of many memorizing definitions. Taagepera and college (2002: 758) explained that 20 different topics may be presented in only one chapter and that the textbooks were more focused on solving algorithmic problems rather than understanding the underlying concepts so it would be difficult for the student to develop conceptual understanding. Interestingly, Unal; et.al. (2006: 159-166) found some textbooks also contain alternative conceptions and disregard students' prior knowledge. DePosada (1997: 459-460) stressed that textbook in Spain simply define metallic bonding without any reference to concrete fact (see FIGURE 4). As FIGURE 4A, authors would like to show the random movement of electrons in the metallic lattice using the obsolete corpuscular

electron model, while in FIGURE 4B to present a scientific model of delocalized electrons (electron cloud). Graphic resources in textbooks have limitations in the illustration the idea of random movement and delocalization of electrons at the same time. As a result, some ideas that deal with these models are difficult to students to understand and use to explain other phenomena for metallic substance. In addition, it is very usual to find statements in chemistry textbooks like “Observed property: metals are excellent conductors of electric current. Interpretation: electrons are not localized; they can move.” DePosada concluded that such explanations fail to make the nature of electric currents explicit and can make it difficult for students to learn more complex ideas that draw upon understanding of metallic bonding.

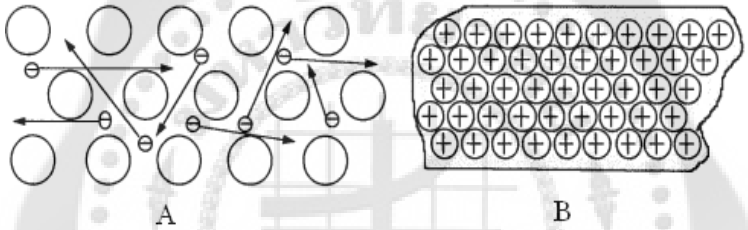


FIGURE 4 THE CHARACTERISTICS DRAWING FOUND IN THE MOST FREQUENTLY USED TEXTBOOK: A) CORPUSCULAR ELECTRON MODEL AND B) ELECTRON CLOUD MODEL

Source: DePosada, J. M. (1997, July). Conceptions of High School Students Concerning the Internal Structure of Metals and Their Electric Conduction: Structure and Evolution. *Science Education*. 81(4): 459.

The sentence often stressed in textbook is ‘everything is made of atoms.’ This concept is simply introduced to students that is readily learned, but not readily developed into more sophisticated understanding. Taber; & Coll (2002: 225-230) suggested that covalent, ionic and metallic bonds should be explained in electrical terms because students are better prepared to accept higher conceptions (e.g., hydrogen bonds, Van der Waals forces, or solvent-solute interactions). Therefore, teachers should focus on

‘molecules’ and ‘ions’ rather than on ‘atoms,’ because students can see covalent bonds as electron pairs attracted to two different positive cores, and they will understand subsequent lessons that focus on electronegativity and bond polarity.

4.4.4 The Difficulty in Shifting between Levels of Representation

Chemistry is taught at three levels: symbolic, macroscopic, and microscopic. If students appropriately understand the relationships among these levels, they may then fine the topics more relevant and meaningful. Unfortunately, the literature review suggests that students fail to shift between the macroscopic and molecular levels (Taber; & Coll. 2002: 219; Unal; et.al. 2006: 159-166). Hence, teachers have to stress the links between the symbolic, macroscopic, and microscopic worlds in order to improve student mental models of bonding (Boo. 1998: 577). In addition, teachers can help students avoid alternative conceptions and to make connections between the three levels of representations by following: (1) symbols for physical states after chemical formulae (s, l, g, aq); (2) electrical charge in the formulae of ionic compounds (e.g. $Na^{+}Cl^{-}$); and (3) parentheses for all ionic molecular groups, even in the case where they occurred only once in the formula of the compound, e.g. $(NH_4)^{+}(NO_3)^{-}$, $Ca^{2+}(SO_4)^{2-}$ (Georgiadou; & Tsaparlis. 2000: 220)

TABLE 2 THE EXAMPLES OF STUDENTS' ALTERNATIVE CONCEPTIONS ON CHEMICAL BONDING

Categories	Examples of Students' Alternative Conceptions on Chemical Bonding
Alternative Bonding Conceptions	
General bonding conception: wrong explanation for bonding phenomena	Atoms 'need' filled shells (an anthropomorphic idea) (Robinson. 1998: 1074). 'When you have two electrons, they are negatively charged ions. They don't want to come together. But sometimes they do and that's a chemical bond' (Nicoll. 2001: 712). There are only two kinds of bonds: covalent bonds and ionic bonds. Anything else is just a force, 'not a proper bond' (Robinson. 1998: 1074). The electrons will be attracted to each other when they bond (Nicoll. 2001: 712). Atoms are stable if, and only if, they have full outer shells (Taber. 1999: 37).
Microscopic world of bonding	Bonding electrons don't have any motion. 'They (bonding electrons) sit down between the nuclei' (Nicoll. 2001: 713).
Why atoms bond	Chemical bonds form in order to produce filled shells rather than filled shells being the consequence of the formation of many covalent bonds (Robinson. 1998: 1074).
Anthropomorphic	And so you place electrons…in such a way that …they're all happy (Nicoll. 2001: 712). "Um, because they're farther away from the positive charge, these electrons have a greater potential for being pulled more closely. Because, like, they're farther away means that they can, they have more space to be pulled before they can, you know, before they start getting pushed back. There's probably a *happy* medium that electrons and protons would ideally, ideally meet, where the forces balance exactly and it's not repelling or attracting. But, um, the farther out you get, the more like they are to be pulled in to that, um, that happy medium zone, I guess." (Nicoll. 2001: 716).
General covalent bonding confusion	Molecules form from isolated atoms (Rosinson. 1998: 1074). A covalent bond holds atoms together because the bond is sharing electrons (Rosinson. 1998: 1074).

TABLE 2 (Continued)

Categories	Examples of Students' Alternative Conceptions on Chemical Bonding
Covalent bonding	
General covalent bonding confusion (Continued)	The molecule was held together by 'the two electrons shared' which 'makes them more like joined together like one' (Taber. 1998: 602). In a covalent bond, each of the bonding electrons is more strongly attracted to its own atomic nucleus (Taber. 1999: 37). When a covalent bond breaks, the electrons return to their own atoms (Taber. 1999: 37).
The atoms covalently bonded	When atoms of metal and non-metals combine, they form covalent bonds (Tan; & Treagust. 1999: 78).
Bond polarity	Polar bond….[is] when the electrons are shared evenly' (Nicoll. 2001: 712). The polarity of the bond is dependent on the number of valence electrons in each atom involved in the bond (Birk; & Kurtz. 1999: 127). Equal sharing of the electron pair occurs in all covalent bonds (Birk; & Kurtz. 1999: 127). And when there're two atoms near each other that are opposite in polarity, they repel each other (Nicoll. 2001: 716). Molecules of the types OF_2 are polar as the nonbonding electrons on the oxygen form a partial negative charge (Birk; & Kurtz. 1999: 127).
Lewis dot	[H-C≡O-H]…so the carbon has four and oxygen has six valence electrons, and there's only two hydrogens, which would only have 1 bond each. So I'm thinking the carbon and oxygen has to have either a double or a triple bond. Because otherwise there would be, um, electron left. But, and so I put the carbon and oxygen to have a triple bond and then the hydrogen on each side to fill it (Nicoll. 2001: 714).
Shape of molecules	The shape of molecules is due to the repulsion between the bonds (Birk; & Kurtz. 1999: 127). The shape of molecules is only due to the repulsion between the bonding electron pairs (Birk; & Kurtz. 1999: 127).

TABLE 2 (Continued)

Categories	Examples of Students' Alternative Conceptions on Chemical Bonding
Polarity of molecules	A molecule is polar because it has polar bonds (Birk; & Kurtz. 1999: 127). Nonpolar molecules form when the atoms in the molecule have similar electronegativities (Birk; & Kurtz. 1999: 127). [Dipoles are] when molecules…interact with each other, forming slightly positive or slightly negative charges (Nicoll. 2001: 712). The largest atom exerts the greatest control over the shared pair and determines the polarity of the bond (Birk; & Kurtz. 1999: 127). Nonbonding electron pairs influence the position of the shared pair and determine the polarity of the bond (Birk; & Kurtz. 1999: 127).
Electrical conductivity of graphite	Graphite conducts electricity because it has layers of carbon atoms, which can slip over each other (Tan; & Treagust. 1999: 79). Graphite conducts electricity because in graphite some carbon atoms are delocalized and they conduct electricity (Tan; & Treagust. 1999: 79).
Ionic bonding	
Structure of ionic substances	Ionic compounds are molecular in nature, i.e. 'with sodium chloride there is specific sodium to chlorine bond' (Tan; & Treagust. 1999: 75). Sodium chloride exists as molecules, and these molecules are held together in the solid by covalent bonds (Tan; & Treagust. 1999: 75). Sodium and chlorine atoms were bonded covalently but that ionic bonds between these molecules produced the crystal lattice (Tan; & Treagust. 1999: 75). Ionic substances are discrete of molecules, i.e. 'When one molecule of copper (II) carbonate reacts…it produced one molecules of copper (II) oxide…' (Harrison; & Treagust. 2000: 367). Ion-pairs are molecules of an ionic substance (Table. 1998: 604). In sodium chloride ion-pairs are (or are like) molecules (Taber. 1999: 37). The species solvated in the salt solution are atoms. As transferred electrons return to their own atoms, the lattice is broken up (Taber. 1999: 37).

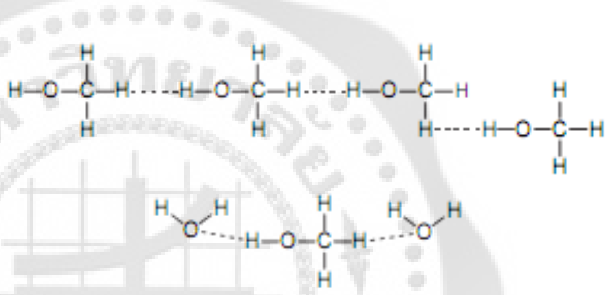
TABLE 2 (Continued)

Categories	Examples of Students' Alternative Conceptions on Chemical Bonding
The number of ionic bonding in lattices (Continued)	An ionic bond only occurs between the atoms involved in the electron transfer. Thus, sodium ion forms one ionic bond to each chloride ion in solid sodium chloride and is involved in five 'forces' with the other adjacent chloride ions (Robinson. 1998: 1074). Atomic electronic configuration determines the number of ionic bonds formed (e.g. a sodium atom can only donate one electron, so it can only form an ionic bond to one chlorine) (Table. 1998: 605).
History conjecture	Bonds are only formed between atoms that donate/accept electrons (e.g. in sodium chloride a chloride ion is bonded to the specific sodium ion that donated an electron to that particular anion and vice versa) (Table. 1998: 605).
"Just forces" conjecture	Ions interact with the counter ions around them, but for those not ionically bonded, these interactions are just forces (e.g. in sodium chloride, a chloride ion is bonded to one sodium ion, and attracts an additional five sodium ions, but just by forces-not bonds) (Table. 1998: 605).
Formation of ionic bonding	Ionic bonds are the transfer of electrons, rather than the attraction of ions that result from the transfer of electrons. The reason electrons are transferred is to achieve a full shell (Robinson. 1988: 1074). In ionic bonding, the number of electrons transferred depends only on the number of electrons that the atoms of the non-metal need to achieve a stable octet (Tan; & Treagust. 1999: 79). An ionic bond is the transfer of electrons between atoms (Taber. 1999: 37).
Metallic bonding	
General metallic bonding difficulties	Metals also had covalent or ionic bonding (Taber. 1998: 605). In a metal, there would be a force between the atoms but not a bond (Table. 1998: 605).
Physical property of metallic substance	[Why do metals conduct electric current?] 'Since metal is a good conductor of electric current, its atoms can transmit the electric current because they vibrate from the energy they receive' (DePosada. 1997: 453).

TABLE 2 (Continued)

Categories	Examples of Students' Alternative Conceptions on Chemical Bonding
Physical property of metallic substance (Continued)	[Why do metals conduct electric current?] 'because electrons are in continuous movement around the protons, they give the molecules high conductivity' (DePosada. 1997: 457). [Why do metals conduct electric current?] The positive atoms go through the metal rod because the rod conducts the electricity and when they come in contact with the lamp they collide and produce light. This happens because the + and – atoms have a common point, the lamp, and they attract one another (DePosada. 1997: 457).
Intermolecular forces	
General alternative conceptions on intermolecular forces	And the covalent bond is not as strong as hydrogen bonding. I think of it, um, as if hydrogen bonding being, like, one of the strongest bonds (Nicoll. 2001: 712). Covalent bonds are broken when a substance changes state (Tan; & Treagust. 1999: 79). The bubbles in boiling water as water vapor are *oxygen gas* and *air* (Mulford; & Robinson. 2002: 741). The bubbles in boiling water as water vapor are *hydrogen gas* and *oxygen gas* (Mulford; & Robinson. 2002: 741). Intermolecular forces were identified as the forces within a molecule (Tan; & Treagust. 1999: 76). Intermolecular forces were the forces present within a continuous covalent solid (Tan; & Treagust. 1999: 76). Metals and non-metals form molecules with weak intermolecular forces (Tan; & Treagust. 1999: 79). The strength of intermolecular forces is determined by the strength of the covalent bonds present in the molecules (Tan; & Treagust. 1999: 79). Molecular solids consist of molecules with weak covalent bonding between the molecules (Tan; & Treagust. 1999: 79). A hydrogen bond is a covalent bond to hydrogen (Table. 2002a: 6).

TABLE 2 (Continued)

Categories	Examples of Students' Alternative Conceptions on Chemical Bonding
General alternative conceptions on intermolecular forces (continue)	Students displayed very little deep understanding of intermolecular interactions (Taagepera; et.al. 2002: 760). " Ethane should be more soluble than methanol in water because the intermolecular forces in ethane are weaker than those of methanol. The reasoning was that water will more easily be able to break apart the weaker intermolecular forces in ethane, and thus ethane will dissolve more easily in water than methanol." (Taagepera; et.al. 2002: 760). 
Confusion between the bonds/forces	
Covalent and ionic bond	I just think of [covalent] as attractions…between the negative and positive ends, un, of an atom [sic] (Nicoll. 2001: 712). A metal is covalently bonded to a non-metal to form a molecule (Tan; & Treagust. 1999: 75).
Intermolecular forces and intramolecular bonds	Intermolecular forces are the forces within a molecule (Tan; & Treagust. 1999: 79).

5. The 5Es Instructional Model

The 5Es instructional model was developed from the learning cycle. The learning cycle originated in the early 1960s by J. Myron Atkin and Robert Karplus during the development of the Science Curriculum Improvement Study (SCIS). Originally, the learning cycle was based on the theory of Piaget, but it is consistent with other theories of learning

such as those developed by Ausubel. There are three phases to the learning cycle which are exploration, invention, and discovery. Later, these terms were modified to exploration, concept introduction, and concept application. Roger Bybee and his college extended and elaborated the original learning cycle to the 5Es instructional model (Bybee; Powell; & Trowbridge. 2008: 183-184). The approach in this review is first to describe the form and function of the 5Es instructional model, then to discuss the 5Es instructional model more detail of each phase.

5.1 Form and Function

The 5Es instructional model has a specific function and is intended to contribute to the learning process. The model can be described in terms of: (1) assumptions about the mental activity of student, (2) activities that students would be involved in, and (3) strategies used by the teacher. The model has two functions as following: (1) the model provides guidance for curriculum developers as designing a program. The model can be used at different levels of organization such as equivalent to a yearlong sequence, a unit, or a series of daily lessons; and (2) the model is to help the classroom teacher improve instruction effectiveness through a systematic approach (Bybee; et.al. 2008: 183-184).

5.2 Phases of the 5Es Instructional Model

The 5Es instructional model consists of five phases which are engagement, exploration, explanation, elaboration, and evaluation. The outstanding characteristics of each phase are summarized as following: (1) *Engagement* is the process to mentally engage students into the topic. Teachers can engage student by focusing on a problem, situation, or event that makes connection between past and future activities (e.g., asking a question, defining a problem, and showing a discrepant event). Teacher's role is to present the situation, identify the instructional task, set the rules, and procedure for establishing the task. Successful engagement results in students being puzzled and actively motivated in the learning activity; (2) *Exploration* is the process to investigate,

explore ideas, brings about disequilibrium. This phase should be concrete and hands-on, so teacher should carefully design the initial process of conceptual reconstruction. Students should be allowed the time and opportunity to investigate objects, materials, and situations based on each student's own concepts about phenomena. The teacher may coach or guide students through questions, suggesting avenues of activity, and hints that may avoid frustration and begin the process of mental reconstruction; (3) *Explanation* is the process to put explanations based upon prior knowledge, develop vocabulary, and provide experiences to reinforce and strengthen understandings. The teacher should clearly connect the explanations to experiences in the engagement and exploration phases. Key of this phase is to present scientific concepts, processes, or skills. The role of teacher is to direct student learning by clarifying alternative conceptions, providing vocabulary for concepts, giving examples of skills, modifying behaviors, and suggesting further learning experiences. The explanation phase can be teacher, student, text-book, or technology directed such as reading, DVD, film, and educational courseware; (4) *Elaboration* is the process to challenge, extend students' conceptual understanding and skills, transfer and apply understanding of concepts to different situations, and make connections to other situations. During this phase, students may discuss, present, and defend their approaches to the instruction task. The discussion results in better gathering information to successfully complete of the task, or students may receive feedback from others to their own understanding. Teacher's role is to provide an occasion for students to cooperate on activities, discuss their current understanding, and demonstrate their skills; and (5) *Evaluation* is the process to encourage students' to assess their understanding toward achieving the educational objective. Students should receive feedback on their achievement. The teacher can complete a formal assessment after the elaboration phase. Teachers administer tests, performance activities, or a variety of formal and informal procedures for assessing student understanding.

The study done by Moyer; & Everett (2008: 3) was conducted the exploration of the factors affecting the ability to design an inquiry-based science lesson using the 5Es instructional model. The researchers evaluated the inquiry-lesson plan

writing ability of pre-service elementary teachers by analyzing an exam from the science course. In the exam the students had 75 minutes to modify a lesson from a teacher's edition of older elementary science textbook into the 5Es instructional model lesson. The study found that the engage phase was the most difficult for the students to be succeeded but in the elaboration phase was the least difficult one. Therefore, the 5Es instructional model can be regard as an effective way to teach science in classroom.

6. Elicitation

A number of researches employed the word 'elicitation' in different ways depending on the purpose of the study. Until now, nobody exactly define how the difference among elicitation, questioning technique, asking probing question, informal formative assessment which commonly appear in the research. This review literature has simply concluded 'elicitation' in three different ways, as a teaching sequence, a diagnostic tool for the researchers, and teaching strategies.

6.1 Elicitation as a Component of a Teaching Sequence

Based on a constructivist perspective, Rosalind Driver developed instruction sequence to promote conceptual change. The instruction sequences contain four main phases as following: (1) orientation and elicitation of students' ideas which students are asked to represent their ideas by various techniques (e.g., writing down the ideas, small group discussion); (2) restructuring phase which the students are given opportunities to try out and revise their concepts in several ways (e.g., clarification and exchange, exposure to conflict situation, construction and evaluation the new ideas); (3) application of ideas which the students have the opportunity to extent to apply their new concept in different context; and (4) students' review change in ideas which a class spends time discussing and reviewing their ideas or models (Driver. 1987: 101; Driver; & Scott. 1996: 95-97). M. G. Hewson (1993: 395-397; 1992: 78-80) proposed teaching sequence with repeating identifiable phases. The teaching sequence has six phases: orientation,

elicitation, diagnosis, intervention, application, and review. The purpose of the elicitation phases here were: to allow students to get their ideas out and become aware of their own conceptions; for the teacher, to becomes aware of the state of students' conceptions. A key point of the teaching sequence is open-ended questioning because it can generate the necessary information for the teacher to decide how to manage the next phase.

Gallagher (2007: 73) developed science instructional model which consisted of five phases including: establish a problem and elicit students' ideas, explore phenomena and challenge students' ideas, introduce new ideas and contrast them with students' ideas, apply new ideas and reconcile them with students' ideas, and reflect on changes in student's ideas and connect with new ideas. The purpose of elicit students' ideas is to introduce the central question to engage students' interest and elicit their many different ideas about the question. In summary, the main points of beginning a lesson with elicitation are: (1) the students is to develop the existing ideas relating to a particular phenomenon and to be aware of their own ideas in the learning process; and (2) the teacher have to know what the students think in order that further teaching strategies can be planned from that point (Scott; Dyson; & Gater. 1987: 10-11).

6.2 Elicitation as a Diagnostic Tool

Second form of Elicitation found in researches is as a diagnostic tool. Since 1980s, numerous researchers have been developed tools to draw out students' alternative conception. Paper-pencil tests and surveys examination of studies that wildly used purpose-designed instruments shows that these too can prove probes of student understanding on science conceptions. Some researches employed multiple-choice items which contain common alternative conceptions and the scientific conceptions. The disadvantage of using a multiple-choice is that teacher may not distinguish between students who guess and those who hold alternative conceptions, so there have been being attempted to find out what exactly students understand for researcher to find another way to elicit students' conceptions (Unal; et.al. 2006: 150). Targan (1987: 499-450) developed tests to elicited students' alternative conceptions on moon phases by using written

explanations and a drawing format. The written explanations and drawings format had covered the discipline-defined domain of explanation and observation in detail, but open ended enough to allow for students expression. Questions contained to the domain of observations, theory of the phases, and explanation and prediction of lunar phase's phenomena. Students' expression were analyzed by breaking down into propositions and then compared to the completed propositions as defined by the discipline from the standard astronomy textbooks. Coll; & Treagust (2001: 357) used semi-structured interviews to tap year-12, undergraduate, and postgraduate student's mental models on chemical bonging. The semi-structured interviews comprised of three-phase interview protocol: (1) each student was presented samples of metallic, ionic and covalent substances, and asked to describe the bonding in the substance; (2) students showed prompts in the form of Interviews-About-Events (IAE) focus cards depicting events of chemical bonding; and (3) each showed prompts in the form of focus cards from curriculum material to show ways in which the bonding (e.g., metallic, ionic and covalent substances) had been depicted. Examples of elicited question using in the interview are concluded in TABLE 3.

TABLE 3 THE EXAMPLES OF ELICITED QUESTIONING IN AN INTERVIEW FORM

Researchers	Examples of elicited questioning
Nicoll (2001: 729)	What does the term "chemical bonds" mean to you? Another common molecule is formaldehyde, COH_2. Could you please draw the Lewis structure for formaldehyde?
Harrison; & Treagust (2000: 372-373)	What are the bonds? What about this molecule? Do you see anything advantageous between two representations of lines over dots? or which do you find most easy? (in relation to prompt cards containing depictions of models).
Coll; & Treagust (2001: 373)	Why do you think it is not conducting in the crystal, the solid crystal? (for sodium chloride), or Why do you think then the sodium chloride is crushed and the silica isn't ?
Barker; & Millar (2000: 1192)	How do you know a hydrogen bond doesn't involve sharing of electrons? Or, Is there a difference in your mind between a covalent bond and a hydrogen bond?

Even though, interviews is one form of others (e.g. using set questions and/or physical prompts) the most commonly used, sometime it is not proper for teachers (especially new teachers) to use interviews to probe students' conceptions, because this would require professional training (Unal; et.al. 2006: 145). In order to overcome this problem of using interview form, diagnostic instruments were developed because it can be scored easily. The diagnostic instruments normally contained two parts of the questions. The first part intended to elicit students' views in multiple-choice format, and the second part seeked to establish reasons for the first one. This is helpful for teachers with little experience in interview (Peterson; & Treagust. 1989; Tan; & Treagust. 1999; Birk; & Kurtz. 1999).

To elicit students' knowledge structures on chemical bonding, Taber (2002a: 41) conducted concepts maps as diagnostic tools. The concepts map is probably to spend extended periods of time, but it is better than standard tests which offer only a limited insight of student understanding. Taber stressed the advantages of using concept mapping: (1) key ideas were present whether the student holds major alternative conceptions; (2) how well the student has integrated ideas within the topic; and (3) whether the student links the concepts with key ideas. However, if some students may not express what they know or what they feel, interpretation of the concepts mapping may be difficult, so concept mapping, importantly, will be a valuable elicitation of how students visualize the bonding in chemical substances if this method comes together with the interview (Unal; et.al. 2006: 153). The TABLE 4 summarized the way to elicit student's ideas in various ways adopted by researchers.

TABLE 4 THE CONCLUSION OF ELICITATION AS A DIAGNOSTIC TOOL TO EXPLORE STUDENTS' CONCEPTIONS

Studies in chronological sequence	Interview	Paper and pencil format				
		Open-ends question	Multiple choice	Two-tire	Written record	Drawing/concept mapping
Targan (1987)		X			X	X
Peterson; & Treagust (1989)				X		
Boo (1998)	X					X
Birk; & Kurtz (1999)				X		
Tan; & Treagust (1999)				X		
Harrison; & Treagust (2000)	X	X	X		X	X
Barker; & Millar (2000)	X	X				
Coll; & Treagust (2001)	X					X
Nicoll (2001)	X					X
Coll; & Taylor (2002)	X					
Taber (2002a)						X
Coll; & Treagust (2003)	X					
Unal; et.al. (2006)	X					X

6.3 Elicitation as a Teaching Strategy

Third form of elicitation can be viewed as a strategy in classroom setting or informal formative assessment. Scott; et.al. (1987: 10-11) illustrated examples of elicitation strategy using in classroom were included brainstorming sessions, small group discussion work, and circuses of practical activities, questionnaires and individual projects. These strategies were more frequently used than teacher presentations and note copying. Scott and colleges suggested that teachers should move away from asking closed questions towards an open-ended situation in which students were encouraged to express their viewpoints. Moreover, wall poster, prepared by the students, should be used to display

student ideas. The posters act as a paper memory holding and making explicitly the initial ideas of the student.

Not only in classroom students' ideas should be challenged and made explicit, but also outside the class students can make their ideas explicit as well. Scott and his college used diary elicit from students involved in the experimental teaching sequences. On the diary, students suggested that they did enjoy making clear their own ideas. Here are examples from student's responses on their diary.

> I liked the idea of thinking my own ideas up and sharing them with another person instead of being told about what something did and why, like a teacher lecturing his class.
>
> The lesson was very demanding but more or less going over what I already thought. It makes me change my mind about in between the liquid particles there is air.
>
> The lesson was quite hard because when we had to find out what the middle of a solid, liquid or gas was like, I thought about particles. If you say that eh particles in a gas are spread out, then what would between them? I thought that it is a very hard question.
>
> In today's lesson we discussed mainly on what gases have inside them. In my mind we still didn't say whether there are or aren't any particles. My mind is still pondering on it now as I write my diary. Sir, somebody must know the answer to the question because there has to be some kind of answer to every question (Scott; et.al. 1987: 14-15).

Minstrell (1989) stressed the importance of 'written records' of initial ideas that when people had recorded their ideas on paper, they then could not deny the existence of their initial ideas and the notice inconsistencies between their original idea and what actually happens, and instruction then should be spent time for clarifying students' initial ideas through discussion (Cite in Teichert; & Stacy. 2002: 469). Besides simply asking questions, and providing summaries of previously learned material during classroom instruction, activation of prior knowledge like 'quizzes' can open instruction to spark existing knowledge among students. The quizzes activities are geared to help students see the relevance of new information and link what they already know to what they are learned (Feldman; & McPhee. 2008: 51). In summary, incorporated elicitation strategy in classroom can be seen as the process of informal formative assessment with the aim to

improve students' learning. The learning will be made better if student have a chance to see their idea developed over time. If students see their initial ideas, on-going idea, and final ideas, learning science then will have more valuable.

7. Metacognition

Since the mid-1970's metacognition has become one of the major fields of cognitive and educational psychology research. Research in metacognition was explored by John Flavell (Weiner; & Kluwe. 1987: 17; Wolters. 1987: 521; Hartman. 1998: 1; Georghiades. 2004: 365). There are several terms associated with metacognition: metacognitive beliefs, metacognitive awareness, metacognitive experiences, metacognitive knowledge, feeling of knowing (FOK), judgment of learning (JOL), theory of mind, metamemory, metacognitive skills, executive skills, higher-order skills, metacomponents, comprehension monitoring, learning strategies, heuristic strategies, and self-regulation (Veenman; Van Hout-Wolters; & Afflerbach. 2006: 4).

According to John Flavell (1976: 232),

> Metacognition refers to one's knowledge concerning one's own cognitive processes and products or anything related to them, e.g., the learning-relevant properties of information or data…metacogtnion refers, among other things, to the active monitoring and consequent regulation and orchestration of these processes in relation to the cognitive objects or data on which they bear, usually in the service of some concrete goal or objective.

Metacognition is very important in the instruction, because it affects acquisition, comprehension, retention, application of what is learned, learning efficiency, critical thinking, and problem solving. It also enables individuals to control or regulate their thinking and learning processes and products (Hartman. 1998: 1). Other topics associated with metacognition and related to this research are consecutively discussed: definition, components, promotion, and assessment of metacognition.

7.1 Definitions of Metacognition

Metacognition or metamemory is seen as a “fuzzy concept” (Wellman. 1981: 3-4). Because defining the meaning of this term is problematic as following: (1) it is often difficult to distinguish between what is *meta* and what is *cognitive*; and (2) in the modern psychological literature, metacognition has been referred to knowledge of cognition and regulation of cognition. These two forms are indeed closely related and attempts to separate them led to oversimplification because metacognition comes from different historical roots. The roots of metacognition come from four separate strands: (1) verbal reports as cognitive processes; (2) executive control within in information processing framework; (3) self-regulation (metaprocedural reorganization, and reflected abstraction from the Piagetian school of developmental psychology), and (4) other-regulation (a Vygotskyian notion) (Brown. 1987: 65-67). Also, distinguishing metacognition from a cognitive perspective is difficult because the processes of interest are internal and can only be inferred on the basis of observations of student behavior (Rickey; & Stacy. 2000: 915).

Metacognition is defined as second-order cognitions (thoughts about thoughts, knowledge about knowledge, or reflections about actions) (Pintrich. 2002: 219-220; Rickey; & Stacy. 2000: 915); Weinert. 1987: 8). Baird (1990: 184) stressed that metacognition is the knowledge, awareness, and control of one’s own learning. Schraw (1998: 116) described metacognition as knowledge and regulatory skills that are used to control one’s cognition. Despite the abundance of research done that is focused on metacognition as knowledge, research is still focused on addressing major problems: (1) metacognitive knowledge, or the availability of factual (declarative) knowledge about cognition, is similar to other world knowledge that individuals store; it focuses on general knowledge about cognitive activities and demands, as well as the features of one’s own cognitive activities and capabilities; and 2) the availability of strategies (procedural knowledge) may be applied in order to control, monitor, and regulate cognitive activity (thinking about thinking) (Weinert; & Kluwe. 1987: 17). Pintrich (2002: 219-220) distinguished between knowledge of cognition and the processes involving the monitoring, control, and regulation of cognition. From his view, metacognitive knowledge includes knowledge of general strategies that might be used for different tasks, knowledge of the conditions under which these strategies might be used, knowledge of the extent to which the strategies are effective, and knowledge of self. The researcher referred to metacognitive control and self-regulatory processes as cognitive processes that students use to monitor, control, and regulate their cognition and learning (checking, planning, and generating).

In more recent research studies, Hennessey stressed that metacognition is an “inner awareness or process, not an overt behavior.” This inner awareness can be about what one knows (content knowledge), one’s learning process (knowledge construction), or one’s current cognitive state (awareness of mental constructs). A key characteristic of metacognition is the ability to “think about an idea (proposition, concept, or theory) rather than merely think with it” so metacognitive awareness should be helpful to students in their learning and developing concepts (Hennessey. 1993: 4-7; Hennessey. 2003: 107-108). In other words, metacognition refers an awareness of what one knows about their cognitive knowledge and what one thinks about their own learning (cognitive process). Israel (2007: 1-2) pointed out that metacognition is thought of as a cognitive process where awareness of one’s own thinking and metacognitive strategies can be taught in the classroom. The metacognitive awareness can lead students to become more knowledgeable of their own cognition, make students think more about their own learning, and finally help students to taking responsibility for their own learning.

7.2 Components of Metacognition

Flavell (1979: 906-909) proposed a categorization of the components of metacognition. He distinguished between metacognitive knowledge and metacognitive experience. *Metacognitive knowledge* consists primarily of knowledge or beliefs about what factors or variables act and interact and in what ways they affect the course and outcome of any given cognitive enterprise. Metacognitive knowledge comprises knowledge of person (knowledge concerning what human beings are like as cognitive organisms), task variables (referring to knowledge about how the specific information encountered affects and constrains the way in which one deals with it), and strategy variables (knowledge about cognitive strategies or procedures for achieving various goals). In contrast, *metacognitive experience* comprises conscious experiences that can either be cognitive or affective and are pertinent to an ongoing cognitive situation or endeavor.

Brown (1987: 67-68) summarized two forms of metacognition which are: (1) *knowledge about cognition* refers to the stable, statable, often fallible, and often late developing information that human thinkers have about their own cognitive processes; traditionally, this has been referred to as *knowing that*; and (2) *regulation of learning* includes planning activities predicting outcomes, scheduling strategies, and various forms of vicarious trial and error. The latter component is not necessarily stable or statable.

Paris and his colleagues identified two essential features in metacognition, self-appraisal and self-management of cognition summarized as following: (1) *self-appraisal* includes personal reflections about one's knowledge states and abilities. This appraisal often reflects static judgments because people are asked to assess knowledge or gauge ability in a hypothetical situation; and (2) *self-management* refers to "metacognitions in action" or how metacognition helps to organize cognitive aspects of problem solving (Paris; & Jacobs. 1984; Paris; & Winograd. 1990: 17-19). Even though cognitive self-management is a popular aspect of metacognition, because of its directly implications for students' performance and subsequent instruction, researchers and teachers alike are less interested in this area of research. The study of self-management in students has been neglected as researchers have been more interested in determining the efficiency and effectiveness of students' actual thinking skills (Baker; & Brown. 1984: 18; Winne; & Marx. 1987: 18-19).

Richard White (1988) described the four aspects of metacognition: (1) propositional knowledge about cognition (e.g. knowledge of the factors that affect one's ability to memorize something), (2) awareness of one's own thoughts (e.g. monitoring one's own understanding during a lecture), (3) ability to regulate thinking (e.g. deciding what path to take while attempting to solve a difficult problem), and 4) readiness/propensity to apply the ability to regulate thinking (cite in Rickey; & Stacy. 2000: 915). Moreover, Gunstone (1994: 134) distinguished three different aspects of metacognition summarized as followed: (1) *metacognitive knowledge* includes knowledge of the nature and processes of learning, of what are effective learning strategies and when to use these, and of personal learning characteristics; (2) *metacogntive awareness* includes perceptions of the purpose of the teaching/learning activity and of personal progress through the activity; and (3) *metacognitive control* refers to the nature of the decisions made and actions taken by the student during the activity. Metacognitive knowledge, awareness, and control are all learning outcomes as well as fundamental influence on the extent of achievement of more usual learning goals.

Furthermore, Nelson; & Narens (1996: 10-12) proposed a theoretical mechanism to represent a metacognitive system consisting of object-level and a meta-level structures in FIGURE 5, the latter containing a model of the former. The mechanism incorporates two relations in terms of flow of information from one level to the other

comprising control and monitoring functions. Control, or the information that flows from the meta-level to the object-level, affects the object-level processes by initiating, continuing, or terminating an action. Monitoring relies on the assumption that the meta-level is informed by the object-level, a process that results in changing the state of the meta-level model.

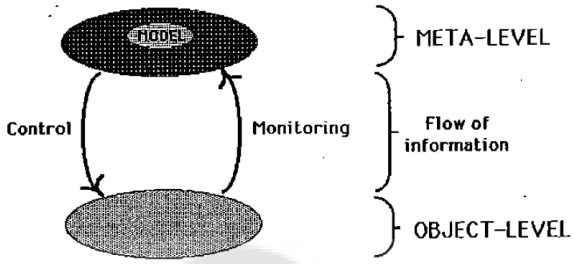


FIGURE 5 THE FORMULATION OF A META-LEVEL AND OBJECT-LEVEL THEORETICAL MECHANISM

Source: Nelson, T. O.; & Narens, L. (1996: 11). Why Investigate Metacognition? In *Metacognition: Knowing about Knowing*. Metcalfe. J.; & Shimamura, A. P. (editors). pp. 1-25. Cambridge (MA): The MIT Press.

In addition, Baird; & White (1996: 191-194) suggested that metacognitive strategies are comprised of two components, *reflection* (to determine purpose) and *action* (to generate information), that operate together. *Reflection* is thinking and feeling and involves asking questions such as “What am I doing?” and “Why am I doing it?”, selecting procedures to answer these questions, evaluating the result of applied procedures, and making decisions about what to do next. *Action* is doing and involves observing, manipulating, applying procedures, and enacting decisions. If carried out thoughtfully, the individual will know about effective learning strategies and requirements, and will be aware of, and be capable of exerting control over, the nature and progress of the current learning task. Rickey; & Stacy (2000: 915) argued that metacognition is a more specific term than reflection. From their point of view, metacognitive activities differ from such general cognitive processes in that for matacognition, the object of reflection is always one’s personal knowledge or thinking. The researchers point out that this distinction is often difficult to make. However, since cognition rarely occurs in the complete absence of

metacognition, asking yourself questions about the chapter might function either to improve your knowledge (a cognitive junction) or to monitor it (metacognitive function).

Schraw (1998:113-125) illustrated two components of metacognition, knowledge of cognition and regulation of cognition. *Knowledge of cognition* refers to what individuals know about their own cognition or about cognition in general and includes three different kinds of metacognitive awareness: declarative knowledge (knowledge about oneself as a student and about what factors influence one's performance), procedural knowledge (knowledge about doing things which is represented as heuristics and strategies), and conditional knowledge (when and why to use declarative and procedural knowledge). *Regulation of cognition* refers to a set of activities that help students control their learning. Regulation of cognition includes planning (the selection of appropriate strategies and the allocation of resources that affect performance), monitoring (one's on-line awareness of comprehension and task performance), and evaluating (appraising the products and efficiency of one's learning). Similar to Brown (1987), Schraw emphasizes that knowledge of cognition and regulation of cognition are related to one another. However, Anderson & Krathwohl (2001: 55-62) viewed metacognition as metacognitive knowledge that can be categorized into three major forms as following: (1) *strategic knowledge* is knowledge of the general strategies for learning, thinking, and problem solving. Strategic knowledge consists of three general categories: rehearsal, elaboration, and organization; (2) *procedural knowledge,* knowledge of the situations in which students may use subject-specific skills, algorithms, techniques, and method, and conditional knowledge, one knowing when and why to use cognitive tools appropriately, are considered to be *knowledge about cognitive task*; and (3) *self-knowledge* includes knowledge of one's strengths and weaknesses in relation to cognition and learning (They *know what they know*, *they know what they don't know*, *they know how to do something*, *they don't know how to do something).* Pintrich (2002: 219-222) added that self-knowledge refers to judgment of one's capability to perform a task (self-efficacy), goals for completing a task (learning or just getting a good grade), and the interest and value the task has for student (high interest and high value versus low interest and low value). If students do not realize they do not know some aspect of factual, conceptual, or procedural knowledge, students are unlikely to make any effort to acquire or construct new knowledge.

In summary, metacognition can be viewed as, knowledge of cognition and regulation of cognition. In this sense, metacognitive knowledge can be viewed in three different dimensions: (1) *knowledge of cognitive task* refers to knowledge of the situation

and how the specific information encountered affects and constrains the way in which one deals with it; (2) *knowledge of self* refers to knowledge of human beings as cognitive organisms and includes knowledge of one's strengths and weaknesses; and (3) *strategic knowledge* refers to knowledge about cognitive strategies or procedures for achieving various goals including the general strategies for learning, thinking, and problem solving.

7.3 Promotion Metacognition

Metacognition plays a vital role in learning within classrooms; therefore, understanding how to promote metacogntive awareness is of continual interest to researchers. Good (1989: 3-19) was interested in improving his students' awareness of their alternative conceptions. Then, the learning cycle (exploration, concept application, and concept introduction) was revised by adding predictions at the beginning of the learning cycle and included feedback loops among the three stages. The study found that using student prediction sheets resulted in teachers and students becoming more aware of student alternative conceptions. Blank also proposed a revised learning cycle model to the metacognitive learning cycle consisted of four phases (concept assessment/status check, concept exploration, concept introduction/status check, and concept application/status check). The Metacognitive Learning Cycle emphasized formal opportunities for teachers and students to talk about their science ideas. Students were asked to reveal their science ideas and discuss the status of conceptions throughout the instruction. The result showed that students in the metacognitive classroom did not gain a greater content knowledge, but they did experience more permanent restructuring of their understandings (Blank. 2000: 486-490).

Nevertheless, student can enhance their learning by becoming aware of their own thinking as they read, write, and solve problems in school. By doing so, teachers can promote this metacognitive awareness directly by informing students about effective problem-solving strategies and discussing cognitive and motivational characteristics of thinking. These strategies foster metacognitive awareness because it provides personal insights into one's own thinking and fosters independent learning (Paris; & Winograd. 1990: 15). Students can be improved their metacognition appropriately if they consciously

undertake an informed and self-directed approach to recognizing, evaluating, and deciding whether to reconstruct their existing ideas and beliefs (Gunstone. 1994: 133-134).

Schraw (1998: 118-123) summarized four general ways to increase metacognition. Promoting metacognition begins with building a general awareness of the importance of metacognition, improving knowledge of cognition, improving regulation of cognition, and fostering environments. While *promoting general awareness*, the teacher should take the time to discuss the importance of metacognitive knowledge and regulation. To i*mprove knowledge of cognition*, Schraw used an instructional strategy called a strategy evaluation matrix (SEM) (TABLE 5). The purpose of the SEM was to promote explicit declarative, procedural, and conditional knowledge about each strategy. Even among younger students (K-6), SEMs were effective at improving knowledge of cognition, but might not impact regulation.

TABLE 5 THE STRATEGY EVALUATION MATRIX

Strategy	How to use	When to use	Why to use
Skim	Search for heading, highlighted words, previews, summaries	Prior to reading an extended text	Provides conceptual overview, helps to focus one's attention
Slow down	Stop, read, and think about information	When information seems especially important	Enhances focus of one's attention
Activate prior knowledge	Pause and think about what you are already know. Ask what you don't know	Prior to reading or an unfamiliar task	Makes new information easier to learn and remember
Mental integration	Relate main ideas. Use these to construct a theme or conclusion	When learning complex information or a deeper understanding is needed.	Reduces load memory. Promotes deeper level of understanding.
Diagrams	Identify main ideas, connect them, list supporting details under main ideas, connect supporting details	When there is a lot of interrelated factual info	Helps identify main ideas and organize them into categories. Reduces load memory.

Source: Schraw, G. (1998, March). Promoting General Metacognitive Awareness. *Instructional Science.* 26(1-2): 120.

There are many skills such as critical thinking skills (e.g. evaluation evidence) or scientific reasoning skills (e.g. hypothesis testing) that can be taught to students to improve students' metacognition, because critical and scientific thinking process allow students to spend a sufficient time applying the targeted skills in a meaningful context and students have opportunity to observe skilled experts using the skills (Schraw. 1998: 118-123). In classroom instruction, the teacher has to label metacognitive knowledge explicitly, and teachers also should plan to include goals for teaching metacognitive knowledge and try to teach and assess this type of knowledge as they teach other content knowledge (Pintrich. 2002: 219-222).

Tumbull; & Brown (2005: 2-16) raised students' self-awareness by using a questionnaire. The questionnaire consisted of metacognitive patterns (e.g., towards/away from, through time/in time, proactive/reactive). Each pair of the metacognitive patterns has two ends of a continuum. The study found that the metacognitive questionnaire provided evidence of students' ability to raise and recognize their pattern of thinking. Successful metacognitive instruction in the general classroom can be reached by these principles: (1) embedding metacognitive instruction in the content matter to ensure connectivity; (2) informing students about the usefulness of metacognitive activities to make students exert the initial extra effort; and (3) prolonged training to guarantee the smooth and maintained application of metacogntive activity. These principles referred as the WWW&H rule (what to do, when, why, and how) (Veenman; et al. 2006: 5). In a particular classroom, chemistry classroom, Rickey; & Stacy (2000: 918-919) suggested instructional tools for promoting metacognition that are more specific to domain of chemistry because the tools allowed students to make connections between macroscopic observations and molecular-level explanations. The tools consist of concept maps, the concept test, Predict-Observe-Explain (POE) tasks, and the Model-Observe-Reflect-Explain (MORE) with the aim to improve metacognitive awareness among students in chemistry class. In conclusion, promoting students' metacognition should begin with explicit instruction about metacognition in general. The teacher may then discuss how metacognition enables students to better manage their cognitive skills and reflect on their weakness or strengths on a cognitive task and how it serves as a key component to successful learning. Also, teachers should have

an understanding of suitable methods for promoting students' metacognitive awareness by using various strategies depending on the cognitive context.

7.4 Assessment of Metacognition

"A central problem in the research area on metacognition is the adequacy of the assessment techniques designed to measure metacognition" (Wolter. 1987: 521). For example, the problems with metacognitive assessment by using interviews and think-aloud techniques are difficult to interpret data. If a subject does not have ability to verbalize their answers or thinking, so instead of using verbal questioning, researchers should assess student's performance and focused more on behavioral observations, and teacher or researcher may also elicit different strategies when tasks are solved by students (Wolter. 1987: 521-527). However, Victori (2004: 6-13) stressed the problems of using structured questionnaires that are easier to administer with a large number of students but they fail to provide an in-depth analysis of the beliefs held by students, so using questionnaires may lack specificity and contextualization. The questionnaire itself may contain a problematic word. In addition, Garrett and colleagues revealed a limited number of metacognitive skills assessed by a diagnostic test. The diagnostic test was developed for assessing cognitive skills related to metacognition (visualizing lecture information and interpreting diagrams) for a physiology course. The study found that the limited number of skills related to metacognition by using such a test because it cannot retain key information (Garrett; et.al. 2007: 1-7). Furthermore, Israel (2007: 16) assessed students' metacognition during they comprehend the reading task. The study suggested that teachers can get into the students' minds as they read. Before administering metacognitive assessments, teachers should be familiar with reading strategies and reading strategies can be taught and assessed one at a time. Besides assess students' metacognition during reading, Israel suggested that teachers can also adopt other way to assess such a knowledge (e.g., using goal-setting activities as an introduction to metacognitive assessment, interviews, survey and inventories, and think aloud exercises).

Veenman; et al. (2006: 8-9) viewed metacognitive assessment as off-line or on-line method. Off-line methods are presented either before or after the task performance, whereas on-line methods are presented during the task performance. On-line methods have more predictive of learning performance than off-line methods, even when the latter are administered retrospectively to task performance. Again, every assessment method has its pros and cons so researchers or teachers should adopt administration strategies in which an instrument will be most effectiveness for their students' age and the particular or general context.

8. Science Process Skills

The importance of science process skills in classroom setting is the process skills that form the basis of human learning and set human apart from other animals. Scientists use the process skills whenever they define scientific concepts or develop taxonomies. The basic process skills become incorporated with more advanced levels of thinking. Mastering the science process skills is far greater than the value of the ability to repeat scientific facts or principles, because students not only learn a set of rigid rules but learn ways of finding answers can be applied without limit (Ostlund. 1992: v). Process skills are the processes in scientific situations to deal with content and hands-on activities with concrete materials. Students' science processes can conduct investigations on a topic of their own choosing with minimal teacher guidance (Raming; Bailer; & Ramsey. 1995: 5).

8.1 Components of Science Process Skills

According to American Association for the Advancement of science, science process skills compose of basic and integrated skills. The basic skills are consists of seven areas summarized as following: (1) observing is the process of using the five senses (see, hear, touch, smell, taste) to find out objects and events about their characteristics, properties, differences, similarities, and changes; (2) classifying is the process of grouping or ordering objects or events in terms of similarities or differences and

generate to lists, tables, or charts; (3) measuring is the process of comparing an unknown quantity with a known (metric units, time, student generated frames of reference; (4) inferring is the process of interpreting or explaining observations; (5) predicting is the process of forming an idea of an expected result based upon present knowledge and understandings, observations and inferences in forms of a written or oral explanation; (6) communicating is the process of using the written and spoken work, graphs, demonstrations, drawings, diagrams, or tables to transmit information and ideas to others; and (7) using number relationships is the process of applying numbers and their mathematical relationships to make decisions.

Integrated skills consist of seven aspects. The characteristic of each skill is concluded as followed: (1) making models is the process of constructing mental, verbal, or physical representations of ideas, objects, or events to clarify explanations or demonstrate relationships; (2) defining operationally is the process of creating a definition by describing what is done and observed in context of students' experiences not from the glossary or memorized; (3) collecting data is the process of gathering and recording information about observations and measurements in a systematic way; (4) interpreting data is the process of organizing, analyzing, and synthesizing data using tables, graphs, and diagrams to locate patterns that lead to the construction of inferences, predictions, or hypotheses; (5) identifying and controlling variables is the process of manipulating factor to investigate the outcome of an event; (6) formulating hypotheses is the process of making educated guesses based on evidence that can be tested through experimentation; and (7) experimenting is the process of designing one's own experiment to test a hypothesis using procedures to obtain reliable data all basic and integrated skills to formulate a problem, collect data, and pose a solution are used.

8.2 Improvement Students' Science Process Skills

Niedderer (1987: 363) improved students' process skills by incorporated performance stage into teaching sequence called a process of performance in teaching. The process of performance in teaching strategy comprises of formulating questions or

hypothesis, planning and performing experiments, making observations, theoretical discussions, and formulations of findings. To do so, teacher should help reservedly with technical problems, supervise organization, give apparatus, and ask for students' reports. Raming; Bailer; & Ramsey (1995: 5-6) proposed strategies to help students connect new experience to previous knowledge through 'doing science'. The strategies are concluded as follow: (1) students should work in small lab groups to be more involved; (2) students are encouraged to keep portfolios and best work throughout the process skill activities; (3) teacher should carefully read through the entire student activity before introducing it to a class, or teacher should actively engage students using open-ended questions or by having them predict what will happen; (4) students discuss inferences in their groups by asking, why did this happen; and (5) each group bring the entire class to consensus. By doing so, teacher will help students successfully internalize science process skills.

Ostlund (1992: vi) stressed that teachers' role was worthwhile experiences to a students' developmental level, organize them for meaningful interpretation, and activate students' thinking because experiences designed by teacher can lead to students' thinking capabilities and may provide significant cognitive and affective benefit. As students develop process skills, they pass through ways of thinking, representing a different organization of experience, information, and knowledge, and leading to a very different view of the world. If teachers provide students with experiences to use process skills, students will use a particular skill with different material at various levels of abstraction and they can make the progression of being at a more advanced developmental stage.

8.3 Assessment of Science Process Skills

Ostlund (1992: vi) stressed that the assessment of science process skills should be designed to be flexible enough to be administered individually, in a small group, or with the entire class. It was recommended that not all assessments be used at one sitting, so the assessment should determine precisely what individual students are able to do in their science experiences. Rezba; Sprague; & Fiel (2003: xi) described nine forms of assessment which included: open-response question, performance test, portfolio, teacher

paper and pencil checklist, self/peer/family checklist, teacher digital assessment, teacher rating forms, individual performance within a group rating form, and interview. These assessment methods should allow students to demonstrate what they know and are able to do. Again, multiple forms of assessment are needed to assessments because different types of assessment reveal different aspect of performance and assessment should allow students to use their science skills and science disciplines much the same way as they do in science class.

9. Attitudes toward Chemistry

The attitude concepts are favorable or unfavorable feelings toward objects, persons, groups, or any other identifiable aspects of environment. Attitudes must have a referent because attitudes refer to feelings about or toward an attitude object. The attitude object can be a person, situation, group, policy, issue, or an abstract idea, so this makes the attitudes concept of interest and importance to science education (Koballa. 1988: 117). In this review literature, the definitions of attitude, the difference between attitudes toward science and scientific attitude will be discussed followed by the assessment and some problem associated with this assessment.

9.1 Definitions

The term ‘attitude’ as used in the literature on science education, has multiple meanings, and it is important to know precisely which meaning a given writer is using in order to understand and evaluated his/her research. Aiken; & Aiken (1969: 295) described three areas which the term ‘attitude’ has been used: attitude towards science, attitude toward scientists, and attitudes toward the scientific method. ‘Attitudes toward science’ is affect or feeling like (or dislike) toward science in general or a particular. ‘Attitude toward scientist’ refers to like (or dislike) of approval (or disapproval) of the activities engaged in by scientist and the kinds of people that scientists are. And, ‘scientific attitude’ refers to adherence to or knowledge of the ‘scientific method” (e.g., curiosity,

rationality, willingness to suspend judgment, open-mindedness, critical-mindedness, objectivity and intellectual honesty, humility, and reverence for life). Likert (1932: 9) described that attitude's meaning was defined depended on the purpose of the study: (1) attitudes are dispositions toward overt action; and (2) there are verbal substitutes for overt action. The former usage seems to the present writer to be preferable. The latter opinion is seen attitude as an indirect method of measuring dispositions which are most easily signified and expressed in verbal form. Gardner (1975: 2) described a person's attitude to science as a learned disposition to evaluate in certain ways of objects, people, actions, situations or propositions involves in the learning of science. Gall; Gall; & Borg (2003: 214) viewed an attitude as an individual's viewpoint or disposition toward a particular 'object' (a person, a thing, an idea, ect.). The authors described that the attitude have three components: (1) an affective components, which consists of the individual's feelings about the attitude objects; (2) a cognitive component, which is the individual's belief or knowledge about the attitude object; and (3) a behavioral component, which is the individual's predisposition to act toward the attitude object in a particular way. While a number of researchers focusing on attitude toward science, Menis (1989: 183) focused on student's attitudes toward both science and chemistry and defined 'attitude' as an affective reaction (e.g., like/dislike, enjoy/not enjoy) to stimuli toward science and chemistry. Like Menis, Nieswandt (2007: 912) described the attitude toward chemistry as a predisposition to respond positively or negatively feeling about chemistry.

9.2 The Difference between Attitude toward Science and Scientific Attitude

Attitudes are not a unidimension, but rather a multifaceted framework including affective, cognitive, and behavioral components which influence other ongoing processes (Nieswandt. 2007: 912). Attitudes toward science should not be mistaken scientific attitudes. The former always reacts to attitude object (science, scientist) which the respondent to favorable or unfavorable (e.g., interests in science, attitudes toward scientist, attitude towards social responsibility in science). The latter is styles of scientist's thinking or traits: 'open-mindedness', 'skepticism' and 'honesty' (Gardner. 1975: 1-2). Attitude toward

science should refer to a general and enduring positive or negative feeling about science, so it should not be confused with scientific attitude; therefore, sentences like ‘I like science,” “I hate science” are considered to be attitudes toward science because they denote a general positive or negative feeling toward science (Koballa; & Crawley. 1985: 223).

9.3 Measurement of Affective Domain

Affective objectives such as attitude should be seen as an important learning outcome in science curriculum and ways to assess attitude are important. Five main categories of attitude evaluation as followed: the interview schedule, open ended questions, projective techniques, closed item questionnaire (including Thurstone scales, Likert scales, rating scales, semantic differential scales and self-report inventories), and preference ranking (Laforgia. 1988: 411-413). By using Likert scale to measure attitudes, the criteria to select statements should be: (1) expressions of desired behavior and not statement of fact and focus on the present not in the past; (2) the statement should be clear, concise, straight-forward and simplest as possible. No statement should involve double negative or avoiding confused words; (3) each statement has worded that the modal reaction to the middle of the possible responses; (4) avoiding any space error or any tendency to a stereotyped response; and 5) If multiple choice statements are used, the different alternatives should involved only a single attitude variable and not several (Likert. 1932: 44-46)

The study done by Dalgety; Coll; & Jones (2003: 649) allowed a way to measure students’ attitude toward chemistry. The researchers developed the Chemistry Attitudes and Experiences Questionnaire (CAEQ) to measures attitude toward chemistry self-efficacy, and learning experience for the first year students. The CAEQ was piloted with science and technology students (N=129) at the end of their first year. The study gathered data from interviews. The study found that the CAEQ was good construct validity and it can provide an understanding of factors influenced student choice of chemistry enrollment. Miller; et.al. (2004: 1801-1808) adopted qualitative research to capture students’ attitude to analyze students’ interactions in chemical laboratory setting consisted

of both surveys and individual interviews. The survey was included: gender, major, year in school, and lab section. The scaled response questions were classified into five areas: (1) comfort operating instruments, (2) conceptual understanding of instruments, (3) effects of errors, mistakes, and modified procedures, (4) group dynamics, and (5) general questions. The study found that the students had positive attitudes toward using instrumentation. And they felt that using instrumentation in the lab allow them not only to connect “chemistry” and the “real world”, but also to develop skills to be valuable in the future. In Greek, Salta; & Taougraki (2004: 535) conducted qualitative research to develop valid and reliable instruments for attitudes’ measurement toward chemistry. The instrument was explored with 11th grade Greek students. Students’ attitudes contained four areas: the difficulty, the interest, the usefulness of chemistry course, and the importance of chemistry. The study found that students considered chemistry to be neither difficult nor easy (neutral attitude). Student’s attitudes regarding interest of chemistry was also neutral. Interestingly, the students recognized the importance of chemistry in their life (positive attitude), but chemistry was not useful for their future career (negative attitude).

9.4 Problems Associated with Evaluation of the Affective Domain

Measuring affective domain will have a weakness if the researcher sees the affective domain only one dimension, a meaningless, uninterpretable variable; therefore, researchers should be conceptualized affective domain (or attitude) as a multidimensional construct and this assumption must be tested using factor analysis. If factor analysis provides strong support for this conceptualization, interpretation of the result should be separately done for each dimension because many instruments now have used a mixture of items, including several dimensions, but the analysis of unidimensionality may not be existed (Gardner. 1975: 1-2). Researchers who interest in measuring attitudes to science frequently employ summated ratings scales (e.g., opinion statements), a 5-point Likert scale response, or a set semantic differential items (bipolar adjectives) scored on a 7-point scale. In order to raise reliability of measurement, researchers should have numerous items rather than a single item because an assumption underlying this technique is that the items in the

scale reflect a common construct; otherwise, the procedure produces uninterpretable data. Even though this psychometric principle has been known for a long time, numerous studies in the literature demonstrate a neglect of it and there have a misunderstanding of concept of internal consistency and unidimensionality; therefore, the researchers should make them clear in designing such instruments (Gardner. 1995: 283).

Laforgia summarized four types of problems associated with measuring affective measurement as following: (1) *fakability* could occur if student responses are influenced by their desire to satisfy the researcher or teacher; (2) *self deception* would not tend to be a problem with measurement of science-related attitudes but would be more pertinent to measures of personality; (3) *semantic problems* occur in affective measures because instruments usually include words like often, seldom, frequently and usually which may mean different things to different students; and (4) *criterion inadequacy* can be a problem with some measures because scientific attitudes measurement could clearly be validated by observing students in the laboratory performing experiments but in most case clear validity checks are not available (Laforgia. 1988: 413-414).

10. Educational Assessment

Educational measurement refers to the process of determining a quantitative or qualitative attribute of an individual or group of individuals that is of academic relevance (Oosterhof. 1994: 6). Terms ‘measurement’, ‘assessment’, and ‘evaluation’ are often used interchangeably in education. *Measurement* is concerned with establishing characteristics of individuals or groups of individuals, but measurement does not associate value to what one see. *Evaluation* combines the measures with other information to establish the desirability and importance of what one has observed, or evaluation is the outcome of measurement after added value. *Assessment* is often used as a stylistic alternative to measurement. Sometimes measurement is perceived as quantitative, cold, and less desirable. Assessment, on the other hand, is seen as qualitative and warm. Moreover, assessment can be viewed as having broader connotations than measurement because it

refers to a related series of measurement to determine a complex attribute of an individual or group of individuals (Oosterhof. 1994: 4-7). In summary, measurement is a component of evaluation which combines measures with other information to establish the desirability and importance of what we have observed.

10.1 Role of Educational Assessment

Educational assessment is used to facilitate formative, summative, and diagnostic evaluations (Bloom; Hastings;& Madaus. 1981). Oosterhof (1994: 8-10) summarized a fourth role of educational assessment as following: (1) *preliminary assessments* occur during the first days of school to provide a basis for expectations throughout the school year. Teachers informal observe and oral question to their students. The question will be addressed later if teachers found it has the potential to restrain what students learn; (2) *formative assessment*s occur during instruction. Formative assessments are based on continuous informal assessment (e.g., listening to what students say, using oral questions to probe comprehension, and watching students' facial expressions and other behavior) and are based on formally developed assessments such as quizzes, seatwork, and homework; (3) *summative assessments* occur at the end of a unit or the end of the year. Summative assessments are used to certify student achievement and assign end-of-term grades and can be served as the basis for promoting or determining whether teaching procedures should be changed before the next school year; and (4) *diagnostic assessments* occur before or during instruction. Diagnostic evaluations are concerned with skills and other characteristics of current instruction. During instruction, diagnostic evaluations are used to establish causes for a student failing to learn. Before instruction, diagnostic evaluations try to anticipate conditions that negatively affect learning and based mostly on informal assessment. In summary, measurement facilities preliminary evaluations that occur during the first days of schools, formative evaluations during instruction, summative evaluations at the conclusion of instruction, and diagnostic evaluations when difficulties in learning occur or are anticipated. In this review literature will provide more detail for formative assessment because it is mostly related to this study.

10.1.1 Formative Assessment

Formative assessment is an effective way to improve instruction in classroom. According to Bell; & Cowie (2001: 82-93), the formative assessment model consists of planned and interactive formative assessment. Planned formative assessment is the process tended to be done with all students in a class. This form of assessment consists of three processes: eliciting, interpreting, and acting. Interactive formative assessment is the process tended to be done with some individual students or small groups. The interactive formative assessment consists of three processes: noticing, recognizing, and responding. In this review on the planned formative assessment related to this research is described as following.

Followed Bell; & Cowie (2001: 82-93), planned formative assessment contains three phases (eliciting, interpreting, and acting). Each phase is described as following: (1) eliciting information is the process that teachers plan in advance to gain information on their students' science understanding and skills learning. Eliciting information can be done at the beginning, during, and at the end of the unit by asking quick questions to gain information of students' on-going understanding, brainstorming to obtain information of students' prior knowledge, asking the students to generate what they were interested in finding out, making physical models of elicit information which did not depend on the students' knowledge of scientific vocabulary, and asking students to record their explanation of how an event occurred to gain information of students' conceptions; (2) interpreting is a process that teachers plan to interpreted the information gained from students. During this process, the teacher usually uses science criterion-referenced to interpret students' information. That is, the teachers would like to know if students have learnt and understood science teachers intended them to learn; and (3) action on the interpreted information. This process is the essential aspect of formative assessment that distinguished it from continuous summative assessment. To do so, teachers have to plan to have a flexible programmed and allow ways for students' response. In general, the action is based on science-referenced ways of acting. The science-referenced ways of acting is the process that the teachers guide the students towards science by addressing

students' alternative conceptions. To do so, teacher can give them feedback to make sure that the students perform tasks in the way they have described. Feedback is the process aim to bridge the 'gab' between what teachers intend to teach and what students gain in class (Bell; & Cowie. 2001: 114). Nicol and Macfarlane-Dick (2006: 205) summarized features of a good feedback. The good feedback should: (1) help clarify what good performance is (goal, criteria, expected standards); (2) facilitate the development of self-assessment (reflection) in learning; (3) deliver high quality information to students about their learning; (4) encourage teacher and peer dialogue around learning; (5) encourage positive motivational beliefs and self-esteem; (6) provide opportunities to close the gap between current and desired performance; and (7) provide information to teachers that can be used to help shape teaching.

10.2 Criterion- and Norm-Referenced Interpretations

Scores on a test or any measure must have a frame of reference in order to be interpretable. The frames of references commonly used included: ability-referenced, growth-referenced, norm-referenced, and criterion-referenced. The characteristics of each reference are summarized as follow: (1) *ability-referenced* is related to a student's performance interpreted in that student's maximum performance; (2) *growth-referenced* is related to performance compared to the student's prior performance; (3) *norm-referenced* is provided by comparing the student's performance to others performance; and (4) *criterion-referenced* is providing by describing what the student can and cannot do. Among these, the norm-referenced and criterion-referenced tests are the most useful (Oosterhof. 1994: 12). Therefore, in this review, only criterion- and norm-referenced are discussed. *Criterion-referenced interpretations* involve comparing a student's performance to a well defined content domain. To permit a criterion-referenced interpretation, the description of what is being measured *must* be concise (Oosterhof. 1994: 14-15). Norm-referenced interpretations involve comparing a students' performance to that other students. For example, a student can type faster than 60% of the students completing a typing class representing a norm-referenced interpretation. Norm-referenced interpretations are limited

in that they do not define what a student can and cannot do but they do help answer questions such as what is typical and what is reasonable (Oosterhof. 1994: 23).

10.3 Formal and Informal Assessments

The major distinction between formal and informal assessments is that formal assessments are devised in advance whereas informal assessments are spontaneous. Formal assessments involve written test, assignments, and performance assessments. Moreover, formal assessments usually provide a more systematic coverage of instructional objectives and more likely to measure students' performance. Informal assessments, on the other hand, tend to involve observations and oral questions because they can be spontaneous and continuous, so informal assessments dominate within preliminary, diagnostic, and formative settings. Teachers rely almost on informal measures to assess students' typical versus maximum behavior (Oosterhof. 1994: 33).

10.4 Cutting Score

Cutting score is a way to determine students' performance in that of higher or lower than a cutting score. The cutting score can be classified in three ways: (1) Judgmental Methods or Test-centered Methods; (2) Empirical Methods or Examinee-centered Methods; and (3) Combination Method (citing Saiyod; & Saiyod. 2000: 268). *Judgmental methods* include Angoff's method (1971), Ebel's technique (1972) and Nedelsky's method (1954). This method, experts set the cutting score by reviewing individual item in the test and then deciding on the level of performance on each item that is considered adequate for the field under consideration. This leads to the determination of a minimum performance level for the test, quantified by combining the experts' projection of the performance of a minimally competent candidate on a combination of all test items (citing Saiyod; & Saiyod. 2000: 268-273). *Empirical methods* include Livingston's method (1975, 1976), Decision-Theoretic Approach (Glass, 1978), Huynh's method (1980) and Krie-wall's method (1972). Experts determine cutting score and make pass/fail decisions about actual examinees after they have written the test. The distributional properties of the data

(e.g., central tendencies and standard deviations) are examined and cutting score is set based on these (citing Saiyod; & Saiyod. 2000: 274-285). *Combination methods* include Contrasting groups (Zieky; & Livingston. 1977), Bayesian method (Hambleton; & Novick. 1973), and Berk's method (Berk. 1976). In this review, only Berk's method (1976: 4-9) will be discussed. Berk's method is widely used in educational assessment because it is able to maximize the probability of correct master and non-mastery decisions, or minimize the probability of incorrect decisions. The method is to select empirically optimal cutting score for a test based on response data from validation samples of instructed and uninstructed students. There are two major components involved in determination of the optimal cutting score which are classification of outcome probabilities and validity coefficient.

10.4.1 Classification of Outcome Probabilities

Two criterion groups are selected: instructed and uninstructed. The instructed group (I) consists of students who received effective instruction on the objective to be assessed. These students are masters (M). Another group, uninstructed group (U), consists of students who have not received instruction on the objective. These students are non-masters (N). The two groups should have the equal size of samples and each group should have at least 100 students to assure stable estimates probability. If the sampling of independent instructed and uninstructed groups is not feasible, one pre-instruction and post-instruction sample is recommended. Then, test items (i) will be administered to the two groups. Student scores, ranging from 0 to 1, can be divided by a cutting score (C) into two categories: predicted master and predicted non-mastery. Predicted master (PM) is a frequency of the number of students at or about the cutting score. Predicted non-master (PN) is a frequency of the number of students below the cutting score. This results in four possible classification which are: (1) True Masters (TM) which students instructed and their test scores lie at or above the cutting score; (2) False Masters (FM) which student uninstructed but their test scores lie at or above the cutting score (Type II) misclassification error); (3) True Non-master (TN) which students uninstructed and their test scores lie below the cutting score; and (4) False Non-masters

(FN) which students instructed but their test scores lie below the cutting score (Type I misclassification error). Score distributions of the two groups are the primary determinants of accurate classifying students as true masters and true non-masters. The degree of accuracy is dependent on the amount overlap between the distributions. The test would be useless if the distributions completely overlap, but if no overlap, it indicates that the test can perfectly classify students. Some overlap also occurs exemplified in FIGURE 6.

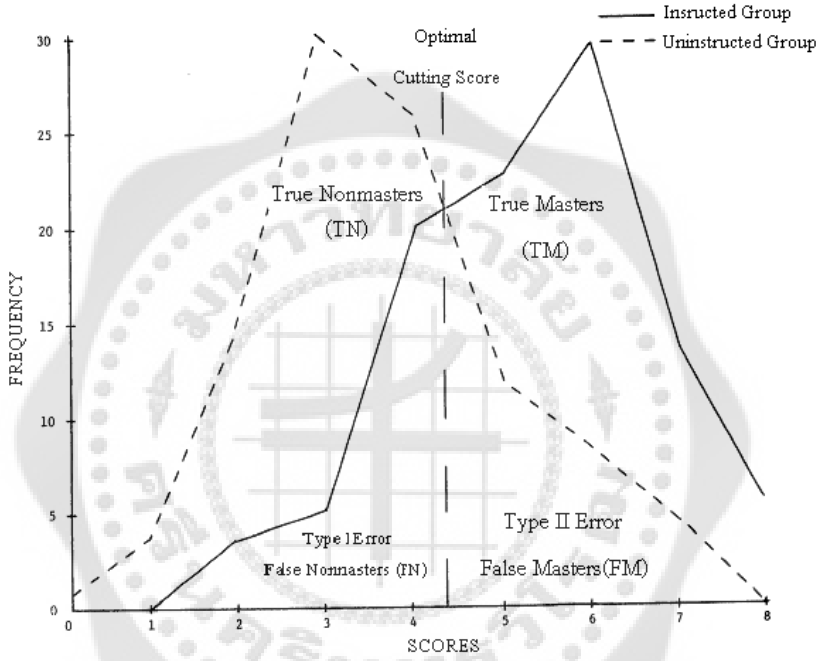


FIGURE 6 PREDICTOR AND CRITERION CLASSIFICATION OF STUDENTS FOR INSTRUCTED AND UNINSTRUCTED GROUPS SCORE DISTRIBUTIONS

Source: Berk, R. A. (1976: Winter). Determination of Optional Cutting Scores in Criterion-Referenced Measurement. *Journal of Experimental Education*. 45(2): 6.

The intersect point is the optimal cutting score (C). Cutting scores will increase Type I misclassification error (FN) and decrease Type II error (FM). Type I error (FN) will decrease and Type II error (FM) will increase if cutting scores are below C. The following steps are the way to identify the optimal C, the two-way classifications of

outcome probabilities. The first step is to set up a two-way classification of given frequency distribution for each possible cutting score. The probabilities of the four outcomes can then be calculated from the following formulas:

$$P(TM) = TM/(M+N)$$

$$P(FM) = FM/(M+N)$$

$$P(TN) = TN/(M+N)$$

$$P(FN) = FN/(M+N)$$

These probabilities are then used to calculate probability of incidence of mastery in population (BR) and probability of predicted master in population (SR). The probability of non-mastery in population is expressed as 1-BR, and the probability of predicted non-mastery in population is 1-SR. In conclusion, determination of optimal cutting score focuses on the score which maximizes the probability of correct decisions, p(TM) + p(TN), and minimizes the probabilities of incorrect decisions, p(FN) + p(FM). In addition, validity coefficient will also be considered in order to choose the best optimal cutting score.

10.4.2 Validity Coefficient

Validity coefficient is an alternative factor to consider the optimal cutting score. The cutting score which has the highest coefficient will yield the highest probability of correct decisions. The validity coefficient is the Pearson correlation between the two dichotomous variables (phi coefficient, $Ø_{vc}$) and can be computed by using the formula as following:

$$Ø_{vc} = \frac{P(TM) - BR(SR)}{\sqrt{BR(1-BR)\ SR(1-SR)}}$$

The formula show that the maximum value of the coefficient will be reached ($Ø_{vc}$ = 1.00) only when BR is equal to SR. In summary, the optimal cutting score is the score that has the lowest p(FM) + p(FN), the highest p(TM) + p(TN) and the highest $Ø_{vc}$.

In conclusion, this study was inspired by surveying Thai high school students' alternative conceptions on chemical bonding and influenced by the results of previous studies of those conceptions. The literature review which contains several topics: a constructivist view of learning, conceptions, conceptual change, students' alternative conceptions, the 5Es instructional model, elicitation strategy, and the concept of metacognition followed by science process skills, students' attitudes toward chemistry and educational assessment. These provided the theoretical and methodological framework to do research on developing the learning units to improve high school students' concepts of chemical bonding, metacognitive ability, science process skills, and attitudes toward chemistry.

CHAPTER THREE

METHODOLOGY

This chapter reports on the processes for developing learning units incorporated with elicitation strategy concerning chemical bonding concepts for high school students in Thailand. These following processes of the developed learning units are chronologically described:

1. Research Participants
2. Materials for the Study
3. Research Methodology
4. Roles of Individuals
5. Statistical Analysis

1. Research Participants

The research participants in this study included: (1) a researcher, (2) two chemistry teachers, and (3) high school students.

1. The researcher developed the learning units, research assessments, and conducted teacher training in the “teacher preparation” stage. During the preparatory stage and confirmatory stage, the researcher was an observer of the instructional process in the classrooms and collaborated with teachers to give feedback to students to improve their learning just in case the teachers had not understood fully how to give the feedback.

2. Participating teachers consisted of 2 chemistry teachers who had experience in teaching chemistry to high school students for at least ten years. One from Singburi School in Singburi province had been prepared for a good understanding of the learning units and roles of teachers; then, she taught students by using the developed learning units in preparatory stage (the first semester of 2552 B.E. academic year). The other from Banmi Wittaya School in Lopburi province had been prepared in the same way; then, she taught students by using the learning units in confirmatory stage (the second semester in the same academic year).

3. Participating students were high school students from Singburi School and Banmi Wittaya School. During the preparatory stage, a class of 32 participating students from Singburi School was taught by participating teachers (the first semester of 2552 B.E. academic year). During the confirmatory stage, a class of 36 participating students from Banmi Wittaya School was treated (the second semester in the same academic year).

2. Materials for the Study

Materials for this study are categorized into 2 parts as follows:

2.1 Learning units included learning activities on the concepts of chemical bonding based on the incorporation of elicitation strategy.

2.2 Research instruments for collecting data included both quantitative and qualitative instruments as follows:

2.2.1 An assessment of scientific concept concerning the concept of chemical bonding by using a test of chemical bonding concept.

2.2.2 An assessment of metacognitive ability by using metacognitive inventory.

2.2.3 An assessment of science process skills by using science process skills test.

2.2.4 An assessment of attitudes toward chemistry by using attitudes toward chemistry questionnaire.

2.2.5 Teachers' opinion towards the learning units questionnaire.

2.2.6 Students' opinion towards the learning units questionnaire.

3. Research Methodology

The learning units which incorporated elicitation strategy in the context of chemical bonding consisted of 2 main stages including preparatory and confirmatory stage. The two stages are described as follows (TABLE 6):

Stage 1: Preparatory stage. This stage involved: (1) Identifying students' alternative concepts concerning the concepts of chemical bonding. This process included both reviewed literature and surveyed 64 Thai high school students' alternative conceptions

by using open-ended test. The students' responses then were used as a clue to develop the learning units; (2) defining the learning objectives of the learning units. The intended learning objectives included concepts of the students concerning chemical bonding, metacognitive ability, process skills, and positive attitudes toward chemistry; (3) developing the learning units and the research instruments. The developed learning units incorporated with elicitation strategy included Teacher Guide Book and Student Book; (4) field trialing the learning units. The learning units were fully trial to a class of 36 participating students from Singburi School (the first semester of 2552 B.C. academic year) in order to investigate if they work; and, (5) revising the learning units based on information from the field trial study before using in the next stage.

Stage 2: Confirmatory stage. This stage was related to: (1) preparing teacher in terms of a good understanding of the learning units; (2) Informing participating teacher and student individual about their role before the learning units were implemented; (3) implementing the learning units to a class of 32 participating students from Banmi Wittaya School (the second semester of 2552 B.C. academic year). Before involvement in the learning units, the students were administered a pre-test as a means of measuring the dependent variables. Then, the full implementation of the learning units was undertaken. Finally, the post-test was administered to this class to make a final measurement of the dependent variables post-implementation; (4) collecting data from the implementation. The gathered quantitative data included scores of the students from concept test concerning the concepts of chemical bonding, metacognitive inventory, science process skill test, and attitudes toward chemistry questionnaire. Moreover, qualitative data included teachers' and students' opinion toward the learning units; and, (5) analyzing the quantitative data to test the research hypotheses. The analysis can be done by comparing a post-test mean score to its cutting score. In addition, a mean score of students' attitudes toward chemistry was compared to the criterion score.

TABLE 6 THE STAGES OF THE LEARNING UNITS DEVELOPMENT

	Defining alternative concepts	Development		Field trial study	Revising the learning units
		Learning Units	Research Instruments		
Preparatory	Defining the areas of problematic concepts from both reviewed literature and surveyed students' concepts.	Developing a learning unit draft which incorporated with elicitation strategy. The learning units consisted of Teacher Guided Book and Student Book.	Developing research instruments for collecting data. The instruments consisted of: chemical bonding concept test, metacognitive inventory, science process skill test, and attitudes questionnaire.	Preparing a teacher in terms of a good understanding the learning units. Then, the learning units were thoroughly trial to a class of 32 students.	Collecting data from the field trial on these following areas: (1) concepts of chemical bonding, (2) metacognitive ability, (3) science process skills, and (4) attitudes toward chemistry. Then, revision of the learning units based on the above information was performed.
	Teacher preparation	**Main study**	**Data collection**	**Data analysis**	**Documentation**
Confirmatory	Preparing a teacher in terms of well understanding the learning units by setting informal meeting between the teacher and the researcher. Also, Teacher's Guide Book and Student Book were discussed during this meeting.	The participating teachers taught a class of 36 students following the learning units. Students' responses on elicitation activities were used as a key to extend and make the learning units to be more flexible.	Quantitative data was collected from scores of the students from pre- and post test. Qualitative data was gathered from: (1) a process of formative assessment: elicitation, interpretation, and taking action done by the teacher , and (2) teacher's and students' opinion toward the learning units	Quantitative data collected from the students was analyzed by statistical method to test research hypothesis. Qualitative data from student's and teacher's opinion was used in discussion part to support a result of this study.	The researcher summarized the results of a research finding. Conclusion whether 4 research hypotheses were supported. Discussion about this research finding agrees or disagrees with other studies and recommendation for classroom practice, school administration, professional development, and future study.

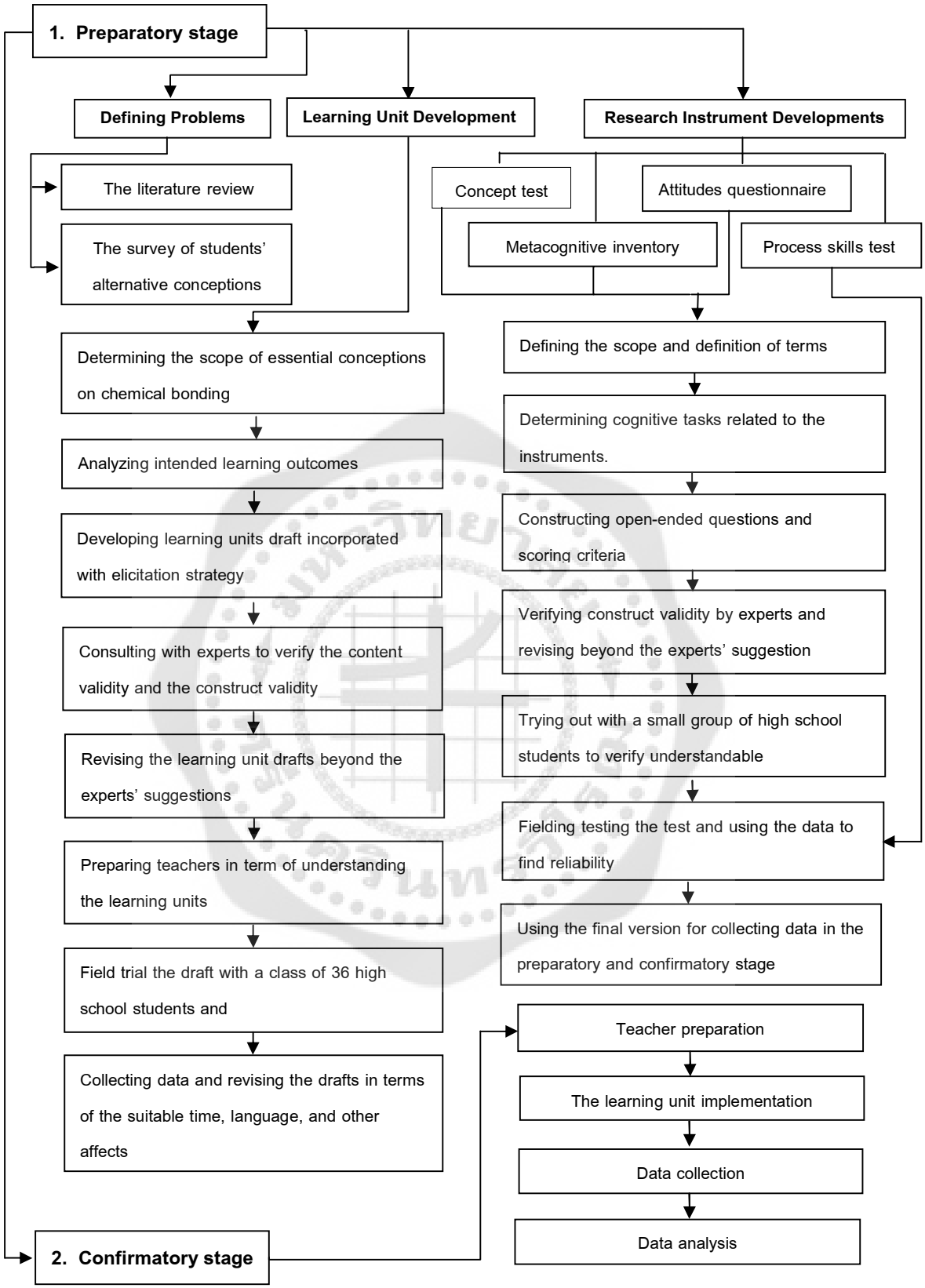


FIGURE 7 THE PROCESSES OF THE LEARNING UNIT DEVELOPMENT

3.1 Stage 1: Preparatory Stage

The preparatory stage consisted of 4 sub-stages which included: (1) defining alternative concepts of students concerning the concepts of chemical bonding, (2) developing the learning units, (3) developing research instruments for collecting data, (4) field trial study, and (5) revising the learning units. The descriptions of each sub-stage are illustrated as follows:

3.1.1. Defining alternative concepts of students

Alternative concepts of Thai high students concerning the concepts of chemical bonding gained from a survey. The survey was conducted by the researcher and students' responses on the survey were used as evidence that Thai students had held alternative concepts concerning chemical bonding. Then, the alternative concepts of students were grouped under main topics followed a concept flow of a *Chemistry Teacher Handbook* (IPST. 2001: 69-77) and these provided ways to develop the learning unit draft which was relevant to address those alternative concepts. Also, the alternative concepts of each topic were used as a hallmark: (1) to ask students about their ideas through a process of elicitation, and (2) to build upon responses of the students from elicitation activity for helping them to develop scientific conceptions throughout the instructional process.

3.1.2. Developing the learning units

The processes of a learning unit development are as follows:

1. The scope of chemistry content and general learning outcomes were determined following standards of Thailand's Basic Education Curriculum, B.E. 2544 (Ministry of Education. 2001). Chemistry is presented in a sub-strand 3 "Matters and Properties of Matters." Chemical bonding in particular is described in standard science 3.1. The detail of standard science 3.1 is illustrated as follows:

> Standard Sc 3.1: The student should be able to understand properties of matters, relationship between properties and structures and forces among particles, have skills in investigative processes and possess a scientific mind, communicate acquired knowledge and make positive applications of knowledge.

The general learning objectives: Students at grades 10-12 should be able to investigate, analyze data, discuss and explain chemical bond formation in the molecule or in crystal structure, relationship between properties of substances, e.g., boiling point, melting point, and state and binding forces between particles of each substance.

2. Analyzing specific learning objectives focusing on the concepts of chemical bonding and science process skills.

3. Analyzing problematic issue concerning alternative concepts of students. As stated earlier, the alternative concepts of the students derived from the literature review and the survey of 64 Thai high school students including boys and girls. The analysis of conceptual problems and pedagogical concerns were also used as a basis for reflection on problems of a current instruction. Outcomes from analysis of particular conceptual problems of the students included: (1) a specification of the ideas to be taught, (2) an analysis of some conceptual problems students had encountered, and (3) a critique of current pedagogical strategies (Driver. 1988: 140). Elicitation strategy then was designed to be incorporated into each phase of the 5Es instructional model to build upon these conceptual problems.

4. Developing a learning unit draft. The draft was classified to be a Teacher Guided Book and Student Book. These books had basically the same necessary information including: (1) learning outline, (2) topics, (3) time usage, (4) intended learning objectives, (5) chemical bonding content, (6) learning activities, (7) elicitation activities, (8) chapter exercises, and (9) blank page for reflecting what concept was changed. Furthermore the Teacher Guide Book contains additional relevant information on: (1) chapter reviews, (2) ways to perform a planned formative assessment, (3) answers key for the chapter exercises, and (4) description for each activity and laboratory.

5. Determining the quality of the learning units. The learning units were verified by 3 experts in these areas: (1) appropriateness of the Teacher Guide Book, (2) appropriateness of the Student Book, and (3) consistency of the learning units. Then, the learning units were revised as suggested by the experts.

6. Field trial study with a class of 36 participating students from Singburi School to investigate the suitability of time, language used and other factors. The learning units then were improved according to the field trial information.

3.1.3 Developing research instruments

Research instruments for collecting data in this study includes: (1) chemical bonding concept test, (2) metacognitive inventory, (3) science process skill test, and (4) attitudes toward chemistry questionnaire. A process of developing each research instrument is described as follows.

3.1.3.1 Chemical Bonding Concept Test

Chemical bonding concept test was developed by the researcher to determine concepts of high school students concerning chemical bonding. The test used a two-tier format which consisted of 12 main items and 32 sub-items. The first tier consisted of a content question having 2 to 4 selected choices and the second tier contained the open-ended format which allowed the students to give their possible reasons for the first tier answer. The processes of the development are illustrated as follows:

1. Determining content areas of chemical bonding concepts. This content areas was based mostly on a list of propositional knowledge appeared in *Chemistry Textbook Volume 1* (teacher handbook) of the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, Thailand (IPST) (B.E. 2544: 69-77).

2. Constructing open-ended questions. The open-ended questions covered main ideas that had appeared on the teacher handbook of chemistry textbook.

3. Verifying the content validity. The test verified the content validity between the target concepts and the item test by 5 experts. The test was then improved following the experts' suggestions. The index of consistency (IOC) was used for determining a content validity.

4. Surveying alternative concepts of high school students to fulfill scoring criteria. The open-ended test was administered to 2 classes of 64 high school students from Singburi School, Singburi province (the second semester of 2551 B.E. academic year) who were not the target group. Response combinations between the first and second tier provided data about alternative concepts of the students. The responses of the students were classified to be: (1) *complete concepts* when the students had selected a correct answer for the first tier and also explained their reason to support answer correctly; (2) *incomplete concepts* were determined when the students had chosen an correct answer without given reason for the second tier; (3) *alternative concepts* were established when the students had chosen an incorrect answer for the first tier and/or given an incorrect reason for the second tier. The responses of students were notified to be the alternative concepts when there was at least 7 percent of students' response; and (4) *no concepts* were specified when the students selected an incorrect answer without given reason for the second tier.

5. Revising test items and scoring criteria. After testing with high school students, if an item of the test was still found to be a problem, it was then revised. And, some responses of those students were selected to be an example within the scoring criteria.

6. Examining and identifying the reliability of the test. The test was administered to: (1) 2 class of 70 high school students from Singburi School, Singburi province, and (2) a class of 45 high school students from Chaibadan Wittaya School, Lopburi province, (the first semester of 2552 B.E. academic year). Subsequently, scores of those students were used for testing item discrimination (r) using the upper and lower 27% of the sample group technique. Cronbach's alpha coefficient was used for indicating the reliability of this test.

3.1.3.2 Metacognitive Inventory

Metacognitive inventory was also developed by the researcher. This inventory was developed which intended to measure metacognitive ability of students. The students were expected to link their cognitive knowledge and their metacognitive knowledge in term of increasing a status of being awareness as learners who took responsibility for their own learning. The developed metacognitive inventory consisted totally of 3 cognitive tasks in the context of chemical bonding. Two tasks were design to assess metacogntive knowledge (or knowledge of cognition), and the other was created to measure metacognitive control (or regulate of cognition). The process of the inventory construction is described as follows:

1. Identifying the definition of terms used in this study. Metacognition meant an ability to explicitly think about ideas or concepts one held. Metacognition consisted of *metacognitive knowledge* and *metacognitive control*. *Metacognitive knowledge* included: (1) declarative knowledge, (2) procedural knowledge and (3) conditional knowledge. M*etacognitive control* means where students monitor, control, and regulate their cognition and learning including: (1) planning, (2) monitoring, and (3) evaluating.

2. Determining cognitive task and metacognitive behavior objectives. According to Gunstone (1994: 145), assessment of metacognition required appropriate content contexts for achieving metacognitive purposes. The researcher stressed that the context should be neither already understand nor totally unfamiliar. Therefore, in this study, students would be introduced to the types of items on the inventory which were neither too easy nor too difficult for them to understand. The cognitive tasks related to concepts of chemical bonding. The students were expected to use given information to connect what they had learned, what they had currently understand, what they had already known, and what else they had not known in order to link the new information into their current understanding.

3. Constructing open-ended questions and scoring criteria. The inventory consisted of totally 3 tasks in the context of chemical bonding. The tasks allowed student to see and be able to build on an existing conceptual understanding on those chemical bonding concepts and their approach to complete the task. If students reflected relevantly among: (1) a purpose of the task, (2) their weakness or strengthens

related to that task (*e.g., what do they already know, what don't they know, how far are they from their goal, and what should they do next to reach their goal*), and (3) their particular strategy to complete that task, they then were considered as a learner who has a metacognitive knowledge. Scoring criteria used for determining the metacognitive ability of the students depended on definition of a 'correct' metacognitive ability. For instance, understanding how a given task related to a particular topic, or what strategy was needed to complete this kind of tasks may reflect development of metacognitive ability. Level of metacognitive ability was classified to 3 levels; therefore, a possible score of each question ranged from 0-2.

4. Verifying the face validity by experts. The face validity of the inventory was verified by 3 experts. Domain considerations for the expert included: (1) the consistency between an objective and a question of that item, (2) the correctness of clearly communicating language, (3) the correctness of ways to answer a question, and (4) the suitability of scoring criteria for each item. Results of the expert judgment were determined in term of an index of consistency (IOC). The test was then improved following the experts' suggestions.

5. Trying out with high school students to verify understandable language. A small group of high school students, who were not a target group, proof read and criticized the inventory; then, the inventory was revised in order to be better understood.

6. Field testing the inventory. The inventory was examined with 2 classes of 62 high school students from Princess Chulabhorn's College, Lopburi. Some responses from these students were put in scoring criteria to be used as an example of answers for each item. Scores of the students from this examination were used for computing a reliability of Cronbach's alpha coefficient.

7. Analyzing data. Students' responses to each item were scored by ranging from 0-2 marks. In the event that students responded in an unclear or confused way, an informal interview would be conducted to complete the inventory.

3.1.3.3 Science Process Skills Test

Science process skills of students were measured by using the Test of Integrated Process Skills II (TIPS II). The TIPS II was originally developed by Burns; et.al. (1985). The test was in a form of paper-and-pencil and composed of 36 selected choice with 4 options. Originally, the test was administered to middle and high school students in the Northeastern United States and the 36-item test was completed in a normal class period. Results of test development at the beginning were: (1) a mean score of 19.14 (N= 459 grades 7 to 12), (2) Cronbach's alpha reliability of 0.86, (3) an average item difficulty of 0.53, and (4) a discrimination index of 0.35. The completed version consisted of 5 aspects concerning integrated science process skills which composed of: (1) defining operation (12 items), (2) formulating hypotheses (9 items), (3) graph interpretation (6 items), (4) operationally defining (6 items), and (5) designing investigation (3 items).

This research study, with the exception of the *graph interpretation aspect*, used the other four aspects of integrated science process skills. The aspect of graph interpretation was eliminated because these learning units had not contained learning activity in improving skills of this area; therefore, only 30-item test was then translated to Thai language and improved to be more appropriate language by the supervisor. The test was administered with a 151 Thai high school students from Nong-Sang Wittaya, Saraburi province. Students' responses were scored individually by marking +1 for a right answer and 0 for a wrong one. Scores of these students were consequently used for calculating a reliability of the test, item difficulty and discrimination index.

3.1.3.4 Attitudes toward Chemistry Questionnaire

Attitudes toward chemistry questionnaire was developed in a form of five-point Likert scale, which consisted of a number of opinions statements. Each statement reflected the feeling of a student as either a favorable or an unfavorable reaction to chemistry. The processes of developing attitude toward chemistry questionnaire are detailed as follows:

1. Defining the definition of attitude toward chemistry. In this study, an attitude object is chemistry. The chemistry was defined based on the study done by Dalgety; et.al. (2003: 653) whose work referred chemistry to be *chemistry culture* which included: (1) chemistry theory, (2) chemistry laboratory, and (3) values influencing behavior and the belief systems of individuals.

2. Constructing statements which reflected positive or negative feeling toward chemistry. The constructed statements were categorized to 4 aspects including: (1) the importance of chemistry in their life, (2) the easy-difficulty perspective, (3) the interest of chemistry course, and (4) the usefulness of chemistry course for further career. Nonetheless, some items were selected and adjusted from the previous study. For instance, statement 5 was selected and adapted from the study done by Menis (1989: 189-190). Besides that, 15 statements came from the study done by Salta; & Taougraki (2004: 545-546) which were statements 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 13, 14, 16, 19, 26, 29, 31, 32. However, the statement 2, 6, 7, and 16 were changed a little bit from the original source to be easier to understand for Thai students. The remaining statements were created by the researcher to complete the questionnaire. All statements were constructed by avoiding referred to the past experience. Then, all statements were randomly placed within the questionnaire. Totally 40 statements with 10 statements of each category, and 20 statements were considered to be favorable toward chemistry and 20 unfavorable toward chemistry.

3. Verifying face validity by 3 experts. The experts verified the face validity between the purpose of each category and each statement. Then, it was improved following the experts' suggestions.

4. Trailing with a few students for comprehension. The questionnaire was verified an understandable language by a small group of high school students who were not target group. The questionnaire then was revised to be better understood.

5. Field testing the questionnaire. The questionnaire was administered to a 4 class of 132 high school students. The 2 classes of 70 high school students from Singburi School, Singburi province and the other 2 class of 62 high school

students from Princess Chulabhorn's College, Lopburi province. Students' responses to the questionnaire were used for computing Cronbach's alpha coefficient.

6. Analyzing data. Students' attitude toward chemistry determined by the attitude questionnaire. The questionnaire contained 10 statements of each category and a total number of 40 statements. All statements used a five-point Likert scale ranging from 'strongly agree' to 'strongly disagree.' The favorable statements were scored from 1 to 5 and the unfavorable statements were scored in the reverse order.

3.1.4. Field Trial Study

After having been verified for appropriateness and a consistency by experts, then the learning units were taught with a class of 36 high school students by a participating teacher from Singburi School in the first semester of 2552 B.E. academic year. Before teaching, the teacher was prepared in term of well understanding about how to implement the learning units via an informal meeting. The meeting between the teacher and the research took place 3 times from August to September in 2552 B.E. academic year and it took approximately 2 hours for each. After the teacher's preparation was finished, the teacher then taught students by using the learning units as a field trial study from September to October in the same academic year.

During the field trial study, quantitative and qualitative data were collected. The quantitative data included scores of the students from: (1) chemical bonding concept test, (2) metacognitive inventory, (3) science process skill test, and (4) attitudes toward chemistry questionnaire. The above scores were collected before and after an instruction except for the attitudes of the students were gathered after the instruction. These scores then were analyzed by statistical method. In addition, qualitative data were collected from: (1) during a process of planned formative assessment, and (2) teacher's and student's opinion toward the learning unit form. The formative assessment data included (1) ways that the teacher interpreted students' responses on elicitation strategy, (2) ways that teachers gave feedback, and (3) ways that the students reacted with that feedback. In case that the teacher had not well understood how to interpret and take action, the teacher

might collaborate with the researcher to do that process. Furthermore, other problematic issues that happened during the instruction were used to revise the learning units to improve them further before they were implemented in the main study.

3.1.5 Revising the learning units

A final phase of the learning unit development involved a revision. All information from field trial study, a classroom observation, and suggestion from the teacher were used to make the revision to the learning units. If some activities had to be adjusted, the learning units then were revised accordingly. After the revision had been completed, an actual implementation of the learning units was ready for use in a confirmatory stage.

3.2 Stage 2: Confirmatory Stage

A confirmatory stage is reported here and involved: (1) teacher preparation, (2) implementation learning units as a main study, and (3) data collection. Descriptions of each are illustrated as follows:

3.2.1. Teacher Preparation

A teacher is responsible for establishing a classroom climate in order to facilitate student learning. Hewson (1996: 137-138) stated that the teacher can make a good learning process to support learning scientific concepts by: (1) setting appropriate context and activity, (2) posing relevance problems, (3) exploring what underlies different students' ideas, (4) finding ways to help the students become satisfied with scientific conceptions, (5) introducing tasks to acquired scientific concepts, and (6) assigning the student to discuss their ideas explicitly. In sum, the role of teachers is valued in the instructional process; therefore, a well prepared teacher in term of understanding the learning units before implemented was important. To do so, the researcher arranged an informal meeting between the participating teacher from Banmi Wittaya School, Lopburi province and the researcher. To provide a deeper understanding of the learning units, the

meeting took place at Banmi Wittaya School where the learning units were to be implemented. There were 3 meetings and each was 2-3 hours long. To assure that the teacher knew what to do and how to do formative assessment, contents in the Teacher Guide Book and the Student Book and past experiences from the field trial study were covered in this discussion.

3.2.2. Implementing the learning units

The procedure for implementing the learning units was basically the same as that in the field trial study. The implementation took place to a class of 32 participating students of Banmi Wittaya School from December to February (the second semester of 2552 B.E. academic year). The students were administered a pre-test as a mean of measuring dependent variables before the learning units were implemented. Next, the learning units were implemented with this class. Finally, a post-test was administered to the students to provide a final measurement of those dependent variables post-implementation. The effects of the experimental treatment in terms of concepts of the students concerning chemical bonding, metacognitive ability, and science process skills were determined by comparing their post-test mean scores with the cutting scores. In addition, attitudes toward chemistry mean score were computed and reported.

3.2.3 Collecting data

During the learning unit implementation to a classroom of 32 participating students from Banmi Wittaya School, quantitative and qualitative data were collected. Quantitative data were gained from: (1) chemical bonding concept test, (2) metacognitive inventory, (3) science process skill test, and (4) attitudes toward chemistry questionnaire. Students' scores of dependent variables from pre-tests and post-tests were collected and computed. Effects of the experimental treatment were determined by comparing those post-test mean scores and their cutting scores. Furthermore, qualitative data were collected the same as for the field trial study. Also, the participating teacher and students were asked to express their opinions toward the learning units through a

questionnaire. This questionnaire was developed in a written form to gain necessary information from participants who had a directly experience in this course.

4. Role of Individuals

Three groups of people including: (1) the researcher, (2) teachers, and (3) students are involved in this study. Roles of each are summarized as follows.

4.1 The Researcher

The researcher developed the learning units which incorporated specific elicitation strategy in the context of chemical bonding. Before a field trial study or a main study, the researcher had collaborated with participating teachers in an informal meeting to prepare the teachers in terms of a good understanding of the learning units. During the preparatory stage and confirmatory stage, the researcher was an observer and might cooperate with those teachers to interpret concepts of the students in the event that the teachers did not understand fully how to interpret and give feedback; or the teachers had not enough time to do so.

4.2 The Participating Teacher

During an instructional process, a teacher played a vital role in doing planned formative assessment. The planned formative assessment was adapted from the study done by Bell; & Cowie (2001: 84) whose planned formative assessment contained 3 phases including: (1) elicitation, (2) interpretation, and (3) taking action. In this study, elicitation was done by using elicitation activities which were designed by the researcher. The activities were incorporated into the learning units and used to gain information on concepts of the students concerning chemical bonding. Elicitation took place at the beginning, during, and at the end of the instruction. After the elicitation, those concepts of the students were interpreted base on a science criterion-referenced. The science criterion-referenced was an answer of whether the students learned and understood science that the

teachers had intended them to learn. After the interpretation, the teachers took action on those on-going concepts of the students to bring them to reach a learning goal. The goal could be achieved by a teacher action. The action could be done by giving feedback to the students. The good feedback was based on science-referenced. That is, the teachers acted on the student understandings towards those of scientists by addressing students' alternative concepts or pointed a gap between a cognitive goal and how to reach that goal.

4.3 The Participating Students

TABLE 7 THE ROLES OF THE PARTICIPATING STUDENTS

Role of the participating students	
consistent with the learning units	**inconsistent with the learning units**
Engagement + Elicitation	
1. Asking question, such as: Why did this happen? 2. Showing interest in the topic 3. Generating preconception or belief about the topic 4. Being aware of their preconception about the topic	1. Asking for the "right" answer 2. Offering the "right" answer 3. Insisting on answer or explanations 4. Seeking one solution
Exploration + Elicitation	
1. Thinking freely, but within the limits of the activity 2. Testing predictions and hypotheses 3. Forming new predictions and hypotheses 4. Trying alternatives and discusses them with others 5. Recording observations and ideas 6. Writing down the current understanding on the topic	1. Letting others do the activity (passive involvement) 2. Working quietly with little or no interaction with others 3. Playing around indiscriminately with no goal in mind
Explanation+ Elicitation	
1. Explaining possible solutions or answers to others 2. Listening critically to another students explanations 3. Questioning other explanations 4. Using recorded observations in scientific explanations 5. Writing down the ideas about the conceptions 6. Being aware of their own and other explanations	1. Processing explanations from thin air no relationship to previous experiences 2. Bringing up irrelevant experiences 3. Accepting explanations without justification 4. Having no attention to other plausible explanations

TABLE 7 (Continued)

Role of the participating students	
consistent with the learning units	**inconsistent with the learning units**
Elaboration	
1. Applying new labels, definitions, explanations, and skills in new, but similar, situations 2. Using previous information to ask questions, propose answer, make decisions and explanations 3. Checking for understanding among peers	1. Playing around with no goal in mind 2. Ignoring previous information or evidence 3. Drawing conclusions from thin air 4. Using in discussions only those labels that the teacher provided
Evaluation + Elicitation	
1. Answering open-ended questions by using observations, evidence, and accepted explanations 2. Demonstrating an understanding of the concept 3. Evaluating his or her own progress and knowledge 4. Asking related questions that encourage future investigations 5. Being aware of their own changed concepts during learning period	1. Drawing conclusions, not using evidence or previously accepted explanations 2. Offering only yes-or-no answers, memorized definitions or explanations as answers 3. Failing to express satisfactory explanations in his or her own words 4. Introducing new, irrelevant topics

5. Statistical Analysis

Statistics involve in this study including: (1) basic statistic for assessing research instruments, and (2) statistic for testing research hypotheses. The formula for each and how to deal with it are described as follows.

5.1 Basic Statistic for Developing Research Instruments

A basic statistic for developing research instruments consisted of: (1) validity, (2) reliability, (3) discrimination index, and (4) difficulty index. Explanation of each is summarized as follows.

5.1.1 Validity

Content and face validity: The index of consistency (IOC) was employed to examine content validity of the chemical bonding concept test and the learning

units. Also, IOC used to examine a face validity of the metacognitive interventory and the attitudes toward chemistry questionnaire. The 3 levels of rating scales were weighed by experts as follows:

Consistent was weight as +1
Unsure was weight as 0
Inconsistent was weight as – 1

The formula used to calculate the IOC was

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

Where; IOC - the index of consistency
$\sum R$ - summation of expert' opinion marks
N - a number of experts

5.1.2 Reliability

Reliability of the chemical bonding concept test, the metacognitive awareness inventory, science process skill test, and the attitudes toward chemistry questionnaire were examined by Cronbach's alpha coefficient. SPSS program provided a measurement of internal consistency (reliability) of the test items.

5.1.3 Discrimination Index (r)

Discrimination index of items on the chemical bonding concept test, the metacognitive awareness inventory, and science process skill test were offered by statistic formula as follows:

$$r = \frac{S_U - S_L}{N(X_{max} - X_{min})}$$

Where; r - discrimination index
S_U - the score summation in the upper group of each item

S_L - the score summation in the lower group of each item

N - the total number of student in the upper group and the lower group

X_{max} - the students' highest score of each item

X_{min} - the students' lowest score of each item

5.1.4 Difficulty Index

Difficulty index of the science process skill test were analyzed by statistic formula as follows.

$$p = \frac{R}{N}$$

Where;

p - difficulty index

R - the number of students who answered the item correctly

N - the total number of students who administered the item

5.2 Statistic for Testing Research Hypotheses

This research stated 4 hypotheses related to testing students' learning outcomes after experiencing the learning units. Methods for testing each research hypothesis are summarized as follows.

5.2.1 Statistic for Testing Hypotheses One to Three

To investigate the effectiveness of the learning units, 3 dependent variables consisting of: (1) concepts of the students concerning chemical bonding, (2) metacognitive ability, and (3) science process skills were analyzed by using their post-test mean scores compare to their cutting score. The cutting score was computed by following Berk's method (1976). The method was to select empirically optimal cutting score for a test based on response data from validation samples of master and nonmaster students. The master score on each test came from results of testing on a post-test score of the

participating students from Singburi School and nonmaster score came from a pre-test score of participating students from Banmi Wittaya school. The effectiveness of the learning unit implementation was analyzed by comparing the post-test score of the participating students from Banmi Wittaya and the cutting score. Two components involved in determination of the optimal cutting score were outcome probabilities and validity coefficient demonstrated as followed:

Maximum probability of correct decisions = P(TM) + P(TN)

Minimum probabilities of incorrect decisions = P(FN) + P(FM)

Validity coefficient

$$Ø_{vc} = \frac{P(TM) - BR(SR)}{\sqrt{BR(1-BR)\ SR(1-SR)}}$$

Where;

$$P(TM) = TM/(M+N)$$

$$P(FM) = FM/(M+N)$$

$$P(TN) = TN/(M+N)$$

$$P(FN) = FN/(M+N)$$

When; $Ø_{vc}$ was a validity coefficient (phi coefficient)

BR was the probability of mastery in population

SR was the probability of predicted master in population

1-BR was the probability of nonmastery in population

1-SR was the probability of predicted nonmastery in population

PM was a frequency of the number of students at or about the cutting score.

PN was a frequency of the number of students below the cutting score.

TM was master students with their scores lie at or above the cutting score

FM was nonmaster student with their scores lie at or above the cutting score

TN was nonmaster students with their scores lie below the cutting score

FN was master students with their scores lie below the cutting score

P(TM) was probability of true master

P(FM) was probability of false master

P(TN) was probability of true nonmaster

P(FN) was probability of false nonmaster

In summary, the optimal cutting score is the score that has the highest maximum probability of correct decision, P(TM) + P(TN), the highest validity coefficient ($Ø_{vc}$), and the lowest minimum probability of incorrect decision, P(FN) + P(FM).

5.2.2 Statistic for Testing Hypothesis Four

Attitudes toward chemistry were analyzed by using basic statistic to find means and standard deviation. A level of students' attitudes toward chemistry was evaluated by comparing mean score from attitudes toward chemistry questionnaire with a criterion score. The criterion score was categorized in 5 levels including: (1) a mean score of 4.51 - 5.00 interpreted as a very high level, (2) a mean score 3.51 - 4.50 interpreted as a high level, (3) a mean score 2.51 - 3.50 interpreted as a medium level, (4) a mean score 1.51 - 2.50 interpreted as a low level, and (5) a mean score 1.00 - 1.50 interpreted as a very low level.

CHAPTER FOUR

RESULTS OF THE STUDY

This chapter reports results of developing and implementing the learning units incorporated with elicitation strategy. The procedure for the development comprised a preparatory and a confirmatory stage. The preparatory stage was related to: (1) defining alternative concepts of students, (2) developing the learning units, (3) developing the research instruments, and (4) a field trial study. The confirmatory stage was related to: (1) implementing the learning units, and (2) obtaining the result in order to test 4 research hypotheses. Results of the preparatory and confirmatory stage are described in term of quantitative and qualitative method. Quantitative method uses statistically calculation and interpretation from a statistic point of view. Qualitative data which came from the teachers' and students' opinions toward the learning units are portrayed as supporting evidence of implementing the learning units.

1. The Preparatory Stage

The preparatory stage was composted of: (1) defining alternative concepts of students, (2) developing the learning units, (3) the development of the research instruments, and (4) the field trial study. The result of each process is described as follows.

1.1 Defining alternative concepts of students

Problematic areas of students' concepts concerning chemical bonding came from a survey of Thai students with the aim of gaining information on the students' alternative concepts. The survey took place with 2 classes of 64 tenth grade students from Singburi School in Singburi province. The students had already learned these concepts and were administered the test in September 2008. The test was completed in approximately an hour. Results of this survey were used as a hallmark to design elicitation activities which were consequently incorporated into the learning units. Also, the results of the survey were used to layout ways of interpreting students' idea and preparing learning

activities. The learning activities were directly built upon these responses of the students in order to help them develop the concepts of chemical bonding throughout the instruction.

1.2 Developing the learning units

The learning units consisted of a Teacher Guide Book and Student Book. A detail of information in these books has been described already in chapter three. The total number of the learning units contained 4 sub-learning units which were: (1) the interaction between particles, (2) ionic substances, (3) molecular substances, and (4) metallic substance. Total learning units consisted of 7 lesson plans. For the first lesson plan, results of analyzed topics, specific learning objectives and ideas for incorporating elicitation activity are presented in TABLE 8.

TABLE 8 INCORPORATING EILICITATION ACTIVITIES INTO THE FIRST LESSON PLAN

Ideas flow of a scientific concept	Specific learning objective
Students should know that: **Topic: The Interaction Between Particles** 1.1 Atoms exist as independent particles in nature and nearly all substances are made up of combinations of atoms that are held together by chemical bond. 1.2 A chemical bond is a mutual electrical attraction between the nuclei and valence electrons of different atoms that binds the atoms together. 1.3 One type of chemical bonding results from the electrical attraction between opposite ions. 1.4 A cation is an atom that has lost electrons. An anion is an atom that has gained electrons.	Student should be able to: 1. Define the interaction between particles, chemical bonding, a positive ion, and a negative ion. 2. Generate the reasons why the number of valence electron in an atom is related to its tendency to gain or lose electrons during compound formation. 3. Describe the formation of positive and negative ions by using octet rule principal. 4. Identify the difference between positive and negative ions. 5. Set a hypothesis, determine experimental variables, do the experiment, decide the table to record data and conclude results from the experiment.

TABLE 8 (Continued)

Ideas flow of target scientific concept	Specific learning objective
1.5 Certain atoms tend to gain, lose, or share electrons to follow the octet rule. 1.6 The octet rule states that chemical compounds tend to form so that each atom has an octet of electrons in its highest occupied energy level.	6. Write down the current understanding on scientific concepts relevant to this topic.

Elicitation activities were incorporated into the first lesson plan with the aim of asking students to express their ideas in a general sense of concepts concerning interaction between particles. For example, Elicitation 1-1 activity asked students to give reasons to explain *why one substance has a high boiling point whereas another has a low boiling point*. After the students expressed their pre-concepts, they performed a laboratory to test conductivity of several substances in an exploration phase. After the laboratory had been done, the students were asked through Elicitation 1-2 activity to predict *whether cane sugar and table salt in solid state and dissolved in water can conduct electricity and explained why*. During the explanation phase, a teacher provided the students with scientific concepts of: (1) interaction between particles, (2) ion formation, and (3) octet rule. Then, the students expressed their current understanding through Elicitation 1-3 activity which asked "*whether when NaCl was dissolved in water and then it became NaCl solution, positive and negative ions would be destroyed."* After that, the students experienced with an elaboration phase in testing ions existing in their solution, and then the students did an assessment activity. After finishing the instructional process, the students had an opportunity to revise their answer, as previously recorded in the earlier Elicitation activities. The Elicitation 1-4 activity asked *whether the students found something needed to be revised; if so, what it was*.

Results of analyzed topics, specific learning objectives and ideas for incorporating an elicitation activity to the second lesson plan are presented in TABLE 9.

TABLE 9 INCORPORATING EILICITATION ACTIVITIES INTO THE SECOND LESSON PLAN

Ideas flow of a scientific concept	Specific learning objective
Students should know that: **Topic: Ionic Bond** 2.1 Particles in ionic compounds are held together by the attraction of oppositely charged ions. Compounds that contain ionic bonds are called “ionic compounds.” 2.2 The formation of an ionic compound requires energy and can be an exothermic or endothermic reaction. 2.3 Ions in an ionic compound are arranged in a repeating pattern known as a crystal lattice. The type of crystal lattice depends on the ratio of the ions involved and size of the ions. 2.4 The chemical formula for an ionic compound called “a formula unit” represents the simplest ratio of the ions involved. The overall charge of a formula unit is zero because the formula unit represents the entire crystal, which is electrically neutral. 2.5 In written names and formulas for ionic compounds, the cation appears first, followed by the anion.	Student should be able to: 1. Describe the ionic formation 2. Describe the solid structure of ionic compound 3. Write empirical formula for ionic compound 4. Compare and contrast a chemical formula for a molecular compound with one for an ionic compound. 5. Relate a formula unit of an ionic compound to its composition 6. Name ionic compound. 7. Write down the current understanding on scientific concepts.

Elicitation 2-1 activity asked students to generate a general sense of ionic compound formation. By linking to a real-world phenomenon, the Elicitation 2-1 activity asked *how coral ($CaCO_3$) is formed*. The answer to this question involved the electron structure of atoms and an attractive force between opposite ions which leaded the students to think about how an ionic substance formed. After expressing their pre-concepts to the Elicitation 2-1 activity, then the students experienced with an exploration phase. This exploration phase allowed the students to do exercises related to formation of ionic compound, and they were asked again about their current understanding of the formation of ionic compound through Elicitation 2-2 activity. This activity allowed the students to make a

connection among: (1) the macroscopic level (the reaction between solid sodium and chlorine gas), (2) the symbolic level (a chemical equation to explain the ionic compound formation), and (3) the microscopic level (a chemical reaction at the molecular level). Then, in the explanatory phase, the students learned the concepts of: (1) ionic bond formation, (2) ionic bond formation in terms of exothermic and endothermic reaction, (3) ionic nomenclature, and (4) ionic crystal structure. After the explanatory phase, the students were asked through Elicitation 2-3 about *providing more examples of an ionic compound in the natural world besides the coral ($CaCO_3$)* example. At the end, Elicitation 2-4 gave the opportunity to the students to check their current concepts and revise those concepts in the previous Elicitation activity with the aim of making those concepts relevant to an accepted scientific concept. Results of analyzed topics, specific learning objectives and ideas for incorporating Elicitation activity to the third lesson plan are presented in TABLE 10.

TABLE 10 INCORPORATING ELICITATION ACTIVITIES INTO THE THIRD LESSON PLAN

Ideas flow of a scientific concept	Specific learning objective
Students should know that:	Student should be able to:
Topic: Properties of Ionic Compound	
3.1 The ions in an ionic compound are held together by attractive forces, so the ionic compound generally has high melting and boiling points. 3.2 Ionic compounds are hard but brittle. 3.3 Ions in solid ionic compound cannot move freely, so the compound is not an electrical conductor. The molten ionic compound is electrical conductors because the ions can move freely to carry electrical current. 3.4 When ionic substances dissolve in water, negative ions and positive ions are separated from each other and become surrounded by water molecules.	1. Generate the general rule of solubility for an ionic compound and describe what is happening when it dissolves in water. 2. Describe what happen in terms of energy changing when an ionic compound dissolved in water. 3. Draw a model in molecular level representation to explain when ionic compound dissolved in water. 4. Predict what happen when two ionic or more ionic solution are mixed together. 5. Generate ionic equation and net ionic equation. 6. Explain physical properties of ionic compound. 7. Explain the condition that ionic compound can conduct an electrical current.

TABLE 10 (Continued)

Ideas flow of a scientific concept	Specific learning objective
Students should know that: **Topic: Properties of Ionic Compound**	Student should be able to:
3.5 The ionic solution consists of ions dispersed among water molecules and the ions are free to move through solution; therefore, the solution is an electrical conductor. 3.6 When two types of ionic solution are mixed together, a new product may be generated.	8. Set related hypothesis, determine experimental variables, do the experiment, decide the table to record data and conclude results from the experiment. 9. Write down the current understanding on scientific concepts.

The third lesson plan allowed students to learn more about properties of an ionic compound. Elicitation 3-1 activity drew out students about an ionic structure by letting them choose the best mental model to represent an ionic compound. Following that, the students underwent an exploration phase. During the exploration phase, the students did an experiment to test: (1) ability of given ionic substances in dissolving in water, and (2) whether those substances were exothermic or endothermic reaction when they were dissolving. After the exploration phase, the students had to express their ideas on Elicitation 3-2 activity. The activity assigned the students to: (1) write a chemical equation for dissolving table salt into water (a symbolic representation), (2) draw their mental model of dissolving that table salt in water (a molecular level), and (3) explain what happened to table salt ions and water molecules when they interact. Following that the students moved onto an explanation phase that provided them the opportunity to learn the concepts underlying the physical properties of ionic compound and the properties of ionic solution. The students then expressed their current understanding in Elicitation 3-3 activity which assigned the students to generate similarities and differences of physical properties for an ionic crystalline compound and an ionic solution. As previous the first and second instructional plans, Elicitation 3-4 assigned students to revise their answer on Elicitation 3-1 to 3-3 to make them understand better their own concepts and aware of their weakness.

Results of analyzed topics, specific learning objectives and ideas for incorporating elicitation activity to the fourth lesson plan are presented in TABLE 11.

TABLE 11 INCORPORATING EILICITATION ACTIVITIES INTO THE FOURTH LESSON PLAN

Ideas flow of a scientific concept	Specific learning objective
Students should know that: **Topic: Covalent Bond** 4.1 A covalent bond between two H atoms forms the H_2 molecule. Each electron in a shared pair is attached to the nuclei of both atoms. 4.2 A covalent bond is formed by the sharing of a pair of electrons between atoms. The atoms in molecules tend to have eight electrons in their valence shells known as the octet rule. 4.3 The ratio of the atoms involved in a covalent bond and the type of covalent bond can be predicted by the octet rule. 4.4 Some molecules cannot satisfy the octet rule. Some groups of molecules have fewer than eight valence electrons, while the others have more than eight. A coordinate covalent bond is formed when both electrons of the bond are donated by one atom. 4.5 Covalent compounds are generally named by using prefixes to indicate how many atoms of each element shown in the formula. The ending of the last element is changed to *–ide.* 4.6 Bond length is the distance between the nuclei and bond energy is average enthalpy need to break bond in a gaseous state. 4.7 Resonance is used in molecules with delocalized bonding because it is not possible to describe appropriately the electrons distribution with a single Lewis formula.	Student should be able to: 1. Explain the formation of a covalent bond between two H atoms in forming the H_2 molecule. 2. Write electron dot formulas for covalent molecules. 3. Draw Lewis structures for covalent compounds. 4. Explain the relationship between the number of valence electrons and how many covalent bonds any atom can form. 5. Identify the basic difference among a single, double, and triple bond 6. Define coordinate covalent bond. 7. Name covalent compounds. 8. Explain the definition of bond length and bond energy. 9. Generate a graph using the bond-dissociation energy data and the bond length data. 10. Calculate total energy change resulted from bond destruction. 11. Calculate total energy change of a chemical reaction by using a table of bond energies and bond length. 12. Draw resonance structures of covalent compound. 13. Write down the current understanding on scientific concepts.

This lesson plan introduced students to the idea of a covalent bond. Elicitation 4-1 activity drew out the students to indicate *the difference of physical or chemical properties between NaCl crystal and gaseous water molecules*. The Elicitation 4-1 activity aimed to make the students go over what they had already learnt and think about the new concepts of another chemical bonding that they had not learnt yet. In an exploration phase, the students used a ball-and-stick model and an assigned worksheet to construct and explain how a covalent bond formed. After that, the students experienced with Elicitation 4-2 activity *which allowed them to select a right answer for a molecular shape of a water molecule and then provide a reason to support that answer*. Following that, the teacher followed the Teacher Guide Book to explain scientific concepts concerning: (1) covalent bond formation, (2) types of covalent bond, (3) Lewis structure for covalent compounds, (4) bond length, (5) bond energy, and (6) resonance structure. Then, the students faced Elicitation 4-3 activity which provided bond dissociation energies for the H-O, O-O, and H-H bonds, and *the students were asked to calculate the amount of total energy needed to break apart a water molecule*. During an elaboration phase, the students practiced more on the bond energy calculation and did more exercises related to it. Finally, Elicitation 4-4 activity provided an opportunity for the students to revise their answer as previously recorded in Elicitation 4-1 to 4-3.

Results of analyzed topics, specific learning objectives and ideas for incorporating elicitation activities for the fifth lesson plan are presented in TABLE 12.

TABLE 12 INCORPORATING EILICITATION ACTIVITIES INTO THE FIFTH LESSON PLAN

Ideas flow of a scientific concept	Specific learning objective
Students should know that: **Topic: Molecular Geometry** 5.1 Shared and unshared electron pairs around the central atom are important in determining the shape of the molecule by using the VSEPR bonding theory.	Student should be able to: 1. Summarize the concepts of the VSEPR theory 2. Predict the shape and bond angle in a covalent molecule. 3. Build the models of covalent compounds and identify their molecular shape.

TABLE 12 (Continued)

Ideas flow of a scientific concept	Specific learning objective
Students should know that: **Topic: Molecular Geometry** 5.2 The VSEPR theory states that repulsion between the set of valence-level electrons surrounding an atom causes these sets to be oriented as far apart as possible. 5.3 The absolute value of the difference in electronegativity of two bonded atoms gives a rough measure of the polarity to be expected in a bond. When there is no difference or the difference is small, the bond is nonpolar. When the difference in electronegativity is large, the bond is polar (or if the difference is very large, perhaps ionic). 5.4 Covalently bonded molecules are either polar or nonpolar depending on the location and nature of the covalent bonds in the molecule.	Student should be able to: 4. Describe how electronegativity is used to determined bond character. 5. Identify the difference between a polar covalent bond and a nonpolar covalent bond. 6. Compare and contrast between polar and nonpolar covalent molecules. 7. Compare the structure and properties of polar and nonpolar molecules. 8. Predict if the given covalent molecules are polar, or nonpolar covalent compounds. 9. Set a hypothesis, determine experimental variables, do the experiment, decide the table to record data and conclude results from the experiment. 10. Write down the current understanding on scientific concepts.

The fifth lesson plan provided students with the opportunity to learn about: (1) a molecular shape of a covalent molecule and the scientific theory used to explain that shape, and (2) the electronegativity difference between two bonded atoms. Firstly, Elicitation 5-1 activity asked the students to predict *what happened when CCl_4 and H_2O were mixed together*. In an engagement phase, the students brained storm for an explanation as to why a warning label, which was attached to a container of a commercial product, said that drinking oil or milk followed eating this chemical substance can cause a severe illness. After brain storming, the students performed an experiment to test whether a polar and nonpolar substance dissolved in each other. Following that, Elicitation 5-2 asked students *to: (1) draw a molecular geometry of H_2O and CCl_4 molecules, and (2) generate reasons to support that drawing*. In explanation phase, the students learned through the Student Book

focusing on these following concepts: (1) molecular geometry, (2) VSEPR bonding theory, (3) bond polarity, and (4) molecular polarity. Then, the students were *asked: (1) to draw a molecular geometry of H_2O and CCl_4 molecules again, and (2) to determine whether these molecules were polar*. During the elaboration phase, students shared their ideas and made a ball-and-stick model to explain bond and molecular polarities. Similar to other instructional plans, Elicitation 5-4 provided the students the opportunity to revise their ideas once it was recorded in Elicitation 5-1 to Elicitation 5-3 activities. To be aware of changing understanding, the revision of their answer needed to use a different colored pen because the students could distinguish their on-going understanding before, during, and after learning with the instruction.

Results of analyzed topics, specific learning objectives and ideas for incorporating elicitation activity for the sixth lesson plan are presented in TABLE 13.

TABLE 13 INCORPORATING EILICITATION ACTIVITIES INTO THE SIXTH LESSON PLAN

Ideas flow of a scientific concept	Specific learning objective
Students should know that:	Student should be able to:
Topic: Covalent Network and Intermolecular forces	
6.1 The force of attraction between molecules is known as intermolecular forces.	1. Define a covalent network solid.
6.2 Intermolecular forces are generally weaker than bonds joining atoms in molecules, ions in ionic compounds, or metal atoms in solid metals.	2. Determine the physical properties of covalent network solid.
6.3 The forces of attraction between polar molecules are known as dipole-dipole forces.	3. Define intermolecular forces.
6.4 The intermolecular attractions resulting from the constant motion of electrons and the creation of instantaneous dipoles are called London dispersion forces.	4. Identify the meaning and describe the difference among dispersion force, dipole-dipole force and hydrogen bond.
	5. Compare the difference between a hydrogen bond and a covalent bond.
	6. Infer how the forces between molecules effect melting and boiling point of covalent compound.

TABLE 13 (Continued)

Ideas flow of a scientific concept	Specific learning objective
Students should know that: **Topic: Covalent Network and Intermolecular forces**	Student should be able to:
6.5 The intermolecular force in which a hydrogen atom that is bonded to a highly electronegative atom is attracted to an unshared pair of electrons of another electronegative atom in a nearby molecule is known as hydrogen bonding. 6.6 Some covalent compounds are composed of atoms interconnected by covalent bond network. These are called covalent network solids.	6. Infer how the forces between molecules effect melting and boiling point of covalent compound. 7. Write down the current understanding on scientific concepts.

The sixth lesson plan introduced students to concepts of: (1) intermolecular forces and (2) covalent network solid. Therefore, Elicitation 6-1 activity engaged the students to think about their preconception of intermolecular forces. The activity asked the students to determine *whether a covalent bond accounted for an obvious difference in boiling points between water and ethanol*. Following that, the students experienced an exploration phase where they constructed ball-and-strict models to build: (1) a methane molecule and (2) a covalent network structure of diamond, and then determined the difference between them. Then, Elicitation 6-2 activity determined the students: *(1) to draw a molecular shape of a water molecule in gas, liquid, and solid states, and (2) to explain a similarity and difference about the intermolecular forces among a water molecule in liquid, solid, and gas states*. Subsequently, the students learned the concepts of intermolecular forces and covalent network solid in an explanation phase. After the explanation phase, the students were asked via Elicitation 6-3 activity to *select an appropriate picture for representing a water molecule in gas state when leaved that water beaker to evaporate.* Finally, Elicitation 6-4 activity provided the students the opportunity to revise their ideas as previously recorded in Elicitation 6-1 to Elicitation 6-3 activity.

Results of analyzed topics, specific learning objectives and ideas for incorporating elicitation activity for the seventh lesson plan are presented in TABLE 14.

TABLE 14 INCORPORATING EILICITATION ACTIVITIES INTO THE SEVENTH LESSON PLAN

Ideas flow of a scientific concept	Specific learning objective
Students should know that: **Topic: Metallic Bonding** 7.1 The chemical bonding that result from the attraction between metal atom cores and the surrounding sea of electrons is called metallic bonding. 7.2 A metallic bond is the attraction between a metallic atom core and its delocalized electrons. 7.3 "The electron sea model" proposes that all the metal atoms in a metallic solid contribute their valence electrons to form a "sea" of electrons. 7.4 The physical properties of metals can be explained by metallic bonding. Generally metals have moderately high melting points and high boiling point. Some metals are malleable or can be hammered into sheets. Other metals are ductile or can be drawn into wire. The movement of mobile electrons around metal atom cores makes metals good conductors.	Student should be able to: 1. Describe the general properties of a metal 2. Describe the characteristics of the electron sea model 3. Detail various physical properties for ionic, covalent, and metallic substances. 4. Compare and contrast naming among metallic, ionic, and covalent substances. 5. Compare and contrast the structures across metallic, ionic, and covalent substances. 6. Write down the current understanding on scientific concepts.

The seventh lesson plan provided students with concepts relating to (1) metallic bonding and (2) the physical properties of metals. To review what the students had learnt, Elicitation 7-1 activity asked the students to *consider 3 substances (silver chloride, copper, and water) and then listed a similarity and difference of the physical or chemical properties among those substances*. During an exploration phase, the students worked in a

group of 4 to generate differences and similarities for many substances; then, they posed their group ideas on a poster and presented them to the class. After that, Elicitation 7-2 activity asked the students to generate their ideas on *what forces were responsible for the difference in the melting and boiling points for those 3 substances*. Then, the students learned the concepts for a metal and its physical properties by following the Student Book. Subsequently, Elicitation 7-3 activity asked the students to determine *whether those 3 given substances were capable of conducting electricity and explained why*. In an elaboration phase, the students practiced exercises related to metallic bonding and the physical properties of metals. Finally, Elicitation 7-4 provided a chance for the students to revise their answers as recorded in the previous Elicitation activity.

In this study, students' incomplete and alternative concepts played an importance role in developing the learning units because those alternative concepts of the students reminded teachers to be aware and avoid leading the students to develop those alternative concepts. In doing so, the Teacher Guided Book also reminded the teachers to do formative assessment including: (1) elicitation using an Elicitation activity, (2) interpretation using an interpretation sheet, and (3) action by giving a feedback to individual student and the entire class. The timeline for implementing the learning units is summarized in TABLE 15.

TABLE 15 TOPICS AND TEACHING PERIODS OF THE LEARNING UNITS

Week	Learning units	Topics	Time (period)*
1	-	Pre-test and introduction of the learning units	3
2	1	Interaction between particles	3
3-4	2	Ionic bond	2
		Physical properties of Ionic compound	3
4-6	3	Covalent bond	2
		Molecular geometry	3
		Covalent Network and Intermolecular forces	2
6-7	4	Metallic bond	2
7	-	Post-test and conclusion of the learning unit implementation	3
		Total	**23**

* 50 minutes per a period

After the learning units had been developed, they were verified with regard to: (1) the appropriateness of the Teacher Guide Book, (2) the appropriateness of the Student Book, and (3) consistency. Three experts assessed the following areas: (1) the consistency between learning objectives and ways to assessment, (2) the correctness of chemical bonding concepts, (3) the suitability of learning activities, (4) the suitability of language usage, and (5) the consistency between the learning units and the instructional model. Results of the verification were present in term of the index of consistency (IOC) (Appendix B). The results indicated that: (1) the IOC of the appropriateness of the Teacher Guide Book ranked from 3.67 to 4.33 interpreted as a high level of appropriateness; (2) the IOC of the appropriateness of the Student Book ranked from 3.67 to 4.33 interpreted as a high level of appropriateness; and (3) all elements under consideration in the learning units were consistent with each other (Appendix B).

1.3 Results of Developing Research Instrument

The research instruments for collecting data in this study includes: (1) chemical bonding concept test, (2) metacognitive inventory, (3) science process skill test, and (4) attitudes toward chemistry questionnaire. Results of developing each instrument is described as follows.

1.3.1 The Chemical Bonding Concept Test

The chemical bonding concept test was used for determining concepts of students concerning chemical bonding. The test used a two-tier format which consisted of 12 main items and 32 sub-items. The first tier consisted of a content question containing 3 or 4 selected answers and the second tier contained an open-ended format in which the students could give possible reasons to support that first tier answer. The scope of content areas concerning chemical bonding concepts (TABLE 16) was based on a list of propositional knowledge from the *Chemistry Teacher Handbook Volume 1* (IPST. 2544: 69-77). After having been constructed, open-ended questions and their scoring criterion were assigned a content validity by following these domain considerations: (1) the consistency

between item objective and its question, (2) the correctness of clearly communication, (3) the correctness of ways to answer the question, (4) the suitability of scoring criteria, and (5) the suitability of judgments on students' concepts concerning chemical bonding. The results of the experts' judgments (IOC) ranked from 0.40 to 1.00. Some areas under this consideration had mean scores less than 0.50; these were improved, based on the suggestions from the experts, before being implemented. Subsequently, the test was administered to 64 high school students from Singburi School to obtain more information and fulfill the scoring criteria. After being revised again following the survey information, the test was administered to 2 classes of 70 high school students from Singburi School and another class of 45 high school students from Chaibadan Wittaya School. Information from this examination was used for calculating item discrimination and the reliability of the test. The item discrimination (r) using the upper and lower 27% of the sample group technique ranked from 0.20 to 0.95 and Cronbach's alpha reliability was .92 (N=115) (APPENDIX C).

TABLE 16 THE AREAS OF ALTERNATIVE CONCEPTION ON THE CONCEPT TEST

Topics	Areas of alternative concepts		Item no.		Total
Ionic Substances	Ionic bond formation	Ionic substance formation	1	1.1	5
		Empirical formula for ionic substances		1.2	
		Ionic bonding formation		1.3	
	Electron configuration	Electron configuration of an atom	2	2.1	
		Electron configuration of an ion		2.2	
		Size of an atom and ion		2.3	
	Ionic solution	Mental model of dissolved ionic substance	3	3.1	
		Ionic solution in molecular level		3.2	
	The conductivity of ionic substances	In solid state	4	4.1	
		In liquid state		4.2	
		Dissolved in water		4.3	
	Octet rule	Calcium atom	5	5.1	
		Do not obey the octet rule		5.2	

TABLE 16 (Continued)

Topics	Areas of alternative concepts		Item no.		Total
Covalent Substances	Covalent bond formation (H-H)	Covalent bonding formation of H-H	6	6.1	5
		Identify where bonding occurs		6.2	
		Name types of bonding		6.3	
		Identify bond energy		6.4	
	Property of water (H_2O)	Components of water	7	7.1	
		Components of water when state changed		7.2	
		Molecular shape of water when state changed		7.3	
	Bonding energy	Identify bond energy	8	8.1	
		Calculate total energy for breaking a bond		8.2	
	Bond and molecular polarity	Molecular shape	9	9.1	
		Bond polarity		9.2	
		Polarity of molecules		9.3	
	Intermolecular force	Intermolecular force	10	10.1	
		Identify types of intermolecular force		10.2	
		Apply the concepts of intermolecular force		10.3	
Metals	Metal model (Fe)	In solid state	11	11.1	2
		In liquid state		11.2	
	Physical property of metal (Fe)	Identify causes of conductivity of metal	12	12.1	
		Conductivity when metal is in different state		12.2	
Total			**12**	**32**	**12**

1.3.2 The Metacognitive Inventory

The metacognitive inventory was used for measuring the metacognitive ability of the students. The inventory consisted of 3 cognitive tasks, and all of them related to chemical bonding. Two cognitive tasks were designed to assess metacogntive knowledge, and 1 cognitive task was created to evaluate metacognitive control. The process for the inventory construction began with: (1) identifying definitions of terms related to metacognitive ability; (2) designing the cognitive tasks and objectives of metacognitive behavior; (3) constructing open-ended questions and scoring criteria. Then, the constructed open-ended questions and scoring criteria were certified as valid by the 3 experts. The experts assessed this validity under following domain: (1) the consistency between item objective and item question, (2) the correctness of clearly communication, (3) the

correctness of ways to answer the question, and (4) suitability of the scoring criteria. Results of the verification indicated that the index of consistency (IOC) ranked from 0.67 to 1.00 (APPENDIX C), and some items were improved followed expert's suggestions. After that, the inventory was administered to 2 classes of 62 high school students from Princess Chulabhorn's College, Lopburi province. Scores from this examination were used for calculating Cronbach's alpha coefficient reliability of the inventory. Results of the calculation showed the reliability was .72.

1.3.3 Retesting on the Test of Integrated Process Skill (TIPS II)

The Test of Integrated Process Skills II (TIPS II) was originally developed by Burns; et.al. (1985) and was used for measuring integrated process skills. The test contained 36 selected items with 4 selected choices. A completed version of the TIPS II consisted of 5 aspects related to: (1) define operation (12 items), (2) formulate hypotheses (9 items), (3) interpret graph (6 items), (4) define operation (6 items), and (5) design investigation (3 items). However, only 4 aspects of the integrated process skills were adopted for use in this study including: (1) defining operation, (2) formulating hypotheses, (3) defining operation, and (4) designing investigation; therefore, total items of the test which was used in this study was 30. After permission had been sought and granted for the use of TIPS II from the author (Appendix G), it was translated and modified to Thai language and adapted into a more suitable language. The test then was used with 151 Thai high students from Nong-Sang Wittaya School, Saraburi province. Result of the examination showed that: (1) Cronbach's alpha coefficient reliability was 0.81, (2) an average item difficulty was 0.49, and (3) an average item discrimination index of 0.47 (N= 151 grades 10 to 12, APPENDIX C). This re-qualified examination with Thai students showed that all items had reached the quality of the test in terms of the item difficulty and discrimination; therefore, the Thai version which contained 30 items was used for collecting data in the field trial study and the confirmatory study.

1.3.4 The Attitude toward Chemistry Questionnaire

Attitudes toward chemistry were measured by using the attitudes toward chemistry questionnaire. The questionnaire included in the first instance 40 constructed statements which reflected either positive or negative feelings toward chemistry in 4 aspects, namely: (1) the importance of chemistry in their life, (2) the easy-difficulty perspective, (3) the interest of chemistry course, and (4) the usefulness of chemistry course for further career. The total of 40 items were verified as validity by 3 experts with one exception. Results of the verification indicated that item 40 should be deleted because its meaning closely related to another statement. That is, the statement 40 stated that "*I won't choose learning chemistry*" whereas there is another statement which stated that "*If it is possible, I won't learn chemistry*." The constructed statements of the attitudes toward chemistry questionnaire are categorized as follows.

TABLE 17 THE ASPECTS OF ATTITUDES TOWARD CHEMISTRY

Aspects of attitudes toward chemistry	Statements	Total
1. The importance of chemistry in daily life	1, 5, 8, 11, 16, 21, 27, 30, 36 and 39	10
2. The easy-difficulty perspective	2, 6, 9, 13, 17, 20, 25, 31, 34 and 37	10
3. The interest of chemistry course	3, 7, 10, 14, 19, 23, 26, 28, 33, and 40*	9
4. The usefulness for further career	4, 12, 15, 18, 22, 24, 29, 32, 35 and 38	10

* was cut according to the experts' suggestion

Totally 39 statements were administered to 4 classes of 132 high school students from 2 schools. The 2 classes of 70 high school students came from Singburi School and the other classes of 62 high school students came from Princess Chulabhorn's College, Lopburi province. And, because 31 students had not completed the questionnaire, only 101 students' responses were analyzed to test the reliability of the questionnaire. The Cronbach's alpha coefficient reliability was .91 (N=101) (APPENDIX C).

1.4 Field Trial Study

The purpose of the field trial study was to fully implement the learning units in order to investigate time suitability, language usage and other factors such as suitable

learning activities. The learning units were implemented in a class of 36 students at Singburi School. This implementation took place from September to October of the first semester of 2552 B.E. academic year. Information resulting from the field trial study was used for improving the learning units. The improvements were as follows.

1. An interpretation sheet should be designed to help the teacher to interpret student's ideas concerning concepts of chemical bonding. The interpretation sheet, as shown in the Teacher Guide Book, determined that the teacher had to interpret students' ideas after the elicitation process based on scientific criteria and classify those ideas as complete, incomplete, alternative, or no conception. Sometimes, students' answers on Elicitation activity were confused and difficult to classify. This was due to a lack of systematic interpretation. Therefore, the interpretation sheet would help the teacher to more easily interpret students' ideas.

2. The first experiment assigned to the students was to measure the conductivity of 13 substances. Equipment which had been designed by a commercial company was used for measuring conductivity. This equipment did not work satisfactorily and it was changed. A volt meter together with a connected electric circuit was then used to measure the conductivity of those substances.

3. Some practice exercises presented in the Student Book were designed to provoke students' comprehension and application. However, the exercise was not conducive to activating metacognitive thinking in the students; therefore, more activities were added to arouse the metacognitive thinking.

4. It was found that some wording which appeared in the Teacher Guide Book and the Student Book needed to be corrected and revised to be understood.

2. The Confirmatory Stage

In this stage, the learning units were implemented to a class of 32 students at Banmi Wittaya School, Lopburi province. The implementation took place from January to February of the second semester of 2552 B.E. academic year. The purpose of the confirmatory stage was to determine whether research hypotheses were supported. This

study stated 4 hypotheses including: (1) scientific concept mean score of the students was higher than the scientific concept cutting score, (2) metacognitive ability mean score of the students was higher than the metacognitive ability cutting score, (3) science process skill mean score of the students was higher than science process skill cutting score, and (4) attitudes toward chemistry mean score of the students was at the high level. The results from testing each of the research hypotheses are described as follows.

2.1 Chemical Bonding Concepts of the students

Results on chemical bonding concepts of the students were presented in 3 parts: (1) gathered data from students' concept score concerning chemical bonding, (2) calculation for the chemical bonding cutting score, and (3) testing the first hypothesis by using inferential statistics comparing the chemical bonding concept score of the students and the cutting score.

2.1.1 The Gathered Data on the Chemical Bonding Concepts

Chemical bonding concept scores of the students were collected by using the chemical bonding concept test. The examination was conducted before and after implementing the learning units. TABLE 18 presents a comparison of the chemical bonding concept score of the students before and after using the learning units.

TABLE 18 THE COMPARISON OF STUDENTS' CHEMICAL BONDING CONCEPTS BEFORE AND AFTER THE INSTRUCTION FROM THE CONFIRMATORY STAGE

Score of chemical bonding concepts	N	Mean	S.D	t
Pre-test mean score	32	10.609	4.019	18.090*
Post-test mean score	32	39.352	10.132	

t(0.05; df 31) = 2.040, p<0.05

The results indicated that the chemical bonding conception mean score of the students after the instruction was higher than before at the 0.05 level of significance. This means that the students who had experience with the learning units had significantly improved their scientific concepts concerning chemical bonding.

2.1.2 The Determination of the Chemical Bonding Cutting Score

The process of determining cutting score followed Burk's method as stated in chapter 3. A cutting score was determined by plotting a frequency curve to show the relationship between chemical bonding concept scores and a frequency of these scores. The frequency data were plotted in 2 ways: (1) the first frequency curve was plotted from the post-test scores of the preparatory stage regarded as scores of master students, and (2) the frequency curve was plotted from the pre-test scores of the confirmatory stage regarded as scores of non-master students. The drawn frequency curve is shown in APPENDIX D. Results of analyzing: (1) the lowest probability of incorrect decisions, (2) the highest probability of correct decisions, and (3) the highest validity coefficient in order to be set as an optimal cutting score are illustrated in TABLE 19.

TABLE 19 RESULTS OF THE CHEMICAL BONDING CUTTING SCORE CALCULATION

Concept	Cutting score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
1. Ionic substance	11	0.12	0.88	0.77
1.1 Ionic bonding formation	1.7	0.18	0.82	0.66
1.2 Electron configuration	2.2	0.19	0.81	0.62
1.3 Ionic solution	1.5	0.38	0.62	0.39
1.4 The conductivity of ionic substances	2.5	0.21	0.79	0.60
1.5 Octet rule	3	0.12	0.88	0.76
2. Covalent substance	9	0.06	0.94	0.89
2.1 Covalent bonding formation	1.5	0.37	0.63	0.31
2.2 Property of water	2.4	0.07	0.93	0.85
2.3 Bonding energy	2.4	0.18	0.82	0.70
2.4 Bond and molecular polarity	1.4	0.26	0.74	0.57
2.5 Intermolecular force	1.6	0.24	0.76	0.57
3. Metallic substance	2.5	0.29	0.71	0.42
3.1 Metal model	0.4	0.25	0.75	0.59
3.2 Physical property of metal	1.8	0.38	0.62	0.24
Overall	20	0.06	0.94	0.88

The cutting score for the entire test was 20 whereas the cutting score for the main concepts of ionic substance, covalent substance, and metal were 11, 9, and 2.5 respectively. Moreover, the cutting scores for the 5 sub-concepts under the ionic substance namely (1) ionic bonding formation, (2) electron configuration, (3) ionic solution, (4) the conductivity of ionic substance, and (5) octet rule under were 1.7, 2.2, 1.5, 2.5, and 3 chronologically. In addition, the cutting score of 5 sub-concepts under the covalent substance namely (1) covalent bonding formation, (2) property of water, (3) bonding energy, (4) bond and molecular polarity, and (5) intermolecular forces were 1.5, 2.4, 2.4, 1.4, and 1.6 respectively. Furthermore, the cutting scores of 2 sub-concepts under the metal concept namely (1) metal model and (2) physical property of metal were 0.4 and 1.8. These optimal cutting scores were subsequently used to test the research hypotheses. The results of the testing are reported in the next section.

2.1.3 The First Research Hypothesis Testing

The first hypothesis stated that students' scientific concept mean score was higher than the scientific concept cutting score. To test this research hypothesis, a comparison between a chemical bonding concept post-test score from the confirmatory stage to the cutting score was processed. Then, one sample t-test statistic method was used for analyzing the results of this comparison. The result of one sample t-test analysis is shown in TABLE 20.

TABLE 20 THE COMPARISON OF THE CHEMICAL BONDING CONCEPT MEAN SCORE TO THE CUTTING SCORE

Concept	N	Cutting score	Mean	S.D	t
1. Ionic bonding formation	32	1.7	3.438	1.523	6.455*
2. Electron configuration	32	2.2	2.828	1.758	2.021
3. Ionic solution	32	1.5	2.625	1.503	4.235*
4. The conductivity of ionic substances	32	2.5	3.219	1.717	2.367*
5. Octet rule	32	3	2.797	1.523	-.754
Ionic substance	32	11	14.906	4.877	4.531*
1. Covalent bonding formation	32	1.5	5.000	2.379	8.321*
2. Property of water	32	2.4	5.070	.765	19.739*

TABLE 20 (Continued)

Concept	N	Cutting score	Mean	S.D	t
3. Bonding energy	32	2.4	2.438	1.098	.193
4. Bond and molecular polarity	32	1.4	4.328	2.306	7.184*
5. Intermolecular force	32	1.6	2.594	1.594	3.528*
Covalent substance	32	9	19.430	5.155	11.444*
1. Metal model	32	0.4	1.578	1.571	4.241*
2. Physical property of metal	32	1.8	3.469	.983	9.601*
Metallic substance	32	2.5	5.047	1.969	7.317*
Overall	32	20	34.336	8.995	9.016*

$t(0.05; df\ 31) = 2.040; p<0.05$

The results indicated that the chemical bonding concept post-test mean score overall was significantly higher than the cutting score at the 0.05 level of significance. Also, the results indicated that the post-test mean scores for all 3 main concepts were significantly greater than the cutting scores at the 0.05 level of significance. These results allow the conclusion to be drawn that the research hypothesis was supported. In other word, the learning units incorporated with elicitation strategy improved the overall chemical bonding concepts of the students and their sub-concepts regarding: (1) ionic substances, (2) covalent substances, and (3) metallic substances.

Furthermore, results of separately tested ionic substance concepts indicated that post-test mean scores of the ionic concepts concerning: (1) the ionic bonding formation, (2) the ionic solution, and (3) the conductivity of ionic substances were significantly greater than the cutting score at the 0.05 level of significance. On the contrary, post-test mean scores of the electron configuration and the octet rule conception were *not* greater than the cutting score. Moreover, the results of separately tested covalent substance concepts indicated that post-test mean scores of covalent concepts concerning: (1) the covalent bonding formation, (2) the property of water, (3) the bond and molecular polarity, and (4) the intermolecular forces were greater than the cutting score at the 0.05 level of significance. But, a post-test mean score for bonding energy concept was *not* greater than the cutting score at the 0.05 level of significance. In addition, the results of separately tested the metal concepts indicated that mean scores from both the metal model

and physical property of metal were significantly greater than the cutting score at the 0.05 level of significance.

In summary, the chemical bonding concepts were classified into 3 main concept areas including ionic substance, covalent substance, and metallic substance. Firstly, when the entire chemical bonding concepts were statistically tested to determine whether the first research hypothesis was supported, the results showed that the first research hypothesis which stated that the students' scientific concept mean score was higher than the cutting score was supported. Therefore, it can be concluded that students' scientific concepts mean score after participating in the learning units incorporated with elicitation strategy improved. Secondly, when the 3 main concepts including: (1) the ionic substance, (2) covalent substance, and (3) metal were separately tested, the results indicated that the research hypothesis was supported. In other word, the learning units did improve to students' scientific concepts. Thirdly, when an analysis took place more deeply on the ionic substance concepts, namely (1) the ionic bonding formation, (2) the electron configuration, (3) the ionic solution, (4) the conductivity of ionic substances, and (5) the octet rule, the results indicated that students' concepts related to the ionic bond formation, the ionic solution and the conductivity of ionic substances improved. However, there is no statistical evidence of students' improved scientific concepts concerning the electron configuration and the octet rule. Fourthly, when deeply analyzing the covalent bond concepts including: (1) the covalent bonding formation, (2) the property of water, (3) the bonding energy, (4) the bond and molecular polarity, and (5) the intermolecular forces, the results found that the students' concepts related to: (1) the covalent bond formation, (2) the property of water, (3) the bond and molecular polarity, and (4) the intermolecular forces were clearly improved after participating in the learning units. In contrast, student's concepts of the bond energy had no statistical evidence of an improvement. Finally, when the metal concept was thoroughly tested, the results indicated that the learning units did improve the students' concepts both the metal model and the physical property of metal.

2.2 Metacognitive Ability of the Students

Results on metacognitive ability of students were presented in 3 parts: (1) gathered data on the metacognitive ability of the students, (2) calculation of metacognitive ability cutting score, and (3) testing the second hypothesis by comparing a mean score of the students and the cutting score.

2.2.1 The Gathered Data on the Students' Metacognitive ability

Scores on metacognitive ability of the students were collected by using the metacognitive inventory. The students administered an examination before and after learning through the learning units. TABLE 21 presents a comparison of the scores on metacognitive ability of the students before and after using the learning units.

TABLE 21 COMPARISON OF STUDENTS' METACOGNITIVE ABILITY BEFORE AND AFTER THE INSTRUCTION FROM THE CONFIRMATORY STAGE

Score on metacognitive ability	N	Mean	S.D	t
Pre-test mean score	32	4.719	2.247	13.671*
Post-test mean score	32	13.156	2.875	

t(0.05; df 31) = 2.040, p<0.05

The results indicated that a mean score on metacognitive ability of the students after the instruction using the learning unit incorporated with elicitation strategy was greater than before at the 0.05 level of significance. This means that the students who had experience with the learning units significantly improved their metacognitive ability.

2.2.2 The Determination of the Metacognitive Ability Cutting Score

The process of determining cutting score was also followed Burk's method. The cutting score was determined by plotting a frequency curve to show relationship between metacognitive ability scores and a frequency of these scores. The frequency data was plotted in two ways: (1) the first frequency curve was plotted from the post-test scores of the preparatory stage which were regarded as scores of master students; and (2) another type was plotted from the pre-test scores of the confirmatory stage which were regarded as scores of non-master students (APPENDIX D). Then, the total metacognitive ability scores and their frequency were used for constructing a plotted graph to find an optimal cutting score. Results of analyzing: (1) the lowest probability of incorrect decisions, (2) the highest probability of correct decisions, and (3) the highest validity coefficient to find the optimal cutting score are illustrated in TABLE 22.

TABLE 22 RESULTS OF THE METACOGNITIVE ABILITY CUTTING SCORE CALCULATION

Category	Cutting score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
Metacognitive knowledge	6.1	0.09	0.91	0.83
1. Declarative knowledge	1.8	0.09	0.91	0.83
2. Procedural knowledge	2.1	0.12	0.88	0.79
3. Conditional knowledge	0.8	0.16	0.84	0.68
Metacognitive control	3.5	0.35	0.65	0.30
1. Planning	1.8	0.37	0.63	0.26
2. Monitoring	0.4	0.37	0.63	0.32
3. Evaluating	0.5	0.46	0.54	0.09
Overall	10	0.06	0.94	0.89

The cutting score for the entire test was 10 whereas the cutting score for the metacognitive knowledge and metacognitive control were 6.1 and 3.5 respectively. Moreover, the cutting scores of declarative, procedural, and conditional knowledge were 1.8, 2.1, 0.8 chronologically. Furthermore, the cutting score of planning, monitoring, and evaluating were 1.8, 0.4, 0.5 respectively. These optimal cutting scores were subsequently tested the research hypotheses. Results of the hypotheses testing are reported in the next section.

2.2.3 The Second Research Hypothesis Testing

The second hypothesis stated that the students' metacognitive ability mean score after the instruction using the learning units should be higher than the metacognitive ability cutting score. Metacognitive ability was classified as metacognitive knowledge and metacognitive control. Metacognitive knowledge included: (1) declarative knowledge, (2) procedural knowledge, and (3) conditional knowledge. Metacognitive control included: (1) planning, (2) monitoring, and (3) evaluating. Results of one sample t-test analysis which compared the students' metacognitive mean score and the cutting score are reported as in TABLE 23.

TABLE 23 THE COMPARISON OF THE METACOGNITIVE ABILITY MEAN SCORE TO THE CUTTING SCORE

Category	N	Cutting score	Mean	S.D	t
Metacognitive knowledge	32	6.1	7.250	2.341	2.778*
1. Declarative knowledge	32	1.8	3.094	.734	9.966*
2. Procedural knowledge	32	2.1	2.063	1.014	-.209
3. Conditional knowledge	32	0.8	1.313	1.203	2.410*
Metacognitive control	32	3.5	6.000	2.063	6.853*
1. Planning	32	1.8	3.688	1.424	7.497*
2. Monitoring	32	0.4	0.969	.740	4.349*
3. Evaluating	32	0.5	1.344	.602	7.934*
Overall	32	10	13.156	2.875	6.210*

$t(0.05; df\ 31) = 2.040, p<0.05$

The results from TABLE 23 indicate that the metacognitive ability post-test mean score in overall was greater than the cutting score at the 0.05 level of significance. It can be concluded that the second research hypothesis, which stated that students' metacognitive ability mean score was higher than the cutting score, was supported. In other words, the learning units incorporated with elicitation strategy did improve students' metacognitive ability.

Furthermore, when testing separate categories of metacognitive ability the results indicated that students' metacogntive knowledge and metacognitive control post-test mean score were greater than the cutting score at the 0.05 level of significance. Therefore, it can conclude that the experimental learning units did affect both students' metacogntive knowledge and control. Moreover, the results of statistical analysis on each aspect indicated that the declarative knowledge and conditional knowledge post-test mean score were significantly greater than the cutting score at the 0.05 level of significance. This contrasted with the results of declarative and conditional knowledge, the procedural knowledge post-test mean score which were *not* higher than the cutting scores. In other words, the learning units did improve students' metacognitive knowledge overall and in fact most aspects under this category but not all sub-categories. In addition, the

results of thoroughly statistically analysis metacognitive control indicated that planning, monitoring, and evaluating post-test mean score were significantly greater than the cutting score at the 0.05 level of significance. Furthermore the learning units did improve students' metacognitive control in all aspects including planning, monitoring, and evaluating.

In conclusion, the second hypothesis related to improvement in students' metacognitive ability. The students' metacognitive ability was divided to metacogntive knowledge and control. Firstly, when the entire metacognitive ability was statistically tested to specify the effectiveness of the learning units, the analysis showed positive effect from the learning units on students' metacognitive ability overall. Secondly, when the metacognitive knowledge was thoroughly analyzed, the results indicated that the learning units significantly improved students' declarative and condition knowledge. However, there was no statistically evidence of improving students' procedural knowledge by learning from application of the learning units. Finally, when students' metacognitive control was tested in the same manner as that for metacognitive knowledge, the results disclosed that the learning units did increase students' mecognitive control in all aspect including planning, monitoring, and evaluating.

2.3 Science Process Skills of the Students

Results from students' science process skills were presented in 3 parts: (1) gathered data from the students' science process skills, (2) determination of science process skill cutting score, and (3) testing the third hypothesis by comparing the students' science process skill score to the cutting score.

2.3.1 The Gathered Data from the Students' Science Process Skills

Students' science process skills scores were collected by using the TIPS II. The students administered the test before and after learning through the learning units. TABLE 24 presents a comparison of the students' science process skills score before and after using the learning units.

TABLE 24 THE COMPARISON OF THE STUDENTS' SCIENCE PROCESS SKILLS BEFORE AND AFTER THE INSTRUCTION FROM THE CONFIRMATORY STAGE

Score of science process skills	N	Mean	S.D	t
Pre-test mean score	32	16.28	4.60	4.316*
Post-test mean score	32	20.53	4.80	

t(0.05; df 31) = 2.040, p<0.05

The results from TABLE 24 indicate that the students' science process skills mean score after the instruction using the learning unit incorporated with elicitation strategy was greater than before at the 0.05 level of significance. This means that the learning units significantly improved science process skills of the students.

2.3.2 The Determination of Science Process Skill Cutting Score

The process of determining cutting score is also followed Burk's method. The cutting score was determined by plotting a frequency curve to show the relationship between the science process skills scores and the frequency of these scores. The frequency data was plotted in two ways: (1) the first frequency curve was plotted from the post-test scores of the preparatory stage regarded as scores of master students; and (2) another type was plotted from the pre-test scores of the confirmatory stage regarded as scores of non-master students. Then, the total science process skills scores and their frequency were used to construct curves to find an optimal cutting score. The graph is shown in APPENDIX D. The results of calculations for: (1) the lowest probability of incorrect decisions, (2) the highest probability of correct decisions and (3) the highest validity coefficient to locate the optimal cutting score are presented in TABLE 25.

TABLE 25 RESULTS OF THE SCIENCE PROCESS SKILL CUTTING SCORE CALCULATION

Aspect	Cutting score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
1. Defining Operation	7	0.31	0.69	0.38
2. Formulating Hypothesis	5	0.32	0.68	0.37
3. Operationally Defining	2	0.44	0.56	0.12
4. Designing Investigation	1.5	0.31	0.69	0.39
Overall	18.5	0.22	0.78	0.56

The cutting score of the entire test was 24 whereas the cutting scores of: (1) defining operation, (2) formulating hypothesis, (3) operationally defining, and (4) designing investigation were 7, 5, 2, and 1.5 respectively. These optimal cutting scores were subsequently used for testing the research hypotheses.

2.3.3 The Third Research Hypothesis Testing

The third hypothesis stated that the students' science process skill mean score after participating in the learning units was higher than the cutting score. Results of testing research hypothesis are illustrated as follows.

TABLE 26 THE COMPARISON OF THE MEAN SCORE TO THE CUTTING SCORE

Category	N	Cutting score	Mean	S.D	t
1. Defining Operation	32	7	8.53	2.50	3.463*
2. Formulating Hypothesis	32	5	5.97	1.88	2.923*
3. Operationally Defining	32	2	4.25	1.37	9.305*
4. Designing Investigation	32	1.5	1.78	.91	1.755
Overall	32	18.5	20.53	4.80	2.394*

$t(0.05; df\ 31) = 2.040, p<0.05$

The results show that the entire science process skill post-test mean score was greater than the cutting score at the 0.05 level of significance. When separately testing all aspects of science process skills, the results indicated that the aspects

of: (1) defining operation, (2) formulating hypothesis, and (3) operationally defining were significantly higher than the cutting score at the 0.05 level of significance. But, students' science process skill post-test mean score concerning the designing investigation was *not* greater than the cutting score at the 0.05 level of significance. In other words, the third research hypothesis, which stated that students' science process skill mean score was higher than the cutting score, was apparently supported overall and for the defining operation, the formulating hypothesis, and the operationally defining. Nevertheless, there was no statistical evidence of improving students' process skills concerning the designing investigation.

In conclusion, the third research hypothesis related to testing the integrated science process skills. In this study, the science process skills were divided into 4 aspects which were: (1) the defining operation, (2) the formulating hypothesis, (3) the operationally defining, and (4) the designing investigation. First, when testing the science process skills, the results pointed that students' science process skill post-test mean score was greater than the cutting score. In other word, the learning units which incorporated elicitation strategy did improve students' science process skills overall. When testing individually science process skill aspect, the results indicated that the learning units did enhance students' process skills concerning: (1) defining operation, (2) the formulating hypothesis, and (3) the operationally defining, but the effectiveness of the learning units on science process skills related to designing investigation was *not* statistical significant.

2.4 Attitudes toward Chemistry of the Students

The attitudes toward chemistry were classified into 4 aspects including: (1) the importance of chemistry in daily life, (2) the easy-difficulty perspective, (3) the interest of chemistry course, and (4) the usefulness of chemistry course for further career. Results of gathering data and testing this research hypothesis are described as follows.

2.4.1 The Gathered Data on Students' Attitudes toward Chemistry

The attitudes toward chemistry were collected using the attitude toward chemistry questionnaire. Students' attitudes toward chemistry were gained after the learning unit implementation of the confirmatory stage. The results of students' attitudes toward chemistry post-test mean score are summarized as follows.

TABLE 27 STUDENTS' ATTITUDES TOWARD CHEMISTRY POST-TEST MEAN SCORE

Attitude Aspects	N	Mean Score	S.D.
1. The importance of chemistry in daily life	32	3.703	.273
2. The easy-difficulty perspective	32	3.075	.437
3. The interest of chemistry course	32	3.600	.343
4. The usefulness for further career	32	3.306	.681
Overall	32	3.417	.306

2.4.2 The Fourth Research Hypothesis Testing

The fourth hypothesis stated that the students' attitudes toward chemistry mean score after learning with the learning units should be at a high level. After the learning unit implementation in the confirmatory stage, students' attitudes toward chemistry were collected as a post-test mean score. To test the fourth hypothesis, one sample t-test from the SPSS program was used for analyzing by comparing the post-test scores to the criterion. The results of the analysis are shown in TABLE 28.

TABLE 28 THE COMPARISON OF THE ATTITUDES TOWARD CHEMISTRY MEAN SCORE AFTER THE INSTRUCTION OF THE CONFIRMATORY STAGE

Aspect	N	Score criterion	Mean	S.D	t
1. The importance of chemistry in daily life	32	3.51	3.703	.273	4.002*
2. The easy-difficulty perspective	32	3.51	3.075	.437	-5.631
3. The interest of chemistry course	32	3.51	3.600	.343	1.480
4. The usefulness for further career	32	3.51	3.306	.681	-1.694
Overall	32	3.51	3.417	.306	-1.714

$t(0.05; df\ 31) = 2.040, p<0.05$

The results indicated that the students' attitudes toward chemistry mean score in overall after the instruction was *not* greater than score criterion at the 0.05 level of significance. Therefore, the research hypothesis, which stated that student' attitudes toward chemistry after the instruction was at high level, was inconclusive.

Furthermore, the results highlighted that only the mean score from the students' attitudes toward chemistry concerning the importance of chemistry in daily life was greater than the score criterion at the 0.05 level of significance. In contrasting, mean scores for students' attitudes toward chemistry relating to: (1) the easy-difficulty perspective, (2) the interest of chemistry course, and (3) the usefulness for further career were *not* greater than the score criterion at the 0.05 level of significant. It can be conclude that there was no statistical evidence of the effectiveness of the learning units in improving students' attitudes toward chemistry.

In conclusion, the fourth hypothesis referred to improving students' attitudes toward chemistry. The attitudes toward chemistry were classified into 4 aspects including: (1) the importance of chemistry in daily life, (2) the easy-difficulty perspective, (3) the interest of chemistry course, and (4) the usefulness of chemistry course for further career. Results of entire testing on students' attitudes toward chemistry showed that students' attitudes toward chemistry were only at the medium level. And, the results of separately testing indicated that only the first aspect, namely the importance of chemistry in daily life, was at the high level.

2.5 The Teachers' Opinions towards the Learning Units

An opinion from a teacher was collected in a written form using a teacher's opinion towards the learning unit questionnaire. The questionnaire composed of several questions. Data from the questionnaire is described as follows.

2.5.1 The Role of the Teacher in Elicitation

Elicitation is defined as an instructional process related to asking a question to students. From the teacher point of view, (1) the elicitation activity which was incorporated into the engagement phase assured the teacher about the students' preconceptions. After the teacher had already known those preconceptions, it was easier for the teacher to move on to the next step; (2) the elicitation activity which was incorporated into the exploration phase was useful because it reminded the teacher about a current understanding of the students; (3) the elicitation activity which was incorporated into the explanation phase provided the teacher in the way that whether the students appropriately connected a new knowledge to their own current understanding, and whether the students could apply deeper and broader of their understanding; (4) the elicitation

activity which was incorporated into the evaluation phase informed the students what they had already written on elicitation activity X-1 to X-3 and also they could compare what was changed in terms of their understanding. Besides, the teacher viewed that the elicitation X-4 also provided the students to change their answers from the perplexed or confused answers to be the clearer and more correct ones.

2.5.2 The Role of the Teacher in Students' Ideas Interpretation

The opinions from the teacher towards an interpretation of the students' ideas show that the interpretation is an instructional process that has more advantageous than a traditional teaching. Because the traditional teaching, the teacher assessed scientific concepts of the students by using a lesson exercise, a laboratory record, a game and so on. Then, the students were classified to be a high or low achievement, but the teachers have never known authentic problems of students' concept by this traditional teaching. On the contrary, the process of interpreting students' ideas provides the teacher of: (1) what the scientific concepts of the students are; (2) how the students understand those concepts; (3) what the problem of the students might have concerning those scientific concepts; and (4) how the teacher should deal with that problem.

2.5.3 The Role of the Teacher in Taking Action

After elicitation and interpretation of students' understanding, the role of teacher was taking action by giving feedback to the students. Giving feedback was performed in 2 ways including feedback to entire class and to the individual. The opinions from the teachers towards giving a feedback indicated that the feedback for the entire class was important because it reflects students' answers from an elicitation activity. And, the feedback for a class was time saving and it made the students know what others thinking. Moreover, the feedback for the students individually was the best way to provide each student to know what his or her problem on the concepts of chemical bonding. However, the teacher thought that this process needed the knowledgeable teacher; otherwise, it might lead to develop misunderstand for those students. Also, this process must be done continuously to be useful for the students' learning.

2.5.4 Effect of the Learning Units in Improving the Learning Outcomes

The opinions from the teachers towards the effect of the learning units in improving the learning outcomes pointed that the learning units could improve the learning outcomes of the students. The teacher stated that: (1) the students were difficult to answer on an elicitation activity at the beginning because they were unfamiliar with this activity and afraid of being wrong. After doing the activities more often, the students gave the answer which included more details. This result suggested that the students could develop their thinking and were not afraid of being wrong; (2) for improving science process skills, the students had to do a laboratory more often to be master on these skills; (3) for improving positive attitudes of the students, the teacher was not sure that the learning units would improve these attitudes because the students often thought that a chemistry was the most difficult subject. However, the teacher added that the elicitation activity was not too hard to answer, so it may cause the students try to understand; therefore, it may cause the students feel positively towards chemistry and enthusiastic to learn this subject.

2.5.5 Teacher's Overall Opinion towards the Learning Units

The opinions from the teacher towards the learning units in overall show that the learning units incorporated with an elicitation strategy were an appropriate learning unit because it was neither hard nor easy. Various questions in the elicitation activity were clear and efficient to assess scientific concepts of the students. Moreover, the questions can distinguish what students had known, what they had confused, and how they confused. In addition, the teacher suggested that the instructional process incorporated with the elicitation strategy should be developed for more than only a topic of chemical bonding and also the elicitation strategy should be designed and added to a chemistry book since a primary level to make Thai students to be reasoning people and good at scientific conception.

2.6 The Students' Opinions towards the Learning Units

An opinion from students was collected in a written form using student' s opinion towards the learning unit questionnaire. The questionnaire composed of several questions. Data resulting from the recorded questionnaire was reported under 5 titles as follows.

2.6.1 The Effect of Elicitation

The opinions from the students were collected in a written format by using a questionnaire. The opinions of the students towards the elicitation activity showed that: (1) most students stated that the elicitation X-1 activity was very useful and enable them to be aware how much the background knowledge they needed to learn the next topic. However, some students said that they felt frustrated to do this activity because they had not learnt anything about that topic yet; (2) the elicitation X-2 and X-3 activities made them prepare themselves by reading a current concepts before the class started; as a result, they were easily able to understand the new scientific concept; and, (3) the elicitation X-4 activity provided them a chance to change, add, or revise their answer as previously written on the elicitation X-1, X-2, and X-3 activities. Moreover, most students agreed that the elicitation X-4 were the most usefulness because the students had an opportunity to revise their misunderstanding before learning a new concept.

2.6.2 The Effect of Students' Idea Interpretation

The opinions from the students towards the interpretation show that the interpretation which classified the answers of the students into complete, incomplete, alternative, and no concept was very useful because they knew how much further they had to do to reach the level of the complete conception. For example, some students stated that they urged their friends to explain scientific concepts if their answers were classified into the incomplete, alternative or no concepts. Besides, some students believed that they would get a high score if they were classified into the complete concepts.

2.6.3 The Effect of the Given Feedback from a Teacher

The opinions from the students towards the feedback indicated that: (1) the entire class feedback informed them to know that there were many possible answers of a particular question and they would aware the thinking of the others; and, (2) the individual feedback was enable them to know their problems, how they were far away from the goal of the instruction, and how to perform to reach the goal. For example, the students could compare their answers and feedbacks among peers to improve their understanding.

2.6.4 Effect of the Learning Units in Improving the Learning Outcomes

The opinions from the students towards the learning units in improving the learning outcomes indicated that: (1) all students agreed that the learning units could improve their scientific concepts concerning chemical bonding because the learning process was enable them to value their conceptual weakness, to see how to improve that weakness, and to develop much more understanding on scientific concepts overtime; (2) the students perceived that the elicitation and the given feedback could improve their metacognitive ability because they saw their weakness and they could control their own learning; (3) the students stated that performing several laboratories could improve their science process skills; and, (4) most students stated that the learning units incorporated with elicitation strategy could improve their attitudes towards chemistry because they enjoyed learning. Nonetheless, some students responded that the learning units did not much affect on their attitude because they were still dislike chemistry anyway.

In summary, the students viewed the learning units incorporated with an elicitation strategy positively and they believed these units were effective because these learning units enabled them to understand more about chemical bonding concepts. Moreover, the learning units also provided them with the opportunity to understand better their own problematic concepts and on how to revise or improve their weaker areas. As a consequence, they were able to decrease their problematic concepts over time. Besides, the students stated that they had a chance to perform the experiment by themselves, so it enabled them to improve their science process skills. Furthermore, most of them believed that enjoy learning would enhance their attitudes toward chemistry. However some students stated that if they strongly disliked chemistry originally, then these learning units did not affect their attitude.

In conclusion, the confirmatory stage aimed to implement the learning units and gain information to test the 4 research hypotheses. The first hypothesis was related to testing students' chemical bonding conceptions after participating in the learning units incorporated with elicitation strategy. The results of thoroughly testing chemical bonding conceptions of the students showed that almost all sub-conceptions of students did significantly improve which included the concepts of ionic bond formation, ionic solution, conductivity of ionic substances, covalent bond formation, property of water, bond and molecular polarity, intermolecular forces, metal model, and physical property of metals.

Nevertheless, a few sub-conceptions of the students showed no statistically improvement; these were the sub-conceptions of: (1) electron configuration, (2) octet rule, and (3) bond energy. The second hypothesis was related to improving students' metacognitive ability. The results found a positive effect from the learning units on both students' metacognitive knowledge and metacognitive control. The results of testing indicated that the learning units significantly improved the declarative knowledge, the condition knowledge, the mecognitive control in all aspects including planning, monitoring, and evaluating. However there was no statistically significant improvement in the procedural knowledge of the students. The third hypothesis was related to improving the integrated science process skills. The results indicated that the learning units did positively affect students' skills in overall and on the following: (1) defining operation, (2) formulating hypothesis, and (3) operationally defining, but there was no statistically evidence of improving students' skills on designing investigation. Finally, the fourth hypothesis referred to improving students' attitudes toward chemistry. The results indicated that students' attitude towards chemistry was at the medium level.

CHAPTER FIVE

DISCUSSION

This chapter presents and discusses the conclusions of this research study in term of research methodology, its discovery, research discussion, and recommendation for related persons. The research methodology consisted of 2 main stages which were preparatory and confirmatory. The preparatory stage was related to developing: (1) the learning units, and (2) research instruments for collecting data. The confirmatory stage was related to testing the research hypotheses. The results of each stage are briefly described. Following that, the final results of the research hypotheses testing in the way that they agree or disagree with educational theories and other research studies are reported. Finally, the recommendations from this study are proposed to provide some suggestions for future study and particularly for anyone interested in educational improvement.

1. Objectives of the Study

The research objectives were:

1. To develop learning units incorporating an elicitation strategy in the context of chemical bonding for high school students in Thailand.

2. To determine the improvement in student learning outcomes on these following areas:

2.1 Students' scientific conceptions

2.2 Students' metacognitive ability

2.3 Students' science process skills

2.4 Students' attitudes towards chemistry

2. Research Hypotheses

These learning units intend to address students' alternative concepts as well as improve students' scientific concepts at the same time when teachers had incorporated an elicitation strategy which was a process of planned formative assessment. The ultimate

goal of the study was that after participating in the intervention, students were expected to gain scores higher than cutting scores. Therefore, the following research hypotheses of this study were proposed such that after this intervention:

1. The mean score for a student with respect to scientific concepts would be higher than the scientific concept cutting score.

2. The mean score for a student's metacognitive ability would be higher than the metacognitive ability cutting score.

3. The mean score for a student's science process skill would be higher than the science process skill cutting score.

4. The mean score for a student's attitudes towards chemistry would be at the high level.

3. Research Participants

The research participants in this study included: (1) a researcher, (2) two chemistry teachers, and (3) high school students.

1. The researcher developed the learning units, research assessments, and conducted teacher training in the "teacher preparation" stage. During the preparatory stage and confirmatory stage, the researcher was an observer of the instructional process in the classrooms and collaborated with teachers to give feedback to students to improve their learning just in case the teachers had not understood fully how to give the feedback.

2. Participating teachers: there were two participating teachers who had experiences, for at least ten years, in teaching chemistry to high school students. One, from Singburi School in Singburi province, was prepared for a good understanding of the learning units as well as the role of teachers and then taught in preparatory stage (the first semester of 2552 B.E. academic year). The other, from Banmi Wittaya School in Lopburi province, was prepared in the same way and after all instructions taught in confirmatory stage (the second semester in the same academic year).

3. Participating students: participating students were high school students from Singburi School and Banmi Wittaya School. During the preparatory stage, a class of 36 participating students from Singburi School was taught by the participating teacher (the

first semester of 2552 B.E. academic year). During the confirmatory stage, a class of 32 participating students from Banmi Wittaya School was involved in the process (the second semester in the same academic year).

4. Research Methodology

The learning units which incorporated elicitation strategy in the context of chemical bonding consisted of 2 main stages including preparatory and confirmatory stage. The 2 main stages are described as follows:

Stage 1: Preparatory stage. This stage involved: (1) Identifying students' alternative concepts concerning the concepts of chemical bonding. This process included both reviewed literature and surveyed 64 Thai high school students' alternative conceptions by using open-ended test. The students' responses then were used as a clue to develop the learning units; (2) defining the learning objectives of the learning units. The intended learning objectives included concepts of the students concerning chemical bonding, metacognitive ability, process skills, and positive attitudes towards chemistry; (3) developing the learning units and the research instruments. The developed learning units incorporated with elicitation strategy included the Teacher Guide Book and the Student Book; (4) field trialing the learning units. The learning units were fully trial to a class of 36 participating students from Singburi School (the first semester of 2552 B.C. academic year) in order to investigate if they work; and, (5) revising the learning units based on information from the field trial study before using in the next stage.

Stage 2: Confirmatory stage. This stage was related to: (1) preparing teacher in terms of a good understanding of the learning units; (2) Informing participating teacher and student individual about their role before the learning units were implemented; (3) implementing the learning units to a class of 32 participating students from Banmi Wittaya School (the second semester of 2552 B.C. academic year). Before involvement in the learning units, the students were administered a pre-test as a means of measuring the dependent variables. Then, the full implementation of the learning units was undertaken. Finally, the post-test was administered to this class to make a final measurement of the dependent variables post-implementation; (4) collecting data from the implementation. The gathered quantitative data included scores of the students from concept test concerning the concepts of chemical bonding, metacognitive inventory, science process skill test, and

attitudes towards chemistry questionnaire. Moreover, qualitative data included teachers' and students' opinion towards the learning units; and, (5) analyzing the quantitative data to test the research hypotheses. The analysis can be done by comparing a post-test mean score to its cutting score. In addition, a mean score of students' attitudes towards chemistry was compared to the criterion score.

5. Materials for the Study

Materials of this study were:

1. The learning units. The learning units included learning activities on chemical bonding concepts with incorporating an elicitation strategy. The scope of chemical bonding concepts followed Thailand's Basic Education Curriculum, B.E. 2544. The main chemical bonding concepts were classified by following the Teacher Handbook of the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST. 2001: 69-77) and these concepts were regularly taught for 23 periods for high school students.

2. An assessment of chemical bonding concepts by using chemical bonding concept test. The concept test, which was developed by the researcher, consisted of 12 item and 32 sub-items which covered the main chemical bonding concepts.

3. An assessment of metacognitive ability by using metacognitive inventory. The inventory consisted of 3 cognitive tasks. Two cognitive tasks assessed mecognitive knowledge and one cognitive task assessed metacognitive control. All tasks were presented in the chemical bonding context.

4. Students' science process skills were assessed by the Test of Integrated Process Skill II (TIPS II). The TIPS II was originally developed by Burns and his colleagues (1985). Four aspects of the integrated process skills were adopted for use in this study including: (1) defining operation, (2) formulating hypotheses, (3) defining operation, and (4) designing investigation. Total items of the test contained 30 items. After permission had been sought and granted for the use of TIPS II from the author, it was translated and modified to Thai language and adapted into a more suitable language.

5. An assessment of attitudes towards chemistry by using attitudes towards chemistry questionnaire. The questionnaire was also developed by the researcher. The questionnaire consisted of 39 statements divided into 4 aspects including: (1) the

importance of chemistry in daily life, (2) easy-difficulty perspective on chemistry, (3) the interest of chemistry, and (4) the usefulness of chemistry for further career.

6. Teacher's opinion towards the learning unit questionnaire. The questionnaire consisted of 12 open-ended questions constructed by the researcher. This questionnaire intended to get information from the participating teachers after using the learning units to collect data on advantages, disadvantages, problems and suggestions.

7. Students' opinion towards the learning unit questionnaire. The questionnaire comprised of 12 open-ended questions developed by the researcher. This questionnaire was used to collect the opinions from the participating students after experiencing through the learning units.

6. Statistic Analysis

The statistic analysis was used for analyzing data to test research hypotheses. The results of hypothesis testing suggested that student post-test mean score from: (1) the chemical bonding concept test, (2) metacognitive inventory, and (3) the TIPS II were significantly higher than the cutting score at 0.05 level of significance. However, a mean score for the students' attitudes towards chemistry was only at the medium level. Statistical analysis for testing research hypotheses are as follows.

6.1 The Cutting Score Determination

The process of locating an optimal cutting score uses Berk's method (1976). To do so, post-test scores from students who had already experienced through the learning units in the preparatory stage were defined as master students, while pre-test scores from the students who had not yet studied with the learning units from the confirmatory stage were defined as non-master students. The master and non-master student scores were used for constructing frequency curves to find possible cutting scores; subsequently, the range of scores around the cutting point was calculated to obtain the optimal cutting score.

6.2 Descriptive Statistics

Descriptive statistics used in this study were a mean and a standard deviation. The mean and standard deviation were used for describing characteristics of mean score from the students on: (1) chemical bonding concept scores, (2) metacognitive ability scores, (3) science process skill scores, and (4) students' attitudes towards chemistry scores.

6.3 Inferential Statistics

Inferential statistics used in this study was *t-test for one sample*. The t-test for one sample was used for comparing post-test mean scores and a criterion score on the following: (1) the chemical bonding concept, (2) metacognitive ability, (3) science process skills, and (4) attitudes towards chemistry. In addition, *t-test paired sample* at the 0.05 level of significant was adopted to compare pre-test and post-test mean scores for the students' chemical bonding concepts, metacognitive ability, and science process skills.

7. Conclusion of the Study

The results of the preparatory stage included: (1) developing the learning units, (2) constructing research assessments, (3) conducting field trial study, and (4) revising the learning units. The results of the confirmatory stage compose of: (1) quantitative data on testing research hypotheses, and (2) additional qualitative data from teacher's and students' opinions towards the learning units

7.1 The Results of the Preparatory Stage

The preparatory stage aimed to develop and try out the learning units. The results of this stage included: (1) developing the learning units, (2) constructing research assessments, (3) conducting field trial study, and (4) revising the learning units.

7.1.1 Developing the Learning Units

The learning units with incorporating an elicitation strategy were developed following the learning standards in Thailand's Basic Education Curriculum, B.E.

2544 (Ministry of Education, 2001). The learning units consisted of the Teacher Guide Book and the Student Book. The learning units verified as valid by 3 experts in terms of their consistency and appropriateness for these following areas: (1) the consistency between learning objectives and ways to assessment, (2) the correctness of chemical bonding concepts, (3) suitability of learning activities, (4) suitability of the language using, and (5) the consistency between the learning units and the instructional model. The results of experts' judgment indicated that overall appropriateness of the Teacher Guide Book and the Student Book was the high level. In addition, the Teacher Guide Book and the Student Book were consistent with each other.

7.1.2 Constructing Research Assessments

The research instruments for collecting data in this study includes: (1) chemical bonding concept test, (2) metacognitive inventory, (3) science process skill test, and (4) attitudes towards chemistry questionnaire. Results of developing each instrument is described as follows.

7.1.2.1 The Chemical Bonding Concept Test

The chemical bonding concept test was used for examining students' chemical bonding concepts. The test used a two-tier format which consisted of 12 main items and 32 sub-items. Subsequently, the test had been verified the content validity by 5 experts. The results of the experts' judgments showed that the test was qualified to be used as a research instrument. However, there were some areas under the consideration were improved based on the suggestions from the experts before being implemented. Then, the test was administered to 64 high school students to obtain more information and fulfill the scoring criteria. After being revised again following the survey information, the test was administered to 115 high school students. Information from this examination was used for calculating item discrimination and the reliability of the test. The item discrimination ranked from 0.20 to 0.95 and Cronbach's alpha reliability was .92.

7.1.2.2 The Metacognitive Inventory

The metacognitive inventory was used for measuring the metacognitive ability of the students. The inventory consisted of 3 cognitive tasks, and all of them related to chemical bonding. 2 cognitive tasks were designed to assess metacogntive knowledge, and 1 cognitive task was created to evaluate metacognitive control. The process for the inventory construction began with: (1) identifying definitions of terms related to metacognitive ability; (2) designing the cognitive tasks and objectives of metacognitive behavior; (3) constructing open-ended questions and scoring criteria. Then, the constructed open-ended questions and scoring criteria were certified as valid by the 3 experts. After that, the inventory was administered to 62 high school students. Scores from this examination were used for calculating the reliability of the inventory. Results of the calculation showed the reliability was .72.

7.1.2.3 The integrated science process skills test (TIPS II)

The Test of Integrated Process Skills II (TIPS II) was originally developed by Burns; et.al. (1985) and was used for measuring integrated process skills. Four aspects of the integrated process skills were adopted for use in this study including: (1) defining operation, (2) formulating hypotheses, (3) defining operation, and (4) designing investigation; and, total items of the test which was used in this study was 30. After permission had been sought and granted for the use of TIPS II from the author, it was translated and modified to Thai language and adapted into a more suitable language. The test then was used with 151 Thai high students. Result of the examination showed that: (1) Cronbach's alpha coefficient reliability was 0.81, (2) an average item difficulty was 0.49, and (3) an average item discrimination index of 0.47.

7.1.2.4 The Attitudes towards Chemistry Questionnaire

Attitudes towards chemistry questionnaire was used for measuring students' attitudes towards chemistry. The attitudes towards chemistry were defined chemistry culture which included chemistry theory, chemistry laboratory, and values that influenced behavior, the belief systems, and person's perceptions. Totally 39 statements reflected either positive or negative feelings towards chemistry in 4 aspects,

namely: (1) the importance of chemistry in their life, (2) the easy-difficulty perspective, (3) the interest of chemistry course, and (4) the usefulness of chemistry course for further career. The questionnaire verified the construct validity by 3 experts; then, it was administered to 132 high school students. Because 31 students had not completed the questionnaire, only 101 students' responses were analyzed to test the reliability. The Cronbach's alpha coefficient reliability was .91.

7.1.3 Conducting Field Trial Study

The purpose of the field trial study was to implement fully the learning units in order to investigate the time suitability, language using and the suitability of learning activities. Information gained from the field trial study was used for improving the learning units before they were implemented to the participating students in the confirmatory stage. The information from the field trial study was students' learning outcomes. The learning outcomes were scores on: (1) the chemical bonding concepts, (2) metacognitive ability, (3) integrated science process skills, and (4) attitudes towards chemistry. The results of the field trial study indicated that a post-test mean score of the students from: (1) the chemical bonding concept test was 32.03 (N=36); (2) the metacognitive inventory was 13.61; and, (3) the TIPS II 20.75. However, scores from the students' attitude towards chemistry were also gathered and used for analyzing the reliability of this questionnaire.

7.1.4 Revising the Learning Units

After, the entire learning units were implemented with a class of 36 students at Singburi School as a field trial study (the first semester of 2552 B.E. academic year), the learning units were improved in these following areas: (1) an interpretation sheet was designed to be easier to perform for the teacher because the teacher did not clear how to interpret students' concept based on the scientific criterion; (2) the apparatus which used to measure the conductivity of substances was changed from one designed by a commercial company to be a volt meter; (3) learning activities which aroused the students to metacognitively thinking were added; and (4) some wording which appeared in the

Teacher Guide Book and the Student Book needed to be corrected and revised to be understood.

7.2 The Results of the Confirmatory Stage

The confirmatory stage aims to fully implement the learning units in Banmi Wittaya School (the second semester of 2552 B.E. academic year) to gather data regarding the students' learning outcomes. The results of the confirmatory stage compose of: (1) quantitative data on testing research hypotheses, and (2) additional qualitative data from teacher's and students' opinions towards the learning units

7.2.1 Chemical Bonding Concepts of the Students

The chemical bonding concepts were classified into 3 main concept areas including ionic substance, covalent substance, and metallic substance. Firstly, when the entire chemical bonding concepts were statistically tested to determine whether the first research hypothesis was supported, the results showed that the first research hypothesis which stated that the students' scientific concept mean score was higher than the cutting score was supported. Therefore, it can be concluded that students' scientific concepts mean score after participating in the learning units incorporated with elicitation strategy improved. Secondly, when the 3 main concepts including: (1) the ionic substance, (2) covalent substance, and (3) metal were separately tested, the results indicated that the research hypothesis was supported. In other word, the learning units did improve to students' scientific concepts. Thirdly, when an analysis took place more deeply on the ionic substance concepts, namely (1) the ionic bonding formation, (2) the electron configuration, (3) the ionic solution, (4) the conductivity of ionic substances, and (5) the octet rule, the results indicated that students' concepts related to the ionic bond formation, the ionic solution and the conductivity of ionic substances improved. However, there is no statistical evidence of students' improved scientific concepts concerning the electron configuration and the octet rule. Fourthly, when deeply analyzing the covalent bond concepts including: (1) the covalent bonding formation, (2) the property of water, (3) the bonding energy, (4) the bond and molecular polarity, and (5) the intermolecular forces, the results found that the students' concepts related to: (1) the covalent bond formation, (2) the property of water, (3) the bond and molecular polarity, and (4) the intermolecular forces were clearly improved after participating in the learning units. In contrast, student's

concepts of the bond energy had no statistical evidence of an improvement. Finally, when the metal concept was thoroughly tested, the results indicated that the learning units did improve the students' concepts both the metal model and the physical property of metal.

7.2.2 Metacognitive Ability of the Students

The second hypothesis related to improvement in students' metacognitive ability. The students' metacognitive ability was divided to metacogntive knowledge and control. Firstly, when the entire metacognitive ability was statistically tested to specify the effectiveness of the learning units, the analysis showed positive effect from the learning units on students' metacognitive ability overall. Secondly, when the metacognitive knowledge was thoroughly analyzed, the results indicated that the learning units significantly improved students' declarative and condition knowledge. However, there was no statistically evidence of improving students' procedural knowledge by learning from application of the learning units. Finally, when students' metacognitive control was tested in the same manner as that for metacognitive knowledge, the results disclosed that the learning units did increase students' mecognitive control in all aspect including planning, monitoring, and evaluating.

7.2.3 Science Process Skills of the Students

The third research hypothesis related to testing the integrated science process skills. In this study, the science process skills were divided into 4 aspects which were: (1) the defining operation, (2) the formulating hypothesis, (3) the operationally defining, and (4) the designing investigation. First, when testing the science process skills, the results pointed that students' science process skill post-test mean score was greater than the cutting score. In other word, the learning units which incorporated elicitation strategy did improve students' science process skills overall. When testing individually science process skill aspect, the results indicated that the learning units did enhance students' process skills concerning: (1) defining operation, (2) the formulating hypothesis, and (3) the operationally defining, but the effectiveness of the learning units on science process skills related to designing investigation was *not* statistical significant.

7.2.4 Attitudes towards Chemistry of the Students

The fourth hypothesis referred to improving students' attitudes towards chemistry. The attitudes towards chemistry were classified into 4 aspects including: (1) the importance of chemistry in daily life, (2) the easy-difficulty perspective, (3) the interest of chemistry course, and (4) the usefulness of chemistry course for further career. Results of entire testing on students' attitudes towards chemistry showed that students' attitudes towards chemistry were only at the medium level. And, the results of separately testing indicated that only the first aspect, namely the importance of chemistry in daily life, was at the high level.

7.2.5 Teacher's Opinions towards the Learning Units

The opinions from the teacher were collected in a written format by using a questionnaire. The first question asked the teacher to consider how the 5Es model incorporated with an elicitation strategy affected her teaching. From the teacher point of view, (1) the elicitation activity which was incorporated into the engagement phase assured the teacher about the students' preconceptions. After the teacher had already known those preconceptions, it was easier for the teacher to move on to the next step; (2) the elicitation activity which was incorporated into the exploration phase was useful because it reminded the teacher about a current understanding of the students; (3) the elicitation activity which was incorporated into the explanation phase provided the teacher in the way that whether the students appropriately connected a new knowledge to their own current understanding, and whether the students could apply deeper and broader of their understanding; (4) the elicitation activity which was incorporated into the evaluation phase informed the students what they had already written on elicitation activity X-1 to X-3 and also they could compare what was changed in terms of their understanding. Besides, the teacher viewed that the elicitation X-4 also provided the students to change their answers from the perplexed or confused answers to be the clearer and more correct ones.

The opinions from the teacher towards an interpretation of the students' ideas show that the interpretation is an instructional process that has more advantageous than a traditional teaching. Because the traditional teaching, the teacher assessed scientific concepts of the students by using a lesson exercise, a laboratory record, a game and so on. Then, the students were classified to be a high or low achievement, but the teachers have never known authentic problems of students' concept by this traditional teaching. On the contrary, the process of interpreting students' ideas

provides the teacher of: (1) what the scientific concepts of the students are; (2) how the students understand those concepts; (3) what the problem of the students might have concerning those scientific concepts; and (4) how the teacher should deal with that problem.

The opinions from the teachers towards giving a feedback indicated that the feedback for the entire class was important because it reflects students' answers from an elicitation activity. And, the feedback for a class was time saving and it made the students know what others thinking. Moreover, the feedback for the students individually was the best way to provide each student to know what his or her problem on the concepts of chemical bonding. However, the teacher thought that this process needed the knowledgeable teacher; otherwise, it might lead to develop misunderstand for those students. Also, this process must be done continuously to be useful for the students' learning.

The opinions from the teachers towards the effect of the learning units in improving the learning outcomes pointed that the learning units could improve the learning outcomes of the students. The teacher stated that: (1) the students were difficult to answer on an elicitation activity at the beginning because they were unfamiliar with this activity and afraid of being wrong. After doing the activities more often, the students gave the answer which included more details. This result suggested that the students could develop their thinking and were not afraid of being wrong; (2) for improving science process skills, the students had to do a laboratory more often to be master on these skills; (3) for improving positive attitudes of the students, the teacher was not sure that the learning units would improve these attitudes because the students often thought that a chemistry was the most difficult subject. However, the teacher added that the elicitation activity was not too hard to answer, so it may cause the students try to understand; therefore, it may cause the students feel positively towards chemistry and enthusiastic to learn this subject.

The opinions from the teacher towards the learning units in overall show that the learning units incorporated with an elicitation strategy were an appropriate learning unit because it was neither hard nor easy. Various questions in the elicitation activity were clear and efficient to assess scientific concepts of the students. Moreover, the questions can distinguish what students had known, what they had confused, and how they confused. In addition, the teacher suggested that the instructional process incorporated with the elicitation strategy should be developed for more than only a topic of

chemical bonding and also the elicitation strategy should be designed and added to a chemistry book since a primary level to make Thai students to be reasoning people and good at scientific conception.

7.2.6 Students' Opinions towards the Learning Units

The opinions from the students were collected in a written format by using a questionnaire. The opinions of the students towards the elicitation activity showed that: (1) most students stated that the elicitation X-1 activity was very useful and enable them to be aware how much the background knowledge they needed to learn the next topic. However, some students said that they felt frustrated to do this activity because they had not learnt anything about that topic yet; (2) the elicitation X-2 and X-3 activities made them prepare themselves by reading a current concepts before the class started; as a result, they were easily able to understand the new scientific concept; and, (3) the elicitation X-4 activity provided them a chance to change, add, or revise their answer as previously written on the elicitation X-1, X-2, and X-3 activities. Moreover, most students agreed that the elicitation X-4 were the most usefulness because the students had an opportunity to revise their misunderstanding before learning a new concept.

The opinions from the students towards the interpretation show that the interpretation which classified the answers of the students into complete, incomplete, alternative, and no concept was very useful because they knew how much further they had to do to reach the level of the complete conception. For example, some students stated that they urged their friends to explain scientific concepts if their answers were classified into the incomplete, alternative or no concepts. Besides, some students believed that they would get a high score if they were classified into the complete concepts.

The opinions from the students towards the feedback indicated that: (1) the entire class feedback informed them to know that there were many possible answers of a particular question and they would aware the thinking of the others; and, (2) the individual feedback was enable them to know their problems, how they were far away from the goal of the instruction, and how to perform to reach the goal. For example, the students could compare their answers and feedbacks among peers to improve their understanding.

The opinions from the students towards the learning units in improving the learning outcomes indicated that: (1) all students agreed that the learning

units could improve their scientific concepts concerning chemical bonding because the learning process was enable them to value their conceptual weakness, to see how to improve that weakness, and to develop much more understanding on scientific concepts overtime; (2) the students perceived that the elicitation and the given feedback could improve their metacognitive ability because they saw their weakness and they could control their own learning; (3) the students stated that performing several laboratories could improve their science process skills; and, (4) most students stated that the learning units incorporated with elicitation strategy could improve their attitudes towards chemistry because they enjoyed learning. Nonetheless, some students responded that the learning units did not much affect on their attitude because they were still dislike chemistry anyway.

8. Discussion

The results from this study have been discussed in terms of agreement or disagreement with the previous research studies and the involved educational theories. The discussion comprises 4 parts including: (1) the chemical bonding concepts, (2) the metacognitive ability, (3) the science process skills, and (4) the attitudes towards chemistry.

8.1 Chemical Bonding Concepts

The discussion on the chemical bonding concepts of the students is divided to 2 parts including (1) results on the chemical bonding concepts of the students and (2) the scientific concepts of the students concerning the electron configuration, the octet rule, and the bond energy. Detail of each part is described as follows.

8.1.1 Results on the Chemical Bonding Concepts of the Students

The mean score for the chemical bonding concept of the students after the instruction was higher than before. Further the result from comparing this mean score to the cutting score showed that the post-test mean score was significantly higher than the cutting score. Besides, the results of comparing a post-test mean score of 3 main concepts to the cutting score indicated that the mean score for each was significantly greater than the cutting score. Moreover, the results of thoroughly comparison for each

concept to the cutting score indicated that the concepts of: (1) the ionic bonding formation, (2) the electron configuration, (3) the ionic solution, (4) the conductivity of ionic substances, (5) the octet rule, (6) the covalent bonding formation, (7) the property of water, (8) the bonding energy, (9) the bond and molecular polarity, (10) the intermolecular force, (11) metal model, and (12) physical property of metal did improve.

The results above indicated that the learning units incorporating an elicitation strategy were effective because the elicitation strategy enables the students to express and make known their concepts before, during and at the end of the instruction. By doing this, the students can: (1) make their concepts concerning chemical bonding explicitly, (2) check the progress of their own understanding over time, (3) realize the difference, strength, or weakness of their conceptual development, and (4) maintain their attention to the learning activities and perceive ambiguities. Several researchers agreed with an improvement in learning by making the ideas of the students explicit and the results of this study were consistent with numerous previous studies. For example, the study done by Çalik; Ayas; & Coll (2010), Gallagher (2007), Moyer; Hackett; & Everett (2007), Ruiz-Primo; & Furtak (2007), M. G. Hewson (1993, 1992), Driver (1987), and Driver; & Scott (1996) found that elicitation was an effective strategy in an instructional sequence. That is, the instructional sequence incorporating an elicitation strategy can help the students to learn with understanding, to avoid developing alternative concepts, provide an opportunity for the students to develop scientific concepts which are relevant to their existing knowledge. However, alternative concepts may have a positive role because conceptualization is an essential step in the evolutions of innovative ideas (Nussbaum. 1998: 180-183). Nussbaum suggested that science educators should not try to ignore these alternative concepts; rather, the science educator should focus on them to initiate the conceptual change learning. The conceptual change learning involves the students recognizing their existing ideas, evaluating these ideas, and personally deciding whether or not to reconstruct these existing ideas (Gunstone. 1994: 132-134). Therefore, learning by making the ideas of the students more explicit should be valued by chemistry teachers. If these existing ideas have never been drawn out and exposed, the students may not be aware of what are they thinking and they may fail to learn chemistry with understanding.

8.1.2 The Scientific Concepts of the Students Concerning Electron Configuration, Octet Rule, and Bond Energy

The results of testing this research hypothesis indicated that the mean scores of the students concerning: (1) electron configuration, (2) octet rule, and (3) bond energy was higher after the instruction than before the instruction. However the mean scores of these concepts were *not* higher than the cutting score. This result is consistent with the research finding done by Boo (1998). Boo reported that a concept of the students concerning the bond energy was still problematic after the instruction because doing mathematics in chemistry was a problem for the students. Moreover, the following reasons may affect the result of this study.

1. One possible reason for explaining why the students had difficulty in understanding the concepts of the electron configuration, the octet rule, and the bond energy is that one cannot see atoms. Results of the opinions from the students showed that as they cannot see atoms or molecules and how they interact, so some of them did not believe that atoms or molecules truly existed. This result was consistent with the study done by numerous researchers (Tan; & Treagust. 1999: 75; Coll; & Taylor. 2002: 175; Taber; & Coll. 2002: 214; Unal; Calik; Ayas; & Coll. 2006: 144; Gabel. 1999: 548). These researchers found that the concepts of chemical bonding is far from the daily experiences and one cannot see an atom and its reactions; therefore, it may lead the students to develop misunderstanding on those concepts.

2. Another reason may be the cognitive development of the students. The Piaget's stage theory of the cognitive development stated that a child gradually develops his or her competencies by passing through a series of 4 stages of development: (1) the child in the first stage, namely *sensory-motor stage* (0-2 years old), develop schemes for thinking about the physical world; (2) the child in the second stage, namely *preoperational stage* (2-7 years old), can engage in the internal thought but lack of systematicity; (3) the child in the third stage, namely *concrete-operational stage* (7-11 years old), develops a set of mental operations that allows him or her to treat the physical world in a systematic way; and (4) the child in the fourth stage, namely *formal-operational stage* (11-15 years old), is capable of scientific reasoning and understanding abstract concepts.

However, Shayer and his colleagues (1976) (citing Harrison; et.al. 2000: 176) used Piaget's stage theory of cognitive development to study 12,000 British

students (average age of 15 year 9 months) led to the Cognitive Acceleration in Science project (CASE) in order to produce *thinking science* materials for a school. These materials contained 32 activities which showed well-defined lines of progression within reasoning patterns characteristic of higher-order thinking. The study found that 13% of the 12,000 British students was at *late formal operational*; 18% was at *early formal operational*; 54% was at *late concrete*; 15% was at *early concrete*; and, none was at the *pre-operational stage*. Moreover, the study done by Adey (2000: 165-166) matched science in the national curriculum to the Piagetian cognitive levels. The study found that the concepts of chemical bonding should be taught to students at the *early formal operational stage.*

Even though the study above suggested that chemical bonding should be taught to the students at the early formal operation, there was evidence from a study done by Shayer and his colleagues which showed that the students with the age of 15 to 16 years were unable to reach the Piaget's stage theory of cognitive development. A parallel in this finding can be found within the Thai situation. That is, some participating students were only at *the early concrete* or *pre-operational,* so they had difficulty in understanding the abstract scientific concepts. In particular, the concepts of electron configuration, octet rule, and bond energy are regarded as more abstract; therefore, the students may not be able to understand such abstract concepts due to their own level of cognitive development.

3. Another reason for explaining the results of the study may be the needs more on a learning strategy. Even though the elicitation strategy has been reported as an effective way of addressing alternative concepts and improving scientific concepts of the students, this research study found that some scientific concepts such as those concerning the electron configuration, the octet rule, and the bond energy were not grasped fully by the students. To accomplish the goal of appropriate concept attainment within these topics, the needs for additional learning strategies should be considered. For example, Fairbrother (2000: 13-14) found that concept map can be used by both the teachers and the students. Because the hierarchical concept map enables those students to clarify ambiguities of text, reveal alternative concepts, initiate ideas, share their ideas with

someone else, and keep track of their ideas in order to update their understanding. Moreover, the study of Frailich; Kesner; & Hofstein (2009: 289) indicated that using a web-based learning approach can enhance 10th grade students in understanding the concepts of chemical bonding. The researchers found that the experimental group within their study outperformed significantly the control group in the achievement post-test. The results suggested that some web-based learning activities should be valued as one teaching strategy for improving the understanding of the students on chemical bonding concepts.

8.2 The Metacognitive Ability

Discussion on metacognitive ability of the students is divided into 2 parts namely (1) results on metacognitive ability of the students, and (2) the procedural knowledge of the students. The detail of each is discussed as follows.

8.2.1 Results on Metacognitive Ability of the Students

The metacognitive ability mean score of the students after the instruction using the learning units incorporated with an elicitation strategy was significantly greater than before. Further a comparison between mean scores and their cutting score indicated that: (1) the mean score of the entire metacognitive ability was statistically higher than the cutting score; (2) the mean scores of the metacognitive knowledge and metacognitive control were significantly higher than their cutting score; and (3) the mean scores of the declarative knowledge, condition knowledge, planning, monitoring, and evaluating were greater than their cutting score.

These results indicated that the students can enhance their metacognitive ability including metacognitive knowledge and metacognitive control. One reason to explain this result is that the elicitation strategies provided the students a chance to express their ideas before, during, and at the end of the instruction. During the process of expressing the ideas, the students would become aware of their own ideas and determine whether those ideas were relevant to an accepted scientific concept. Learning by becoming aware of their own thinking, the students then can improve their metacognitive

ability. Paris; & Winograd (1990: 15) stated that the teachers can promote the metacognitive ability of the students by informing directly them of insights from their own thinking and also by fostering independent learning.

Another means of improving the metacognitive ability of the students may come from re-writing a lab report. When the students had completed the laboratory, they had to turn in a lab report to the teacher. The first submission was then scored and recorded as a group on science process skills. Subsequently, the teacher had made copies of that lab report equal to the number of members of each group and returned a copy to an individual student with a scoring criterion. This process makes the students carefully compare their first answer to the scoring criterion. Most of them revised their mistakes using a red pen and returned the report to the teacher. The second submission was scored as a score for individual on the metacognitive ability. This process involved the students in improving the metacognitive control because they now knew the goal of the learning activity (e.g. need a full score) and tried to monitor their own learning to accomplish that goal.

8.2.2 The Procedural Knowledge of the Students

The result on the procedural knowledge of the students did not show evidence statistically of improving this knowledge due to learning with the learning units. This finding was consistent with the study done by Blank (2000: 486-490). Blank studied the effectiveness of the metacognitive learning cycle on content knowledge of students. The metacognitive learning cycle consisted of 4 phases namely: (1) concept assessment/status check, (2) concept exploration, (3) concept introduction/status check, and (4) concept application/status check. The results found that the students in the metacognitive class did *not* gain a greater content knowledge than the normal class.

One possible reason for this result may be a lack of several learning activities for the students to develop the procedural knowledge. To improve this knowledge, numerous activities are required. For example, Rickey and Stacy (2000: 918-919) suggested that learning activities such as the concept maps, the concept test, Predict-

Observe-Explain (POE) tasks, and the Model-Observe-Reflect-Explain (MORE) should be valued as instructional tools. Because, these tools allow the students to connect between the macroscopic and microscopic explanations; as a results, they can help the students improve their metacognitive awareness in the chemistry class. Moreover, Fairbrother (2000: 7) proposed that a group discussion should be incorporated into the normal learning because it involves in sharing both what the students understand and how they gain their understanding. Besides the group discussion, Fairbrother (2000: 9-14) also suggested a number of strategies for developing metacognitive behaviors including: (1) identifying what student knows and what they do not know; (2) talking about thinking; (3) keeping a thinking journal; (4) planning and self-regulation; and (5) debriefing the thinking process and self-evaluation. However, a failure could occur if the students were not given sufficient guidance about how to work, or how to solve a problem. Therefore, the teacher then should detail a specific behavioral objective relating to what they are expected to know, understand, and do in classroom (Fairbrother. 2000: 14).

8.3 The Science Process Skills

Discussion on science process skills of the students is divided to 2 parts including (1) the results of the science process skills of the students, and (2) the science process skills of the students concerning the designing investigation. The detail of each part is discussed as follows.

8.3.1 The Results of the Science Process Skills of the Students

Results of testing science process skills of the students showed that the mean score of the science process skills of the students after the instruction was greater than before. Further the results of comparison between the cutting score and the post-test mean score of students indicated that: (1) the entire science process skill post-test mean score were greater than the cutting score; and, (2) science process skill mean scores of the students concerning the defining operation, the formulating hypothesis, and the operationally defining were significantly higher than the cutting score. The results showed

that the students who experienced with the learning units had significantly improved their science process skills.

The above results showed that the learning units incorporated with elicitation strategy did affect science process skills of the students. In Thailand, teaching chemical bonding concepts was regularly performed without doing a laboratory because this topic was much presented as fundamental conceptual learning. However, these learning units tried to improve the science process skills of the students; therefore, 4 laboratories were created and incorporated into those learning units so that the students would related the macroscopic, microscopic, and symbolic level together to understand more thoroughly the concepts of chemical bonding. Moreover, these 4 laboratories provided the students with the opportunity to closely link between the macroscopic phenomenon from the laboratory and the explanation in the microscopic and symbolic level. In addition, Black and Harlen (1996: 219-220) added that the development of science process skills needed a well-organized content. The well-organized content should be: (1) confronting students with adequate evidence to challenge their existing ideas; (2) reinforcing students to recognize the conflict between their ideas and evidence which required skills and attitudes to be developed; (3) closely linking scientific concepts and process skills in attempting to change concepts by avoid applying the thought process in a limited range of experiences; and (4) establishing a firm theoretical ground from empirical work, that the students had already been done, for the notion of levels in relation to process skills development.

8.3.2 The Science Process Skills of the Students Concerning the Designing Investigation

The science process skills in this study were divided into 4 categories namely: (1) defining operation, (2) formulating hypothesis, (3) operationally defining, and (4) designing investigation. The results of testing the related hypothesis indicated that post-test mean score for the designing investigation was *not* greater than the cutting score. Possible reasons to explain this result included:

1. Incorporating only 4 hand-on activities might not be effective enough to develop the science process skills concerning designing investigation; therefore, several activities to develop the skills of designing investigation should be added to these learning units. This suggestion was consistent with the study done by Harrison and his colleagues (2000: 184) who stated that the progress of ability to carry out scientific

investigations needed a variety of contexts using a variety of investigations. Watson (2000: 68-69) stated that the practical work is one of the hallmarks of science, and he argued that learning science without practical work may fail to reflect the true nature of scientific activity. Watson proposed that the need for different kinds of practical activity including: (1) science process skills should be embedded in the context of the particular scientific purpose so that the students would see the relationship between theory and practice; (2) way of doing practical work which had been seen in the past was not enough; therefore, students should be provided time for trying to understand the relations between evidence and theory, and also time for discussion to make their ideas explicit.

2. Another reason might relate to Piaget's stage theory of cognitive development. That is, Harrison and his colleagues (2000: 181) reported that the implication of developing procedural understanding at *early concrete* level presented a difficulty in isolating variables and understanding the need to change one independent variable at a time. In other words, the students at this stage had difficulty in holding 2 variables in their mind and conceptualizing relationships between them.

3. One possible reason is the need for discussion time. Nakhleh; Polles; & Malina (2002: 88) discussed the importance of student's discussion in that "the discussions are where the students can make the most meaningful connections between the phenomena they observe and measure in the laboratory and the concepts they are struggling to learn in lecture." The researchers also suggested that, during pre-laboratory discussions, teachers should focus the students on what they will observe and why. During post-laboratory discussions, teachers should concentrate on helping students thinking about the data, how to analyze the data, and how to connect the data to the concepts being studied.

8.4 Attitudes towards Chemistry

The discussion part of attitudes towards chemistry is divided into 4 parts namely (1) the results of students' attitude towards chemistry in overall, (2) the easy-difficulty perspective, (3) the interest of a chemistry course, and (4) the usefulness of chemistry for further career. The detail of each part is discussed as follows.

8.4.1 The Results of Attitude towards Chemistry of the Students

The results of testing students' attitudes towards chemistry indicated that the students' overall attitude towards chemistry were at the medium level. For each aspect, the attitude towards chemistry in terms of the importance of chemistry in daily life was at the high level. However, the attitudes towards chemistry in the aspect of: (1) the easy-difficulty perspective, (2) the interest of chemistry course, and (3) the usefulness of chemistry course for further career were at the medium level. Most aspects of this finding were similar to the study conducted by Salta & Taougraki (2004). The researchers conducted their study with 11th grade Greek students and their results found that: (1) the students had a neutral attitude towards the difficulty of chemistry; (2) student's attitudes regarding interest of chemistry was neutral; (3) the students had positive attitude towards the importance of chemistry in their life; and (4) students' attitude concerning the usefulness for their future career was negative.

However, Simon (2000:109) studied the attitudes of students towards school science. The results showed that the students had the highest positive attitudes towards the school science when the students were at or before the age of 11 and then this attitude declined significantly with increase in age. Simon explained that the students had entered a secondary school with a highly favorable attitude towards science and highly interest in science. The decline in positive attitude was due to their experience of school science.

A student's attitude towards chemistry is affected by many factors. One factor is concerned with laboratory instruction. The following research was reviewed and the findings support the ideas of using the laboratory to develop more positive students' attitude towards science. Freedman (1997: 343) investigated the use of a hand-on laboratory program as a means of improving student's attitude towards science. The results showed that the laboratory instruction influenced, in a positive direction, the students' attitude towards science, and influenced their achievement in science knowledge. Moreover, evidence from the study done by Johnstone; & Sleet (1994: 77) supported the conclusion that learning with well-organized laboratory courses did improve attitudes of the students towards chemistry.

In addition, Simon (2000:110-114) proposed factors influencing positive students' attitude towards science including: (1) an effective teaching, (2) the high level of involvement of the students, (3) the high level of personal support between teachers and

students, (4) the positive relationships among students, and (5) the use of a variety of teaching strategies. Furthermore, Simon (2000:110-114) stated that the most common reasons why the students like or dislike the subject related to the teacher. According to Simon, good teachers should: (1) be enthusiastic about their subject; (2) set science lessons in everyday contexts and run well-ordered science lessons; (3) be sympathetic and willing to spend time on talking to students about science, careers and individual problems.

8.4.2 The Easy-difficult Perspective

As stated at the beginning in this Discussion section, students' attitudes towards chemistry concerning the easy-difficult perspective were at the medium level. This finding is in agreement with the study conducted by Salta; & Taougraki (2004) in that 11th grade Greek students considered chemistry to be neither difficult nor easy (neutral or medium level).

However, the information gained from students' opinions towards the learning unit showed that some students perceived chemistry as the most difficult subject; therefore, they would not choose to learn anything related to chemistry. This result may suggest that the learning units incorporated with the elicitation strategy would not be sufficient to enhance students' attitudes positively towards chemistry concerning the easy-difficult perspective. Moreover, Simon (2000:110-114) suggested that the students perceived the science as a difficult subject; and, they thought that science was only taken by a high achieving student. This finding agreed with the statement of previous research finding in that when science is more advance and far from daily experience, the students may lose interest in it (Aiken; & Aiken. 1969: 295; Bybee. 2008: 123; Gardner. 1975: 1).

The fact that the students may bring not only alternative concepts to a science classroom, but also negative attitudes towards science. These may well influence subsequent learning (Scott; Asoko; & Driver. 1992: 325; Laforgia. 1988: 407-408). Particularly in the chemistry class, lacking of attention to students' attitudes may cause some unexpected results (Menis. 1983: 190; Koballa; & Crawley. 1985: 222). One possible way of improve attitudes towards chemistry was proposed by Cheung (2009: 88). The researcher had documented that chemistry educators need a good strategy for making chemistry more make-friendly in order to improve students' attitude towards chemistry. The key to make chemistry lessons more make-friendly is probably: (1) the use of inquiry-based

laboratory work; and (2) the use of the humanistic approach to designing the chemistry curriculum.

8.4.3 The Interest of Chemistry Course

The attitudes towards chemistry concerning the interest of chemistry course were at the medium level. This finding is in agreement with the study conducted by Salta & Taougraki (2004) in that 11th grade Greek student's attitudes regarding the interest of chemistry was neutral or at the medium level. This result can be explained in that the concepts of chemical bonding taught for high school students are complex and abstract. Therefore, this finding agreed with the statement proposed by several researchers in that when science is more advance and far from daily experience, the students may lose interest in it (Aiken; & Aiken. 1969: 295; Bybee. 2008: 123; Gardner. 1975: 1).

Nevertheless, to maintain the students' interest in the subject, Watson (2000: 57-58) suggested that a variety of practical works may help such as: (1) scientific investigations, (2) skills training, (3) teacher demonstration to promote students' discussion, (4) problem-solving activities, (5) heuristic practical activities that encourage accurate observation and description, make phenomena more real, and promote a logical thinking among students. In addition, Nakhleh; Polles; & Malina (2002: 87) stated that students are interested in investigating questions if these are related to their life outside of a chemistry course such as UV blocking agents in suntan lotions or eyeglasses.

8.4.4 The Usefulness of Chemistry for Further Career

Students' attitudes towards chemistry concerning the usefulness of chemistry course for further career were at the medium level. This finding contrasts to the results of the study done by Salta; & Taougraki (2004) in that 11th grade Greek student's attitudes regarding the usefulness of chemistry for further career was negative. In other word, chemistry was not useful for their future career for this group of the students.

The study done by Simon (2000:110-114) suggested that the students perceived science as a difficulty subject; and, the students thought that science was only taken by high achievement student; therefore, this perception had implications for students' self-image and career choice. Moreover, Fairbrother (2000: 18-19) proposed that the teacher should discuss the intrinsic purpose of learning which plays an important role in learning science. The teacher should encourage students concerning the advantages of

learning science including: (1) clarifying why you are learning science and all the implications of science in our lives; and (2) recognizing that learning science has many positive advantages such as in having a greater choice of career.

9. Recommendations

The contribution of the research findings on developing and implementing the learning units incorporated with elicitation strategy should be considered as part of the implementation process. To utilize these findings, several recommendations are proposed.

9.1 Recommendations for Classroom Practice

The results of this study suggested the need for a chemistry teacher to change their traditional classroom practice taking account of the following issues.

1. The teacher should allow more time for the students to make their ideas explicit. Learning with understanding will occur when the students have enough time to make their ideas explicit and also test out new ways of thinking. If there is insufficient time in the learning process, the students will want to be told only the right answer aligned with the final exam but they will not value their current understanding or thinking.

2. The teachers should create a friendly environment during chemistry instruction. From the classroom observation, when the elicitation strategy was implemented, the students felt threatened by teachers and they are discouraged to express their ideas because they were afraid of being wrong. Therefore, the friendly environment is required for students to become actively involved in the learning process. If the students do not feel threatened by teachers, they may feel freer to discuss their ideas, ask questions, or explain their ideas to the class; as a result, this chemistry learning will provide more meaning for the students.

3. Incorporating planned formative assessment should be considered as an effective way of teaching chemistry. By doing this, Black and Harrison (2000: 35) suggested that the teacher should choose task or carefully design an elicitation question in such a way that: (1) the well-structure task will stimulate students' learning and thinking; (2)

the benefit from the task of elicitation activity has to be aligned with the learning objectives; and, (3) the task should be clearly communication to the students.

4. The suggestion from this study concerning how to promote students' metacognitive ability agreed with Fairbrother (2000: 14) in that it is an important requirement for a teacher: (1) to tell students directly about a learning strategy; (2) to give the students opportunities to practice the strategy to solve problems; and (3) to encourage the students to exchange ideas and experiences about what they have learned and how they achieved the learning.

9.2 Recommendation for School Administration

Before using the learning units incorporating an elicitation strategy, the school administrator should make an agreement among chemistry teachers in terms of their understanding on a role of the teacher in planned formative assessment focusing on action by giving feedback to the students. Black and Harrison (2000: 32-34) stated that when formative assessment has been emphasized, it found that students fear of assessment from their experiences of summative assessment; therefore, giving feedback to individual students should focus on the particular quality of the work, and include the advice on what the student can do to improve his or her work. Black and Harrison (2000: 32-34) also emphasized that the teacher should avoid the comparisons among the students because it causes negative impact of assessment. That is, if the teacher emphasizes the competition rather than the personal improvement, the feedback from teacher will cause those students with low attainment not to learn and to become unmotivated. School administrators need to be awareness of the recommendations on professional development and supportive of such in-service training for teachers. This is important if teachers are to acquire the knowledge and skills to be successful in incorporating such strategies into their teaching.

9.3 Recommendations for Professional Development

The findings of this study can be useful for a professional development program. The teacher should be trained for effective use of the learning units incorporated

with an elicitation strategy. Particularly, the role of the teachers in carrying out formative assessment in a way for: (1) making students' ideas explicit by using the elicitation activity; (2) interpreting the students' ideas by following the science criterion; and, (3) taking action by giving the feedback to the students must intensively be well understand. Moreover, the teacher should know how to give good feedback to the individual and to the whole class. This process needs experienced teachers and also the teacher must be competent in the content areas; otherwise, this will contribute to serious mistakes and cause unexpected outcome in chemistry learning.

9.4 Recommendations for Curriculum Developers

Curricular materials should be designed in anticipation and acceptance of the fact that the development of the scientific concepts requires an extended period of time because this process will not occur suddenly among students. There is need for time for students to develop their level of understanding of important scientific concepts. Also, it must be recognized that the chemical bonding concepts are abstract and complex; therefore, the students need more learning materials and more learning strategies in order to accomplish this topic. The elicitation strategy as a part of planned formative assessment should be adopted and applied in a wide range of chemistry concepts to promote students' understanding and also improve students' knowing how to learn and how to deal with their own learning (metacognitive knowledge and metacognitive control).

Nonetheless, the improvement of students' science process skills as a result of experiencing this learning unit is still problematic and leaves something to be desired still; therefore, the curriculum developers should designed more hand-on activities which are relevant to the chemical bonding concepts. According to Harrison and his colleagues (2000: 184), the learning units should involve a variety of learning activities for the students to carry out scientific investigations and develop procedural understanding in various contexts.

9.5 Recommendations for Further Study

From the findings of this study, incorporating the elicitation strategy as a planned formative assessment into the instruction was able to enhance student's conceptual development and metacognitive ability regarding to the chemical bonding concept. Further research could be conducted which relates to:

1. Developing an elicitation activity for other science content topics. Several areas in chemistry such as equilibrium, acid-base, and electrochemistry are considered by many students as conceptually difficult topics. Students could easily develop alternative conception related to those concepts. Therefore, the elicitation activity should be developed for incorporating into these areas and their related concepts to ensure that students avoid developing any alternative concepts.

2. Developing the metacognitive inventory for other science content topics. In this study, the metacognitive inventory concerning the chemical bonding concepst have been developed. The guidelines for developing the test items and the scoring criteria were also generated and reported. These can be useful for any further studies which focus on metacognitive assessment. In order to examine the metacognitive ability related to other science content, the inventory should be developed based on the guidelines. Any correlations between the metacognitive ability and the learning achievement should be analyzed to test if it provides support for the research claim that metacognitive ability relates to students' learning.

BIBLIOGRAPHY

BIBLIOGRAPHY

Adey, P. (2000). Science Teaching and the Development of Intelligence. In *Good Practice in Science Teaching: What Research Has to Say*. Monk, M. and Osborne, J. (editors). pp. 158-173. Philadelphia (PA): Open University Press.

Anderson, C. W. (2007). Perspective on Science Learning. In *Handbook of Research on Science Education*. Abell, S. K.; & Lederman, N. G. (editors). pp. 3-30. Mahwah (NJ): Lawrence Erlbaum Associates.

Anderson, L. W.; & Krathwohl, D. R. (editors). (2001). A *Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Wesley Longman.

Appleton, K.; & Asoko, H. M (1996, April). A Case Study of a Teacher's Progress toward Using a Constructivist View of Learning to Inform Teaching in Elementary Science. *Science Education*. 80(2): 165-180.

Aiken, L. R.; & Aiken, D. R. (1969, October). Recent Research on Attitudes Concerning Science. *Science Education*. 53 (4): 295-305.

Ausubel, D. P.; Novak, J. D.; & Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: A Cognitive View*. 2nd ed. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Baird, J. R. (1990). Metacognition, Purposeful Enquiry and Conceptual Change. In *The Student Laboratory and the Science Curriculum*. Hegarty-Hazel, E. (editor). pp. 183-200. London: Routledge.

Baird, J. R.; & White, R. T. (1996). Metacognitive Strategies in the Classroom. In *Improving Teaching and Learning in Science and Mathematics*. Treagust, D. F.; Duit, R.; & Fraser, B. J. (editors). pp. 190-200. New York: Teacher College Press.

Barker, V.; & Millar, R. (2000, November). Students' Reasoning about Basic Chemical Thermodynamics and Chemical Bonding: What Changes Occur During a Context-Based Post-16 Chemistry Course? *International Journal of Science Education*. 22(11): 1171-1200.

Bell, B.; & Cowie, B. (2001). *Formative Assessment and Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Bennett, J. (2003). *Teaching and Learning Science*. London: Continuum.

Berk, R. A. (1976: Winter). Determination of Optional Cutting Scores in Criterion-Referenced Measurement. *Journal of Experimental Education*. 45(2): 4-9.

Bessa, J.; & Tavares, J. (2004, September). Students' Academic Experiences on Higher Education: Scale Development and Validation. Paper presented at the European Conference on Educational Research, University of Crete, 22nd-25th September 2004. pp. 1-11.

Birk, J. P.; & Kurtz, M. J. (1999, January). Effect of Experience on Retention and Elimination of Misconceptions about Molecular Structure and Bonding. *Journal of Chemical Education*. 76(1): 124-128.

Black, P.; & Harlen, W. (1996). How Can We Specify Concepts for Primary Science? In *Children's Informal Ideas in Science*. Black, P. J.; & Lucas, A. M. (editors). pp. 208-229. London: Routledge.

Black, P.; & Harrison, C. (2000). Formative Assessment. In *Good Practice in Science Teaching: What Research Has to Say*. Monk, M. and Osborne, J. (editors). pp. 25-40. Philadelphia (PA): Open University Press.

Blank, L. M. (2000, July). A Metacogntive Learning Cycle: A Better Warranty for Student Understanding? *Science Education*. 84(4): 486-506.

Bloom, B. S.; Madaus, G. F.; & Hastings, J. T. (1981). *Evaluation to Improve Learning*. New York: McGraw-Hill.

Bodner, G. M. (1986, October). Constructivism: A Theory of Knowledge. *Journal of Chemical Education*. 63(10): 873-878.

Boo, H. K. (1998, May). Students' Understandings of Chemical Bonds and the Energetic of Chemical Reactions. *Journal of Research in Science Teaching*. 35(5): 569-581.

Brown, A. L. (1987). Metacognition, Executive Control, Self-Regulation and Other Mysterious Mechanisms. In *Metacognition, Motivation, and Understanding*. Weinert, F. E.; & Kluwe, R. H. (editors). pp. 65-116. Hillsdale(NJ): Erlbaum.

Buck, G. A.; Trauth-Nare, A.; & Kaftan, J. (2010, April). Making Formative Assessment Discernable to Pre-Service Teachers of Science. *Journal of Research in Science Teaching*. 47(4): 402-421.

Burns, J. C.; Okey, J. R.; & Wise, K. C. (1985, February). Development of an Integrated Process Skill Test: TIPS II. *Journal of Research in Science Teaching*. 22(2): 169-177.

Bybee, R. W.; Powell, J. C.; & Trowbridge, L. W. (2008). *Teaching Secondary School Science: Strategies for Developing Scientific Literacy*. 9th ed. Columbus: Prentice Hall.

Çalik, M.; Ayas, A.; & Coll, R. K. (2010, February). Investigating the Effectiveness of Teaching Methods Based on a Four-Step Constructivist Strategy. *Journal of Science Education and Technology*. 19(1): 32-48.

Carey, S. (2000, January/February). Science Education as Conceptual Change. *Journal of Applied Developmental Psychology*. 21(1): 13-19.

Cheung, D. (2009). Students' Attitudes toward Chemistry Lessons: The Interaction Effect between Grade Level and Gender. *Research in Science Education*. 39:75-91

Clement, J. (1993, October). Using Bridging Analogies and Anchoring Intuitions to Deal with Students' Preconceptions in Physics. *Journal of Research in Science Teaching*. 30(10): 1241-1257.

Collette, A. T.; & Chiappetta, E. L. (1994). *Science Instruction in the Middle and Secondary Schools*. 3rd ed. New York: MacMillan.

Coll, R. K.; & Taylor, N. (2002, May). Mental Models in Chemistry: Senior Chemistry Students' Mental Models of Chemical Bonding. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*. 3(2): 175-184.

Coll, R. K.; & Treagust, D. F. (2001, September). Learners' Mental Models of Chemical Bonding. *Research in Science Education*. 31(3): 357-382.

----------. (2003, May). Investigation of Secondary School, Undergraduate, and Graduate Learners' Mental Model of Ionic Bonding. *Journal of Research in Science Teaching*. 40(5): 464-486.

Coll, R. K.; & Treagust, D. F. (2003, September). Learners' Mental Models of Metallic Bonding: A Cross-Age Study. *Science Education*. 87(5): 685-707.

Dalgety, J.; Coll, R. K. & Jones, A. (2003, August). Development of Chemistry Attitudes and Experiences Questionnaire (CAEQ). *Journal of Research in Science Teach*ing. 40(7): 649-668.

DeFranco, T. C. (1987). Metacognition and Mathematical Problem Solving. In Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematices. July 26-29, 1987. Cornell University, Ithaca, NY, USA.

DePosada, J. M. (1997, July). Conceptions of High School Students Concerning the Internal Structure of Metals and Their Electric Conduction: Structure and Evolution. *Science Education*. 81(4): 445-467.

Driver, R. H. (1987). Promoting Conceptual Change in Classroom Settings: The Experience of the Children's Learning in Science Project. In Proceedings of the Science International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. pp. 97-107. July 26-29, 1987. Cornell University, Ithaca, NY, USA.

----------. (1988). Theory into Practice II: A constructivist Approach to Curriculum Development. In *Development and Dilemmas in Science Education*. Fensham, P. (editor). pp. 133-149. London: Falmer Press.

Driver, R. H.; & Scott, P. H. (1996). Curriculum Development as Research: A Constructivist Approach to Science Curriculum Development and Teaching. In *Improving Teaching and Learning in Science and Mathematics.* Treagust, D. F.; Duit, R.; & Fraser, B. J. (editors). pp. 94-108. New York: Teacher College Press.

Dochy, F. (1995). Prior Knowledge and Learning. In *International Encyclopedia of Teaching and Teacher Education*. 2nd ed. pp. 382-387. Anderson, L. W. (editor). Oxford: Pergamon.

Dodd, D. H.; & White, R. M. (1980). *Cognition, Mental Structures and Processes*. Boston (Massachusettl): Allyn and Bacon.

Erduran, S.; & Scerri, E. (2002). The Nature of Chemical Knowledge and Chemical Education. In *Chemical Education: Towards Research-Based Practice*. Gilbert, J. K.; et al. (editors). pp. 7-27. Dordrecht (Netherlands): Kluwer Academic Pubishers.

Fairbrother, R. (2000). Strategies for Learning. In *Good Practice in Science Teaching: What Research Has to Say*. Monk, M. and Osborne, J. (editors). pp. 7-24. Philadelphia (PA): Open University Press.

Feldman, J.; & McPhee, D. (2008). *The Science of Learning and the Art of Teaching*. New York: Thomson Delmer Learning.

Fensham, P. (1988). Familiar but Different: Some Dilemmas and New Directions in Science Education. In *Development and Dilemmas in Science Education*. Fensham, P. (editor). pp. 1-26. Philadelphia: Falmer Press.

Flavell, J. H. (1976). Metacognitive Aspects of Problem Solving. In *The Nature of Intelligence*. Pesnick, L. B. (editor). pp. 231-235. Hillsdale (NJ): Erlbaum.

----------. (1979, October). Metacognition and Cognitive Monitoring- A New Area of Cognitive-Developmental Inquiry. *American Psychologist.* 34(10): 906-911.

Frailich, M.; Kesner, M.; & Hofstein, A. (2009, March). Enhancing Students' Understanding of the Concept of Chemical Bonding by Using Activities Provided on an Interactive Website. *Journal of Research in Science Teaching*. 46(3): 289-310.

Freedman, M. P. (1997, April). Relationship among Laboratory Instruction, Attitude toward Science, and Achievement in Science Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*. 34(4): 343-357.

Gabel, D. (1999, April). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education.* 76(4): 548-554.

Gall, M. D.; Gall, J. P.; & Borg, W. R. (2003). *Education Research: An Introduction*. 7th ed. Boston: Pearson Education.

Gallagher, J. J. (2000, October). Teaching for understanding and application of science knowledge. *School Science and Mathematics*. 100(6): 310-318.

----------. (2007). *Teaching Science for Understanding: A Practical Guide for Middle and High School Teacher.* New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Gardner, P. L. (1975). Attitude to Science: A Review. *Studies in Science Education*. 2: 1-41.

----------. (1995, September). Measuring Attitudes to Science: Unidimensionality and Internal Consistency Revisited. *Research in Science Education*. 25(3): 283-289.

Garrett, J.; Alman, M.; Gardner, S.; & Born, C. (2007, February). Assessing Students' Metacognitive Skills. *American Journal of Pharmaceutical Education*. 71(1): 1-7.

Georghiades, P. (1999). Conceptual Change Learning in Primary Science: A Step Forward? Paper Presented at the British Educational Research Association Annual Conference, University of Sussex at Brighton. September 2-5, 1999. pp. 1-20.

----------. (2004, February). From the General to the Situated: Three Decades of Metacognition. *International Journal of Science Education*. 26(3): 365-383.

Georgiadou, A.; & Tsaparlis, G. (2000). Chemistry Teaching in Lower Secondary School with Methods Based on: A) Psychological Theories; B) the Macro, Representational, and Submicro Levels of Chemistry. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*. 1(2): 217-226.

Good, R. G. (1989). Toward a Unified Conception of Thinking: Prediction Within a Cognitive Science Perspective. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. (22 pages), San Francisco, CA.

Gunstone, R. F. (1994). The Importance of Specific Science Content in the Enhancement of Metacognition. In *The Content of Science: A Constructivist Approach to its Teaching and Learning.* Fensham, P.; Gunstone, R.; & White, R. (editors). pp. 131-146. Washington, D.C.: Falmer Press.

Harrison, A. G.; & Treagust, D. F. (2000, May). Learning about Atoms, Molecules, and Chemical Bonds: A Case Study of Multiple-Model Use in Grade 11 Chemistry. *Science Education*. 84 (3): 352-381.

Harrison, C.; Simon, S.; & Watson, R. (2000). Progression and Differentiation. In *Good Practice in Science Teaching: What Research Has to Say*. Monk, M.; & Osborne, J. (editors). pp. 174-189. Philadelphia (PA): Open University Press.

Hartman, H. J. (1998, March). Metacognition in Teaching and Learning: An Introduction. *Instructional Science*. 26(1-2): 1-3.

Hennessey, M. G. (1993). Students' Ideas about Their Conceptualization: Their Elicitation Through Instruction. Paper given in the strand on Conceptual Change at the Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching. Atlanta GA. April 1993.

----------. (2003). Metacognitive Aspects of Students' Reflective Discourse Implications for Intentional Conceptual Change Teaching and Learning. In *Intentional Conceptual Change*. Sinatra, G. M.; & Printrich, P. R. (editors). pp.103-132. Mahwah(NJ): Lawrence Erlbaum Associates.

Hewson, M. G. (1992, January/February). Clinical Teaching in the Ambulatory Setting. *Journal of General Internal Medicine*. 7(1): 76-82.

----------. (1993, July). Patient education through teaching for conceptual change. *Journal of General Internal Medicine.* 8(7): 393-398.

Hewson, P. W. (1996). Teaching for Conceptual Change. In *Improving Teaching and Learning in Science and Mathematics*. Treagust, D. F. (editor). pp. 131-140. New York: Teacher College Press.

Hewson, P. W.; & Thorley, N. R. (1989). The Conditions of Conceptual Change in the Classroom. *International Journal of Science Education*. 11(5): 541-553.

Hewson, P. W.; Beeth, M. E.; & Thorley, N. R. (1998). Teaching for Conceptual Change. In *International Handbook of Science Education*. Fraser, B. J.; & Tobin, K. G. (editors). pp. 199-218. Great Britain: Kluwer Academic Publishers.

Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2001). *Chemistry volume 1*. Bangkok: Kurusapa Lardprao.

----------. (2001). *Chemistry volume 1: A Teacher Handbook*. Bangkok: Kurusapa Lardprao.

Israel, S. E. (2007). *Using Metacognitive Assessments to Create Individualized Reading Instruction*. Newark, Delaware (DC): International Reading Association.

Johnstone, A. H.; & Sleet, R. J. (1994, March). An Information Processing Model of Learning: Its Application to an Undergraduate Laboratory Course in Chemistry. *Studies in Higher Education*. 19(1): 77-87.

Johnstone, A. H. (2000). Teaching of Chemistry: Logical or Psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*. 1(1): 9-15.

Kellogg, R. T. (1995). *Cognitive Psychology*. California: Sage Publications.

Koballa, T. R.; & Crawley, F. E. (1985, March). The Influence of Attitude on Science Teaching and Learning. *School Science and Mathematics*. 85(3): 222-232.

Koballa, T. R. (1988, April). Attitude and Related Concepts in Science Education. *Science Education.* 72(2): 115-126.

Laforgia, J. (1988, July). The Affective Domain Related to Science Education and Its Evaluation. *Science Education*. 72(4): 407-421.

Levy-Nahum, T.; Mamlok-Naaman, R.; & Hofstein, A. (2007, July). Developing a New Teaching Approach for the Chemical Bonding Concept Aligned with Current Scientific and Pedagogical Knowledge. *Science Education*. 91(4): 579-603.

Likert, R. (1932). A Technique for Measurement of Attitude. *Archives of Psychology*. 140: 5-55.

Luan Saiyod; & Angkana Saiyod. (2000). *Techniques on Educational Assessment*. Bangkok: Chomromdek Publishing House.

Lythcott, J. (1990, March). Problem Solving and Requisite Knowledge of Chemistry. *Journal of Chemical Education.* 67(3): 248-252.

Menis, J. (1983). Attitudes towards Chemistry as Compared with Those towards Mathematics, among Tenth Grade Pupils (Age 15) in High Level Secondary Schools in Isarael. *Research in Science & Technological Education*. 1(2): 185-191.

Menis, J. (1989). Attitudes towards School, Chemistry and Science among Upper Secondary Chemistry Students in the United States. *Research in Science & Technological Education*. 7(2): 183-190.

Mill, P.; & Sweeney, W. (2007, September/October). Bond Breaking Misconception. *Journal of College Science Teaching*. 37(1): 11.

Miller, L. S.; Nakhleh, M. B.; Nash, J. J.; & Meyer, J. A. (2004, December). Students' Attitude toward and Conceptual Understanding of Chemical Instrumentation. *Journal of Chemical Education*. 81(12): 1801-1808.

Moyer, R. H.; Hackett, J. K.; & Everett, S. A. (2007). *Teaching Science as Investigations: Modeling Inquiry Through Learning Cycle Lessons*. Upper Saddle River(NJ): Pearson Merrill/Prentice Hall.

Moyer, R. H.; & Everett, S. A. (2008). Examining the Ability to Construct a 5E Learning Cycle Science Lesson Plan. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching (NARST). pp.1-15. March 30-April 2, 2008. Baltimore, MD.

Mulford, D. R.; & Robinson, W. R. (2002, June). An Inventory for Alternate Conceptions among First-Semester General Chemistry Students. *Journal of Chemical Education*. 79(6): 739-744.

Nakhleh, M. B. (1992, March). Why Some Students Don't Learn Chemistry? *Journal of Chemical Education*. 69(3): 191-196.

Nakhleh, M. B.; Polles, J.; & Malina, E. (2002). Learning Chemistry in A Laboratory Environment. In *Chemical Education: Toward Research-Based Practice*. Gilbert, J. K.; Jong, O. D.; Justi, R.; Treagust, D. F.; & Van Driel, J. H. (editors). pp. 69-94. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Nelson, T. O.; & Narens, L. (1996). Why Investigate Metacognition? In *Metacognition: Knowing about Knowing*. Metcalfe. J.; & Shimamura, A. P. (editors). pp. 1-25. Cambridge (MA): The MIT Press.

Nicol, D. J.; Macfarlane-Dick, D. (2006, April). Formative Assessment and Self-Regulated Learning: A Model and Seven Principles of Good Feedback Practice. *Studies in Higher Education*. 31(2): 199-218.

Nicoll, G. (2001, July). A Report of Undergraduates' Bonding Misconceptions. *International Journal of Science Education*. 23(7): 707-730.

Niedderer, H. (1987). A Teaching Strategy Based on Students' Alternative Frameworks-Theoretical Concept and Examples. In Proceedings of the Science International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. pp. 350-366. July 26-29, 1987. Cornell University, Ithaca, NY, USA.

Nieswandt, M. (2007, September). Student Affect and Conceptual Understanding in Learning Chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*. 44(7): 908-937.

Nussbaum, J. (1998). History and Philosophy of Science and the Preparation for Constructivist Teaching: The Case of Particle Theory. In *Teaching science for Understanding: A Human Constructivist View*. Joel J. Mintzes; James H. Wandersee; & Joseph D. Novak (Editors). San Diego: Academic press.

Oosterhof, A. (1994). *Classroom Applications of Educational Measurement*. 2nd ed. New York: Macmillan College Publishing.

Ostlund, K. L. (1992). *Science Process Skills: Assessing Hands-On Student Performance*. Menlo Park (California): Addison-Wesley Publishing.

Paris, S. G.; & Jacobs, J. E. (1984, December). The Benefits of Informed Instruction for Children's Reading Awareness and Comprehension Skills. *Child Development.* 55(6): 2083-2093.

Paris, S. G.; & Winograd, P. (1990). How Metacognition Can Promote Academic Learning and Instruction. In *Dimensions of Thinking and Cognitive Instruction.* Jones, B. F.; & Idol, L. (editors). pp. 15–51. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum.

Peterson, R. F.; & Treagust, D. F. (1989, June). Grade-12 Students' Misconceptions of Covalent Bonding and Structure. *Journal of Chemical Education*. 66(1): 459-460.

Pintrich, P. R. (2002, August). The Role of Metacognitive Knowledge in Learning, Teaching, and Assessing. *Theory into Practice*. 41(4): 219-225.

Posner, G. J.; Strike, K. A.; Hewson, P. W; & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*. 66(2): 211-227.

Raming, J. E.; Bailer, J.; & Ramsey, J. M. (1995). *Teaching Science Process Skills*. Torrance (CA): Good Apple.

Rezba, R. J.; Sprague, C.; & Fiel, R. L. (2003). *Learning and Assessing Science Process Skills*. 4th ed. Dubuque (Iowa): Kendall/Hunt Publishing.

Rickey, D.; & Stacy, A. M. (2000, July). The Role of Metacognition in Learning Chemistry. *Journal of Chemical Education*. 77(7): 915-920.

Robinson, W. R. (1998, September). An Alternative Framework for Chemical Bonding. *Journal of Chemical Education*. 75 (9): 1074-1075.

Ruiz-Primo, M. A.; & Furtak, E. M. (2007, January). Exploring Teachers' Informal Formative Assessment Practices and Students' Understanding in the Context of Scientific Inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*. 44(1): 57-84.

Salta, K.; & Taougraki, C. (2004, July). Attitude toward Chemistry among 11th Grade Students in High School in Greece. *Science Education*. 88 (4): 535-547.

Schraw, G. (1998, March). Promoting General Metacognitive Awareness. *Instructional Science.* 26(1-2): 113-125.

Scott, P.; Dyson, T.; & Gater, S. (1987). A Constructivist View of Learning and Teaching in Science. Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education Children's Learning in Science Project (23 pages), June 1987.

Scott, P. H.; Asoko, H. M.; & Driver, R. H. (1992). Teaching for Conceptual Change: A Review of Strategies. In *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. Duit, R.; Goldberg, F.; & Niedderer, H. (editors). pp. 310-329. Kiel (Germany): IPN.

Scott, P. H.; Asoko, H. M.; & Leach, J. (2007). Student Conceptions and Conceptual Learning in Science. In *Handbook of Research on Science Education*. Abell, S. K.; & Lederman, N. G. (editors). pp.31-52. New York: Lawrence Erlbaum Associates.

Simon, S. (2000). Students' Attitudes towards Science. In *Good Practice in Science Teaching: What Research Has to Say*. Monk, M.; & Osborne, J. (editors). pp. 104-119. Philadelphia (PA): Open University Press.

Smith, E. L. (1987). What Besides Conceptions Needs to Change in Conceptual Change Learning? In Proceedings of the Science International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. pp. 424-433. July 26-29, 1987. Cornell University, Ithaca, NY, USA.

Smith, E. L.; Blakeslee, T. D.; & Anderson, C. W. (1993, February). Teaching Strategies Associated with Conceptual Change Learning in Science. *Journal of Research in Science Teaching*. 30(2): 111-126.

Taagepera, M.; Arasasignham, R.; Potter, F.; Soroudi, A.; & Lam, G. (2002, June). Following the Development of the Bonding Concept Using Knowledge Space Theory. *Journal of Chemical Education.* 79(6): 756-762.

Taber, K. S. (1993, June). Student conceptions of chemical bonding: using interviews to follow the development of A level students' thinking. Paper presented at the Conference on On-going Research, Facets of Education - Dimensions of Research Institute of Educational Research and Development, University of Surrey. June 1993. Available online at http://www.leeds.ac.uk/educol. Retrieved March 20, 2008.

----------. (1998, June). An Alternative Conceptual Framework from Chemistry Education. *International Journal of Science Education*. 20(5): 597-608.

----------. (1999). An explanatory model for conceptual development during A-level chemistry. Paper presented at the British Educational Research Association Annual Conference, University of Sussex at Brighton, September 2-5, 1999.

----------. (2002a). *Chemical Misconceptions-Prevention, Diagnosis, and Cure: Volume I Theoretical Background*. London: Royal Society of Chemistry.

----------. (2002b). The Constructivist View of Learning: How Can It Inform Assessment? An Invited Presentation to the University of Cambridge Local Examinations Syndicate (UCLES), Research and Evaluation Division, May 27, 2002.

Taber, K. S.; & Coll, R. K. (2002). Bonding. In *Chemical Education: Towards Research-Based Practice*. Gilbert, J. K.; et al. (editors). pp. 213-234. Dordrecht (Netherlands): Kluwer Academic Publishers.

Tan, K. D.; & Treagust, D. F. (1999, September). Evaluating Students' Understanding of Chemical Bonding. *School Science Review*. 81(294): 75-83.

Targan, D. (1987). A study of conceptual change in the content domain of the lunar phases. In Proceedings of the Science International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. pp. 499-511. July 26-29, 1987. Cornell University, Ithaca, NY, USA.

Tasana Chantanapitan. (1997). Misconceptions of Molecules of Mathayomsuksa Five Science Program Students in the Seventh Group of Secondary School Center in Bangkok. Thesis, M.Ed. (Teaching Science). Bangkok: Graduate School, Kasetsart University.

Teichert, M. A.; & Stacy, A. M. (2002, August). Promoting Understanding of Chemical Bonding and Spontaneity through Student Explanation and Integration of Ideas. *Journal of Research in Science Teaching*. 39(6): 464-496.

Treagust, D. F.; Chittleborough, G.; & Mamiala, T. L. (2003, November). The Role of Submicroscopic and Symbolic Representations in Chemical Explanations. *International Journal of Science Education.* 25(11): 1353-1368.

Turnbull, J.; & Brown, N. (2005). Raising Awareness of Metacognition for HE Students: A Questionnaire Approach to Assessing Metacognitive Patterns. Paper presented at the British Educational Research Association Annual Conference, University of Glamorgan. 14-17 September 2005.

Unal, S.; Calik, M.; Ayas, A.; & Coll, R. K. (2006, November). A Review of Chemical Bonding Studies: Needs, Aims, Methods of Exploring Students' Conceptions, General Knowledge Claims and Students' Knowledge Claims and Students' Alternative Conceptions. *Research in Science & Technological Education*. 24(2): 141-172.

Uzuntiryaki, E. (2003). Constructivist Approach: Removing Misconceptions about Chemical Bonding. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Philadelphia, Pennsylvania [March 23-26, 2003].

Veenman, M. V. J.; Van Hout-Wolters, B.; & Afflerbach, P. (2006, April). Metacognition and Learning: Conceptual and Methodological Considerations. *Metacognition Learning*. 1(1): 3-14.

Victori, M. (2004, June). Eliciting and Fostering Learners' Metacognitive Knowledge about Language Learning in Self-Directed Learning Programs: A Review of Data Collection Methods and Procedures. Publish June 14, 2004. Retrieved March 20, 2008 from http://hdl.handle.net/2072/136.

Watson, R. (2000). The Role of Practical Work. In *Good Practice in Science Teaching: What Research Has to Say*. Monk, M. and Osborne, J. (editors). pp. 57-71. Philadelphia (PA): Open University Press.

Weinert, F. E. (1987). Introduction and Overview: Metacognition and Motivation as Determinants of Effective Learning and Understanding. In *Metacognition, Motivation, and Understanding.* Weinert, F. E.; & Kluwe, R. H. (editors). pp. 1-16. Hillsadale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates.

Weinert, F. E.; & Kluwe, R. H. (1987). *Metacognition, Motivation, and Understanding*. Hillsadale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates.

White, R. T.; & Gunstone, R. F. (1992). *Probing Understanding*. London: Falmer Press.

Winberg, T. M.; & Berg, C. A. (2007, October). Students' Cognitive Focus During a Chemistry Laboratory Exercise: Effects of a Computer-Simulated Prelab. *Journal of Research in Science Teaching*. 44(8): 1108-1133.

Wolters, M. A. (1987). Schooling and the development of metacognition. In Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. July 26-29,1987 Cornell University, Ithaca, NY, USA

APPENDIX

APPENDIX A

Lists of the Experts and the Participating Teachers

1. Experts who evaluated the learning units consisting of the Teacher's Guide Book and Student Book

1.1 Assoc. Prof. Dr. Prasert Sripiroj
Retired professor
Department of Chemistry, Faculty of Science, Srinakharinwirot University

1.2 Mr. Seksun Kachamart
Srinakharinwirot University Demonstration School

1.3 Mrs. Nanthavan Hansawek
Head of Chemistry Department
The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST)

2. Experts who evaluated the chemical bonding concept test

2.1 Mr. Seksun Kachamart
Srinakharinwirot University Demonstration School

2.2 Mrs. Nanthavan Hansawek
Head of Chemistry Department
The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST)

2.3 Assist. Prof. Dr. Teerayuth Liwporncharoenvong
Department of Chemistry, Faculty of Science, Srinakharinwirot University

2.4 Assist. Prof. Dr. Salinee Archarry
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

2.5 Dr. Kusalin Musikul
The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST)

3. Experts who evaluated the metacognitive inventory

3.1 Dr. Dumnern Yatum
Independent scholar

3.2 Miss Yuwarin Thanakanya
Educational and Psychological Test Bureau, Srinakharinwirot University

3.3 Miss Nantachat Wongpanya
Academic Staff
The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST)

4. Experts who evaluated the attitudes toward chemistry questionnaire

4.1 Assoc. Prof. Laddawan Wongpanich

Educational and Psychological Test Bureau, Srinakharinwirot University

4.2 Miss Yuwarin Thanakanya

Educational and Psychological Test Bureau, Srinakharinwirot University

4.3 Dr. Suwapond Semheng

Department of Evaluation and Educational Research, Faculty of Education, Srinakharinwirot University

5. Lists of the participating teachers

5.1 The teacher who taught in the preparatory stage

Mrs. Arunsri Sitidprasert

Singburi School, Singburi province

5.2 The teacher who taught in the confirmatory stage

Mrs. Yuwadee Chardtongkum

Banmi Wittaya, Lopburi province

6. Lists of teachers who facilitated for the development of the research instruments

6.1 The development of the chemical bonding concept test

6.1.1 Mrs. Arunsri Sitidprasert

Singburi School, Singburi province

6.1.2 Miss Thidarat Chantako

Chaibadan Wittaya, Lopburi province

6.2 The development of the metacognitive inventory

6.2.1 Miss Pakapond Itsara

Princess Chulabhorn's College, Lopburi, Lopburi province

6.3 The retest to qualify the item difficulty and item discrimination of the Test of Integrated Science Process Skills (TIPS II)

6.3.1 Mrs Navarat Jamjumrat

Nong-Sang Wittaya, Saraburi province

6.4 The development of attitudes toward chemistry questionnaire

6.4.1 Miss Pakapond Itsara

Princess Chulabhorn's College, Lopburi, Lopburi province

6.4.2 Mrs. Arunsri Sitidprasert

Singburi School, Singburi province

APPENDIX B

Results on the Assessment of the Learning Units

TABLE 29 THE RESULTS OF EVALUATION ON APPROPRIATENESS OF THE TEACHER GUIDE BOOK ACCORDING TO THE EXPERTS' OPINION

No.	Domain consideration items	Experts			IOC		Level of appropriateness
		1	2	3	Mean	S.D.	
1	Learning objectives are suitable for the learning process	4	4	4	4.00	0.00	High
2	Concept flow is clear enough to be a scope to develop the learning unit	4	4	4	4.00	0.00	High
3	Learning activities are suitable for the learning model which incorporated elicitation strategy	4	4	4	4.00	0.00	High
4	Learning assessment is suitable for the learning activity	5	4	4	4.33	0.58	High
Learning unit 1: lesson plan 1							
1	Learning activities are suitable for the learning units which incorporated elicitation strategy	4	4	4	4.00	0.00	High
2	Learning content and activity are suitable for the cognitive level of learners	5	4	4	4.33	0.58	High
3	Learning activities are suitable for the learning objective	4	4	4	4.00	0.00	High
4	Learning content and activity are suitable for the time using	4	4	4	4.00	0.00	High
5	Learning content and activity reflect the learning model which incorporated elicitation strategy	5	4	4	4.33	0.58	High
6	Learning assessment is suitable for the learning activity	5	4	4	4.33	0.58	High
7	Learning assessment covers the learning objectives	5	4	4	4.33	0.58	High
Learning unit 2: lesson plan 1							
1	Learning activities are suitable for the learning units which incorporated elicitation strategy	4	4	4	4.00	0.00	High
2	Learning content and activity are suitable for the cognitive level of learners	4	4	4	4.00	0.00	High

TABLE 29 (Continued)

No.	Domain consideration items	Experts			IOC		Level of appropriateness
		1	2	3	Mean	S.D.	
Learning unit 2: lesson plan 1 (Continued)							
3	Learning activities are suitable for the learning objective	5	4	4	4.33	0.58	High
4	Learning content and activity are suitable for the time using	4	4	4	4.00	0.00	High
5	Learning content and activity reflect the learning model which incorporated elicitation strategy	4	4	4	4.00	0.00	High
6	Learning assessment is suitable for the learning activity	5	4	4	4.33	0.58	High
7	Learning assessment covers the learning objectives	5	4	4	4.33	0.58	High
Learning unit 2: lesson plan 2							
1	Learning activities are suitable for the learning units which incorporated elicitation strategy	5	4	4	4.33	0.58	High
2	Learning content and activity are suitable for the cognitive level of learners	4	4	4	4.00	0.00	High
3	Learning activities are suitable for the learning objective	4	4	4	4.00	0.00	High
4	Learning content and activity are suitable for the time using	4	4	4	4.00	0.00	High
5	Learning content and activity reflect the learning model which incorporated elicitation strategy	4	4	4	4.00	0.00	High
6	Learning assessment is suitable for the learning activity	4	4	4	4.00	0.00	High
7	Learning assessment covers the learning objectives	5	4	4	4.33	0.58	High
Learning unit 3: lesson plan 1							
1	Learning activities are suitable for the learning units which incorporated elicitation strategy	5	4	4	4.33	0.58	High

TABLE 29 (Continued)

No.	Domain consideration items	Experts			IOC		Level of appropriateness
		1	2	3	Mean	S.D.	
Learning unit 3: lesson plan 1 (Continued)							
2	Learning content and activity are suitable for the cognitive level of learners	5	4	4	4.33	0.58	High
3	Learning activities are suitable for the learning objective	5	4	4	4.33	0.58	High
4	Learning content and activity are suitable for the time using	4	4	4	4.00	0.00	High
5	Learning content and activity reflect the learning model which incorporated elicitation strategy	5	4	4	4.33	0.58	High
6	Learning assessment is suitable for the learning activity	5	4	4	4.33	0.58	High
7	Learning assessment covers the learning objectives	5	4	4	4.33	0.58	High
Learning unit 3: lesson plan 2							
1	Learning activities are suitable for the learning units which incorporated elicitation strategy	4	4	4	4.00	0.00	High
2	Learning content and activity are suitable for the cognitive level of learners	5	4	4	4.33	0.58	High
3	Learning activities are suitable for the learning objective	4	3	4	3.67	0.58	High
4	Learning content and activity are suitable for the time using	4	4	4	4.00	0.00	High
5	Learning content and activity reflect the learning model which incorporated elicitation strategy	5	4	4	4.33	0.58	High
6	Learning assessment is suitable for the learning activity	5	4	4	4.33	0.58	High
7	Learning assessment covers the learning objectives	5	4	4	4.33	0.58	High

TABLE 29 (Continued)

No.	Domain consideration items	Experts			IOC		Level of appropriateness
		1	2	3	Mean	S.D.	
Learning unit 3: lesson plan 3							
1	Learning activities are suitable for the learning units which incorporated elicitation strategy	4	4	4	4.00	0.00	High
2	Learning content and activity are suitable for the cognitive level of learners	4	4	4	4.00	0.00	High
3	Learning activities are suitable for the learning objective	4	4	4	4.00	0.00	High
4	Learning content and activity are suitable for the time using	4	4	4	4.00	0.00	High
5	Learning content and activity reflect the learning model which incorporated elicitation strategy	5	4	4	4.33	0.58	High
6	Learning assessment is suitable for the learning activity	4	4	4	4.00	0.00	High
7	Learning assessment covers the learning objectives	5	4	4	4.33	0.58	High
Learning unit 4: lesson plan 1							
1	Learning activities are suitable for the learning units which incorporated elicitation strategy	4	3	4	3.67	0.58	High
2	Learning content and activity are suitable for the cognitive level of learners	5	4	4	4.33	0.58	High
3	Learning activities are suitable for the learning objective	4	4	4	4.00	0.00	High
4	Learning content and activity are suitable for the time using	4	3	4	3.67	0.58	High
5	Learning content and activity reflect the learning model which incorporated elicitation strategy	5	4	4	4.33	0.58	High
6	Learning assessment is suitable for the learning activity	5	3	4	4.00	1.00	High

TABLE 29 (Continued)

No.	Domain consideration items	Experts			IOC		Level of appropriateness
		1	2	3	Mean	S.D.	
Learning unit 4: lesson plan 1 (Continued)							
7	Learning assessment covers the learning objectives	5	4	4	4.33	0.58	High
Overall							
1	The quality level of Teacher's Guide Book in overall	5	3	4	4.00	1.00	High

TABLE 30 THE RESULTS OF EVALUATION ON APPROPRIATENESS OF THE STUDENT BOOK ACCORDING TO THE EXPERTS' OPINION

No.	Domain consideration items	Experts			IOC		Level of appropriateness
		1	2	3	Mean	S.D.	
Chapter 1: Interaction between particles							
Content aspect							
1	The content covers learning objectives	5	4	4	4.33	0.58	High
2	The suitability of content order	4	4	4	4.00	0.00	High
3	The correctness of the content	4	4	4	4.00	0.00	High
4	The correspondence between the content and students' cognitive level	4	4	4	4.00	0.00	High
5	The appropriateness of direction on experiment 1	4	4	4	4.00	0.00	High
6	The suitable question of elicitation activity on part 1-1	5	4	1	3.33	2.08	Medium
7	The suitable question of elicitation activity on part 1-2	4	4	4	4.00	0.00	High
8	The suitable question of elicitation activity on part 1-3	4	4	4	4.00	0.00	High
Assessment aspect							
1	The suitability of learning assessment	5	4	4	4.33	0.58	High
2	Learning assessment covers learning objectives	4	4	4	4.00	0.00	High
Language Using							
1	The correctness of language using	4	4	4	4.00	0.00	High
Time Using							
1	The suitability of time using on the experiment 1	4	4	4	4.00	0.00	High
2	The suitability of time using on elicitation activity	4	4	4	4.00	0.00	High
3	The suitability of time using on elaboration phase	4	4	4	4.00	0.00	High
Chapter 2: Ionic bonding							
Content aspect							
1	The content covers learning objectives	4	4	4	4.00	0.00	High
2	The suitability of content order	4	4	4	4.00	0.00	High

TABLE 30 (Continued)

No.	Domain consideration items	Experts			IOC		Level of appropriateness
		1	2	3	Mean	S.D.	
Chapter 2: Ionic bonding (Content aspect)							
3	The correctness of the content	4	4	4	4.00	0.00	High
4	The correspondence between the content and students' cognitive level	5	4	4	4.33	0.58	High
5	The suitable question of elicitation activity on part 2-1	4	4	4	4.00	0.00	High
6	The suitable question of elicitation activity on part 2-2	4	4	4	4.00	0.00	High
7	The suitable question of elicitation activity on part 2-3	5	4	4	4.33	0.58	High
Assessment aspect							
1	The suitability of learning assessment	4	3	4	3.67	0.58	High
2	Learning assessment covers learning objectives	4	4	4	4.00	0.00	High
Language Using							
1	The correctness of language using	4	4	4	4.00	0.00	High
Time Using							
1	The suitability of time using on elicitation activity	4	4	4	4.00	0.00	High
2	The suitability of time using on elaboration phase	4	4	4	4.00	0.00	High
Chapter 3: Properties of ionic substances							
Content aspect							
1	The content covers learning objectives	5	4	4	4.33	0.58	High
2	The suitability of content order	5	4	4	4.33	0.58	High
3	The correctness of the content	4	4	4	4.00	0.00	High
4	The correspondence between the content and students' cognitive level	4	4	4	4.00	0.00	High
5	The appropriateness of direction on experiment 2	4	4	4	4.00	0.00	High
6	The appropriateness of direction on experiment 3	4	4	4	4.00	0.00	High

TABLE 30 (Continued)

No.	Domain consideration items	Experts			IOC		Level of appropriateness
		1	2	3	Mean	S.D.	
Chapter 3: Properties of ionic substances (Content aspect)							
7	The suitable question of elicitation activity on part 3-1	5	4	4	4.33	0.58	High
8	The suitable question of elicitation activity on part 3-2	4	4	4	4.00	0.00	High
9	The suitable question of elicitation activity on part 3-3	4	4	4	4.00	0.00	High
Assessment aspect							
1	The suitability of learning assessment	4	4	4	4.00	0.00	High
2	Learning assessment covers learning objectives	4	4	4	4.00	0.00	High
Language Using							
1	The correctness of language using	4	4	3	3.67	0.58	High
Time Using							
1	The suitability of doing the experiment 2	4	3	4	3.67	0.58	High
2	The suitability of doing the experiment 3	4	3	4	3.67	0.58	High
3	The suitability of time using on elicitation activity	4	3	4	3.67	0.58	High
4	The suitability of time using on elaboration phase	4	3	4	3.67	0.58	High
Chapter 4: Covalent bonding							
Content aspect							
1	The content covers learning objectives	5	4	4	4.33	0.58	High
2	The suitability of content order	5	4	4	4.33	0.58	High
3	The correctness of the content	4	4	4	4.00	0.00	High
4	The correspondence between the content and students' cognitive level	5	4	4	4.33	0.58	High
5	The suitable question of elicitation activity on part 4-1	4	4	4	4.00	0.00	High
6	The suitable question of elicitation activity on part 4-2	5	4	4	4.33	0.58	High
7	The suitable question of elicitation activity on part 4-3	5	4	4	4.33	0.58	High

TABLE 30 (Continued)

No.	Domain consideration items	Experts			IOC		Level of appropriateness
		1	2	3	Mean	S.D.	
Chapter 4: Covalent bonding (Continued)							
Assessment aspect							
1	The suitability of learning assessment	4	4	4	4.00	0.00	High
2	Learning assessment covers learning objectives	4	4	4	4.00	0.00	High
Language Using							
1	The correctness of language using	4	4	3	3.67	0.58	High
Time Using							
1	The suitability of time using on elicitation activity	4	4	4	4.00	0.00	High
2	The suitability of time using on elaboration phase	4	4	4	4.00	0.00	High
Chapter 5: Molecular shape							
Content aspect							
1	The content covers learning objectives	4	4	4	4.00	0.00	High
2	The suitability of content order	4	4	4	4.00	0.00	High
3	The correctness of the content	4	4	4	4.00	0.00	High
4	The correspondence between the content and students' cognitive level	4	4	4	4.00	0.00	High
5	The appropriateness of direction on experiment 4	5	4	4	4.33	0.58	High
6	The suitable question of elicitation activity on part 5-1	4	4	4	4.00	0.00	High
7	The suitable question of elicitation activity on part 5-2	4	4	4	4.00	0.00	High
8	The suitable question of elicitation activity on part 5-3	5	4	4	4.33	0.58	High
Assessment aspect							
1	The suitability of learning assessment	4	4	4	4.00	0.00	High
2	Learning assessment covers learning objectives	4	4	4	4.00	0.00	High
Language Using							
1	The correctness of language using	4	4	3	3.67	0.58	High

TABLE 30 (Continued)

No.	Domain consideration items	Experts			IOC		Level of appropriateness
		1	2	3	Mean	S.D.	
Chapter 5: Molecular shape (Continued)							
Time Using							
1	The suitability of doing the experiment 4	4	4	4	4.00	0.00	High
2	The suitability of time using on elicitation activity	4	4	4	4.00	0.00	High
3	The suitability of time using on elaboration phase	4	4	4	4.00	0.00	High
Chapter 6: Intermolecular forces							
Content aspect							
1	The content covers learning objectives	5	4	4	4.33	0.58	High
2	The suitability of content order	4	4	4	4.00	0.00	High
3	The correctness of the content	4	4	4	4.00	0.00	High
4	The correspondence between the content and students' cognitive level	5	4	4	4.33	0.58	High
5	The suitable question of elicitation activity on part 6-1	5	4	4	4.33	0.58	High
6	The suitable question of elicitation activity on part 6-2	4	4	4	4.00	0.00	High
7	The suitable question of elicitation activity on part 6-3	4	4	4	4.00	0.00	High
Assessment aspect							
1	The suitability of learning assessment	4	4	4	4.00	0.00	High
2	Learning assessment covers learning objectives	5	4	4	4.33	0.58	High
Language Using							
1	The correctness of language using	4	4	4	4.00	0.00	High
Time Using							
1	The suitability of time using on elicitation activity	4	4	4	4.00	0.00	High
2	The suitability of time using on elaboration phase	4	4	4	4.00	0.00	High

TABLE 30 (Continued)

No.	Domain consideration items	Experts			IOC		Level of appropriateness
		1	2	3	Mean	S.D.	
Chapter 7: Metallic bonding							
Content aspect							
1	The content covers learning objectives	5	4	4	4.33	0.58	High
2	The suitability of content order	4	4	4	4.00	0.00	High
3	The correctness of the content	4	4	4	4.00	0.00	High
4	The correspondence between the content and students' cognitive level	5	4	4	4.33	0.58	High
5	The suitable question of elicitation activity on part 7-1	5	4	4	4.33	0.58	High
6	The suitable question of elicitation activity on part 7-2	5	4	4	4.33	0.58	High
7	The suitable question of elicitation activity on part 7-3	4	4	4	4.00	0.00	High
Assessment aspect							
1	The suitability of learning assessment	4	4	4	4.00	0.00	High
2	Learning assessment covers learning objectives	4	4	4	4.00	0.00	High
Language Using							
1	The correctness of language using	4	4	4	4.00	0.00	High
Time Using							
1	The suitability of time using on elicitation activity	4	4	4	4.00	0.00	High
2	The suitability of time using on elaboration phase	4	4	4	4.00	0.00	High
Overall							
1	The quality level of Student Book in overall	4	4	4	4.00	0.00	High

TABLE 31 THE RESULTS OF EVALUATION ON THE CONSISTENCY OF THE LEARNING UNITS ACCORDING TO THE EXPERTS' OPINION

No.	Domain consideration items	Experts			IOC		Interpretation
		1	2	3	Mean	S.D.	
Learning unit 1: lesson plan 1 (Interaction between particles)							
1	Learning objectives consistent to the learning indicators	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
2	The content consistent to the learning objectives	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
3	Learning activities consistent to learning objectives	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
4	Learning activities consistent to the learning model which incorporated elicitation strategy	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
5	Learning objectives consistent to learning assessment	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
6	Learning activities consistent to learning assessment	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
Learning unit 2: lesson plan 1 (Ionic bonding)							
1	Learning objectives consistent to the learning indicators	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
2	The content consistent to the learning objectives	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
3	Learning activities consistent to learning objectives	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
4	Learning activities consistent to the learning model which incorporated elicitation strategy	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
5	Learning objectives consistent to learning assessment	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
6	Learning activities consistent to learning assessment	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
Learning unit 2: lesson plan 2 (Properties of ionic substance)							
1	Learning objectives consistent to the learning indicators	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
2	The content consistent to the learning objectives	1	1	1	1.00	0.00	Consistent

TABLE 31 (Continued)

No.	Domain consideration items	Experts			IOC		Interpretation
		1	2	3	Mean	S.D.	
Learning unit 2: lesson plan 2 (Properties of ionic substance) (Continued)							
3	Learning activities consistent to learning objectives	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
4	Learning activities consistent to the learning model which incorporated elicitation strategy	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
5	Learning objectives consistent to learning assessment	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
6	Learning activities consistent to learning assessment	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
Learning unit 3: lesson plan 1 (Covalent bonding)							
1	Learning objectives consistent to the learning indicators	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
2	The content consistent to the learning objectives	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
3	Learning activities consistent to learning objectives	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
4	Learning activities consistent to the learning model which incorporated elicitation strategy	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
5	Learning objectives consistent to learning assessment	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
6	Learning activities consistent to learning assessment	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
Learning unit 3: lesson plan 2 (Molecular shape)							
1	Learning objectives consistent to the learning indicators	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
2	The content consistent to the learning objectives	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
3	Learning activities consistent to learning objectives	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
4	Learning activities consistent to the learning model which incorporated elicitation strategy	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
5	Learning objectives consistent to learning assessment	1	1	1	1.00	0.00	Consistent

TABLE 31 (Continued)

No.	Domain consideration items	Experts			IOC		Interpretation
		1	2	3	Mean	S.D.	
Learning unit 3: lesson plan 2 (Molecular shape) (Continued)							
6	Learning activities consistent to learning assessment	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
Learning unit 3: lesson plan 3 (Intermolecular forces)							
1	Learning objectives consistent to the learning indicators	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
2	The content consistent to the learning objectives	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
3	Learning activities consistent to learning objectives	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
4	Learning activities consistent to the learning model which incorporated elicitation strategy	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
5	Learning objectives consistent to learning assessment	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
6	Learning activities consistent to learning assessment	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
Learning unit 4: lesson plan 1 (Metallic bonding)							
1	Learning objectives consistent to the learning indicators	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
2	The content consistent to the learning objectives	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
3	Learning activities consistent to learning objectives	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
4	Learning activities consistent to the learning model which incorporated elicitation strategy	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
5	Learning objectives consistent to learning assessment	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
6	Learning activities consistent to learning assessment	1	1	1	1.00	0.00	Consistent

APPENDIX C

Results on the Assessment of the Research Instruments

TABLE 32 THE RESULTS OF EVALUATION ON CONTENT VALIDITY OF THE CHEMICAL BONDING CONCEPTION TEST

No.	Domain consideration items	Experts (N=5)					IOC		Results
		1	2	3	4	5	Mean	S.D.	
	Item 1								
1	The consistency between item objective and item question	1	1	0	-1	1	0.40	0.89	Disapproval*
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	0	1	-1	0.40	0.89	Disapproval*
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
4	The suitability of scoring criteria	0	1	1	1	1	0.80	0.45	Approval
5	The suitability of students' conception judgments	0	1	1	1	1	0.80	0.45	Approval
	Item 2								
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	0	1	1	0.80	0.45	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
4	The suitability of scoring criteria	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
5	The suitability of students' conception judgments	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
	Item 3								
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	1	1	0	0.80	0.45	Approval
4	The suitability of scoring criteria	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
5	The suitability of students' conception judgments	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval

TABLE 32 (Continued)

No.	Domain consideration items	Experts (N=5)					IOC		Results
		1	2	3	4	5	Mean	S.D.	
	Item 4								
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	1	1	0	0.80	0.45	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
4	The suitability of scoring criteria	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
5	The suitability of students' conception judgments	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
	Item 5								
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	0	1	1	0.80	0.45	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	0	1	1	0.80	0.45	Approval
4	The suitability of scoring criteria	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
5	The suitability of students' conception judgments	1	0	0	1	1	0.60	0.55	Approval
	Item 6								
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	0	1	1	0.80	0.45	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
4	The suitability of scoring criteria	0	1	1	1	0	0.60	0.55	Approval
5	The suitability of students' conception judgments	1	1	1	1	0	0.80	0.45	Approval
	Item 7								
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval

TABLE 32 (Continued)

No.	Domain consideration items	Experts (N=5)					IOC		Results
		1	2	3	4	5	Mean	S.D.	
	Item 7								
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
4	The suitability of scoring criteria	1	1	-1	1	1	0.60	0.89	Approval
5	The suitability of students' conception judgments	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
	Item 8								
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	0	1	1	0.80	0.45	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
4	The suitability of scoring criteria	1	1	0	1	1	0.80	0.45	Approval
5	The suitability of students' conception judgments	1	1	0	1	1	0.80	0.45	Approval
	Item 9								
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	1	1	0	0.80	0.45	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	-1	1	0	0.40	0.89	Disapproval*
4	The suitability of scoring criteria	0	1	1	1	0	0.60	0.55	Approval
5	The suitability of students' conception judgments	1	1	0	1	1	0.80	0.45	Approval
	Item 10								
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval

TABLE 32 (Continued)

No.	Domain consideration items	Experts (N=5)					IOC		Results
		1	2	3	4	5	Mean	S.D.	
	Item 10								
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	0	1	1	0.80	0.45	Approval
4	The suitability of scoring criteria	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
5	The suitability of students' conception judgments	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
	Item 11								
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	-1	1	1	0.60	0.89	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	-1	1	1	0.60	0.89	Approval
4	The suitability of scoring criteria	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
5	The suitability of students' conception judgments	1	1	0	1	1	0.80	0.45	Approval
	Item 12								
1	The consistency between item objective and item question	1	1	0	1	1	0.80	0.45	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	0	1	1	0.80	0.45	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	1	1	-1	0.60	0.89	Approval
4	The suitability of scoring criteria	1	1	1	1	1	1.00	0.00	Approval
5	The suitability of students' conception judgments	1	1	1	1	-1	0.60	0.89	Approval

(*) was revised before being used

TABLE 33 THE RESULTS OF EVALUATION ON FACE VALIDITY OF THE METACOGNITIVE INVENTORY

No.	Domain consideration items	Experts (N=3)			IOC		Approval
		1	2	3	Mean	S.D.	
	Item 1.1 (Cognition: understand level)						
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	1	1.00	0.00	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
4	The suitability of scoring criteria	1	1	1	1.00	0.00	Approval
	Item 1.2 (Declarative knowledge)						
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	1	1.00	0.00	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
4	The suitability of scoring criteria	1	1	1	1.00	0.00	Approval
	Item 1.3 (Procedural knowledge)						
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	1	1.00	0.00	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
4	The suitability of scoring criteria	1	1	1	1.00	0.00	Approval
	Item 1.4 (Conditional knowledge)						
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	1	1.00	0.00	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
4	The suitability of scoring criteria	1	1	1	1.00	0.00	Approval

TABLE 33 (Continued)

No.	Domain consideration items	Experts (N=3)			IOC		Approval
		1	2	3	Mean	S.D.	
	Item 2.1 (Procedural knowledge)						
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	1	1.00	0.00	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
4	The suitability of scoring criteria	1	1	1	1.00	0.00	Approval
	Item 2.2 (Declarative knowledge)						
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	1	1.00	0.00	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
4	The suitability of scoring criteria	1	1	1	1.00	0.00	Approval
	Item 2.3 (Conditional knowledge)						
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	1	1.00	0.00	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
4	The suitability of scoring criteria	1	1	1	1.00	0.00	Approval
	Item 3.1 (Planning)						
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	1	1.00	0.00	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
4	The suitability of scoring criteria	1	0	1	0.67	0.58	Approval

TABLE 33 (Continued)

No.	Domain consideration items	Experts (N=3)			IOC		Approval
		1	2	3	Mean	S.D.	
	Item 3.2 (Planning and Monitoring)						
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	1	1.00	0.00	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
4	The suitability of scoring criteria	1	1	1	1.00	0.00	Approval
	Item 3.3 (Evaluating)						
1	The consistency between item objective and item question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
2	The correctness of clearly communicated language	1	1	1	1.00	0.00	Approval
3	The correctness of ways to answer the question	1	1	1	1.00	0.00	Approval
4	The suitability of scoring criteria	1	1	1	1.00	0.00	Approval

TABLE 34 THE RESULT OF RE-TEST QUALITY ON THE SCIENCE PROCESS SKILL TEST

Item	p	r	Item	p	r
1	0.76	0.23	16	0.54	0.63
2	0.31	0.20	17	0.44	0.53
3	0.74	0.53	18	0.54	0.53
4	0.51	0.33	19	0.61	0.78
5	0.34	0.33	20	0.54	0.73
6	0.44	0.48	21	0.41	0.23
7	0.45	0.55	22	0.50	0.45
8	0.63	0.55	23	0.56	0.63
9	0.65	0.60	24	0.53	0.55
10	0.44	0.68	25	0.34	0.38
11	0.64	0.63	26	0.43	0.45
12	0.54	0.23	27	0.29	0.23
13	0.31	0.33	28	0.36	0.33
14	0.63	0.65	29	0.38	0.45
15	0.46	0.53	30	0.51	0.38

Cronbach's alpha reliability was 0.81

TABLE 35 DISCRIMINATION INDEX OF THE CHEMICAL BONDING CONCEPT TEST

Item	r	Item	r
1.1	0.68	6.4	0.33
1.2	0.51	7.1	0.67
1.3	0.29	7.2	0.69
2.1	0.72	7.3	0.58
2.2	0.69	8.1	0.62
2.3	0.71	8.2	0.60
3.1	0.34	9.1	0.70
3.2	0.49	9.2	0.20
4.1	0.45	9.3	0.63
4.2	0.40	10.1	0.53
4.3	0.38	10.2	0.42
5.1	0.81	10.3	0.62
5.2	0.95	11.1	0.54
6.1	0.39	11.2	0.44
6.2	0.34	12.1	0.46
6.3	0.48	12.2	0.47

Cronbach's alpha reliability was .92

TABLE 36 THE RESULTS OF EVALUATION ON FACE VALIDITY OF THE ATTITUDES TOWARD CHEMISTRY QUESTIONNAIRE

Domain consideration items	Experts			IOC		Results
	1	2	3	Mean	S.D.	
The importance of chemistry in daily life						
- Without chemistry knowledge, a country development cannot be possible. (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- Solving environmental problems cannot be success without chemistry knowledge. (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- Environmental problems results from the chemistry progress. (Negative)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- The progress of chemistry improves the quality of our lives. (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- Chemistry knowledge causes various problems to a society. (Negative)	1	0	1	0.67	0.58	Approval
- Environments will be better if no chemistry knowledge. (Negative)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- Chemistry knowledge helps people to be better the making decision more safe. (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- Chemistry knowledge causes the progress on medical care (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- The progress of chemistry is responsible for the disease that difficult to be cured. (Negative)	1	0	1	0.67	0.58	Approval
- The progress of chemistry results in increased new drugs. (Negative)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
The easy-difficulty perspective						
- Chemistry symbols are too difficult for me. (Negative)	1	0	1	0.67	0.58	Approval
- When solving chemistry problems, I don't know how to start. (Negative)	1	0	1	0.67	0.58	Approval
- I solve chemistry problem very easily (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- I understand the chemistry concepts very easily. (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- Meaning of chemistry symbol can be easily to understand. (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval

TABLE 36 (Continued)

Domain consideration items	Experts			IOC		Results
	1	2	3	Mean	S.D.	
The easy-difficulty perspective (Continued)						
- I cannot explain natural phenomenon by using chemistry knowledge. (Negative)	1	0	0	0.33	0.58	Approval*
- I study chemistry without understanding. (Negative)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- Learning chemistry symbol is not difficult to me. (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- I can explain the difficulty concepts of chemistry to my friend. (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- I found that chemistry is more difficult than my expectation. (Negative)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
The interest of chemistry course						
- I like chemistry course more than other courses. (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- I am bored during chemistry lessons. (Negative)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- I will wake away when my friends are talking about chemistry. (Negative)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- Chemistry class period should be increased. (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- I find that chemistry course very interesting. (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- I would like to have fever chemistry lessons. (Negative)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- If it is possible, I won't learn chemistry. (Negative)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- I enjoy doing a chemistry experiment. (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- I like science activity which is related to chemistry. (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- I won't choose learning chemistry. (Negative)	1	1	1	1.00	0.00	*
The usefulness of chemistry course for further career						
- I dream to be a chemist. (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- Chemistry knowledge is necessary for my future career. (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- My future career is independent from chemistry knowledge. (Negative)	1	1	1	1.00	0.00	Approval

TABLE 36 (Continued)

Domain consideration items	Experts			IOC		Result
	1	2	3	Mean	S.D.	
The usefulness of chemistry course for further career						
- If I have to be a teacher, I will be a chemistry teacher. (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- Chemistry knowledge is not useful for finding a good job. (Negative)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- I never think about my future career will be related to chemistry. (Negative)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- I would like to have a career which is related to chemistry knowledge. (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- Being an expert in chemistry will never lose a job. (Positive)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- Chemistry knowledge is not necessary for my future career. (Negative)	1	1	1	1.00	0.00	Approval
- Admirable career in community is not related to chemistry. (Negative)	1	1	1	1.00	0.00	Approval

* was cut due to the experts' suggestion

APPENDIX D

Scores of the students and Frequency Curves

TABLE 37 STUDENTS' SCORE ON THE CHEMICAL BONDING CONCEPT TEST

No.	Preparatory	Confirmatory		No.	Preparatory	Confirmatory	
	Post-test	Pre-test	Post-test		Post-test	Pre-test	Post-test
1	32	10	29	19	23.5	10	57
2	33.5	7	38.5	20	34	17.5	47.5
3	41.5	21.5	55	21	33.5	7	33.25
4	39	15.5	48.5	22	37.5	11.5	41
5	13.5	11.5	26.5	23	37.5	9	33.5
6	53	17	58.5	24	31.5	10	30
7	43	14	49	25	37	6	28
8	14	6	50.5	26	29	9.5	30.5
9	38	4	36.5	27	39.5	12	34
10	16.5	8	43	28	32.25	17	45
11	53.5	10	39	29	29	7.5	36
12	26.5	9	53.5	30	34	15	42.5
13	40	10	26.5	31	28.5	10.5	33.5
14	37	5	36	32	29	7	26.5
15	23	12.5	35.5	33	30		
16	25.5	10	57.5	34	19.75		
17	19.5	11	31.5	35	30		
18	29.5	8	26.5	36	39		

Full score was 65.50

Post-test mean score of preparatory stage was 32.03 (N= 36)

Pre-test mean score of confirmatory stage was 10.61 (N= 32)

Post-test mean score of confirmatory stage was 39.35 (N= 32)

TABLE 38 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES ON CHEMICAL BONDING CONCEPTIONS

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc	Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
15	0.12	0.88	0.77	19	0.06	0.94	0.88
16	0.10	0.90	0.80	20*	0.06	0.94	0.88
17	0.09	0.91	0.82	21	0.09	0.91	0.83
18	0.07	0.93	0.85	22	0.09	0.91	0.83

(*) was used as a cutting score

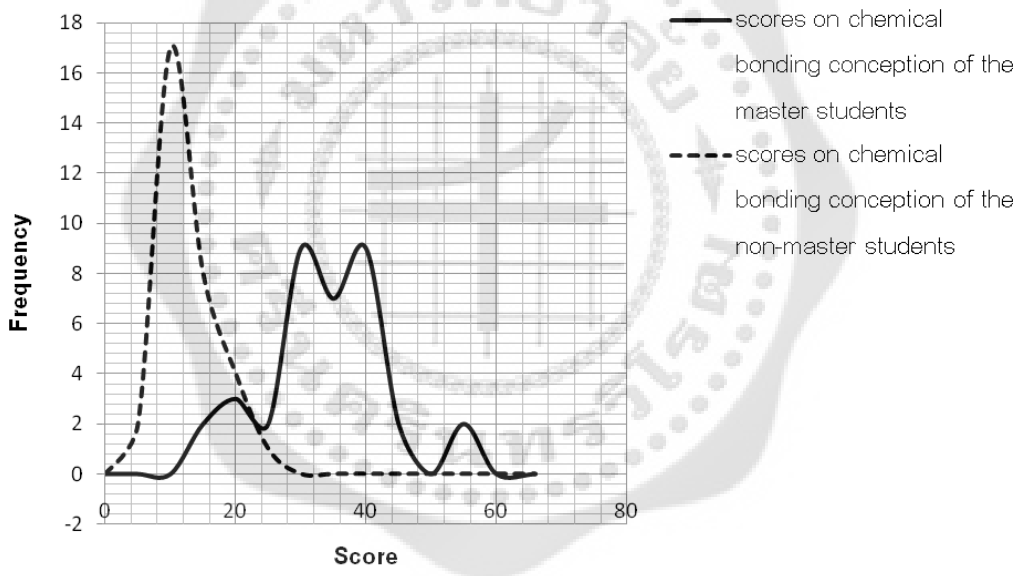


FIGURE 8 FREQUENCY CURVES OF THE CHEMICAL BONDING CONCEPT SCORES

TABLE 39 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES OF THE IONIC SUBSTANCE CONCEPTION

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc	Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
5	0.25	0.75	0.54	10	0.15	0.85	0.70
5.5	0.24	0.76	0.56	10.5	0.13	0.87	0.74
6	0.24	0.76	0.56	11*	0.12	0.88	0.77
6.5	0.22	0.78	0.57	11.5	0.15	0.85	0.72
7	0.22	0.78	0.57	12	0.16	0.84	0.69
7.5	0.18	0.82	0.65	12.5	0.19	0.81	0.64
8	0.16	0.84	0.68	13	0.19	0.81	0.64
8.5	0.15	0.85	0.71	13.5	0.19	0.81	0.66
9	0.16	0.84	0.68	14	0.19	0.81	0.67
9.5	0.16	0.84	0.68				

(*) Was set as a cutting score for ionic bond formation conception testing

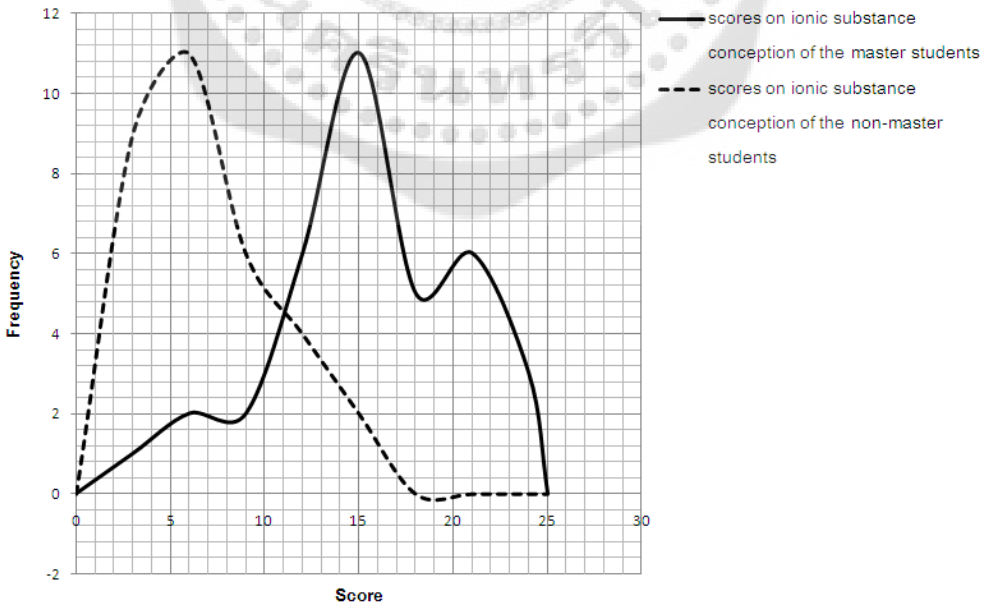


FIGURE 9 FREQUENCY CURVES OF THE IONIC SUBSTNACE CONCEPTION SCORES

TABLE 40 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES ON COVALENT SUBSTANCE CONCEPTIONS

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc	Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
5	0.12	0.88	0.78	8	0.06	0.94	0.89
5.5	0.10	0.90	0.80	8.5	0.06	0.94	0.89
6	0.13	0.87	0.74	9*	0.06	0.94	0.89
6.5	0.07	0.93	0.85	9.5	0.09	0.91	0.84
7	0.06	0.94	0.88	10	0.15	0.85	0.74
7.5	0.06	0.94	0.88				

(*) was set as a cutting score for covalent substance testing

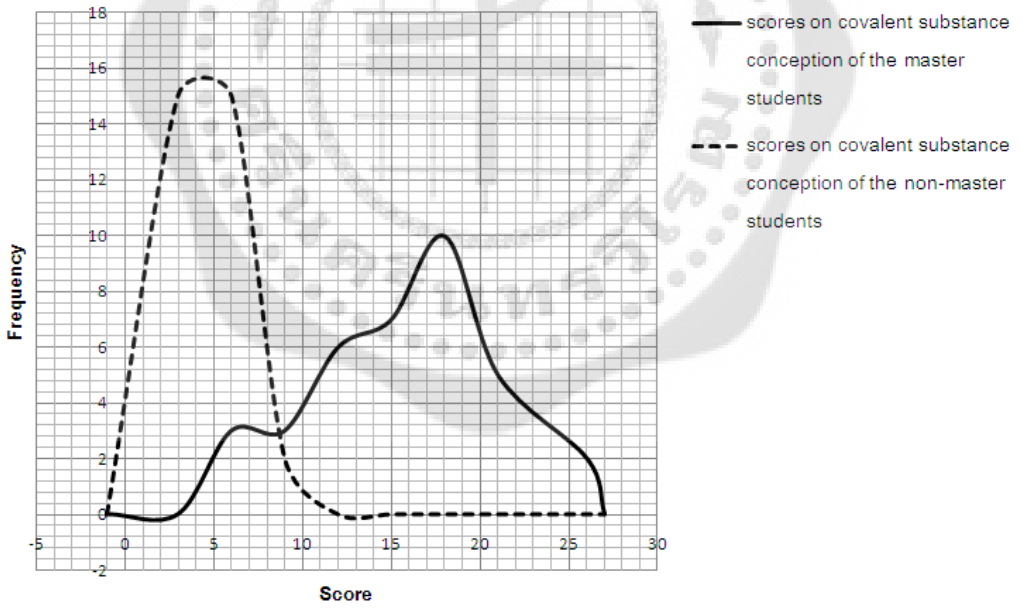


FIGURE 10 FREQUENCY CURVES OF THE COVALENT SUBSTANCE SCORES

TABLE 41 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES OF THE METAL CONCEPTION

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc	Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
2	0.34	0.66	0.32	4	0.37	0.63	0.34
2.5*	0.29	0.71	0.42	4.5	0.37	0.63	0.41
3	0.31	0.69	0.39	5	0.38	0.62	0.39
3.5	0.37	0.63	0.34				

(*) Was set as a cutting score for metal conception

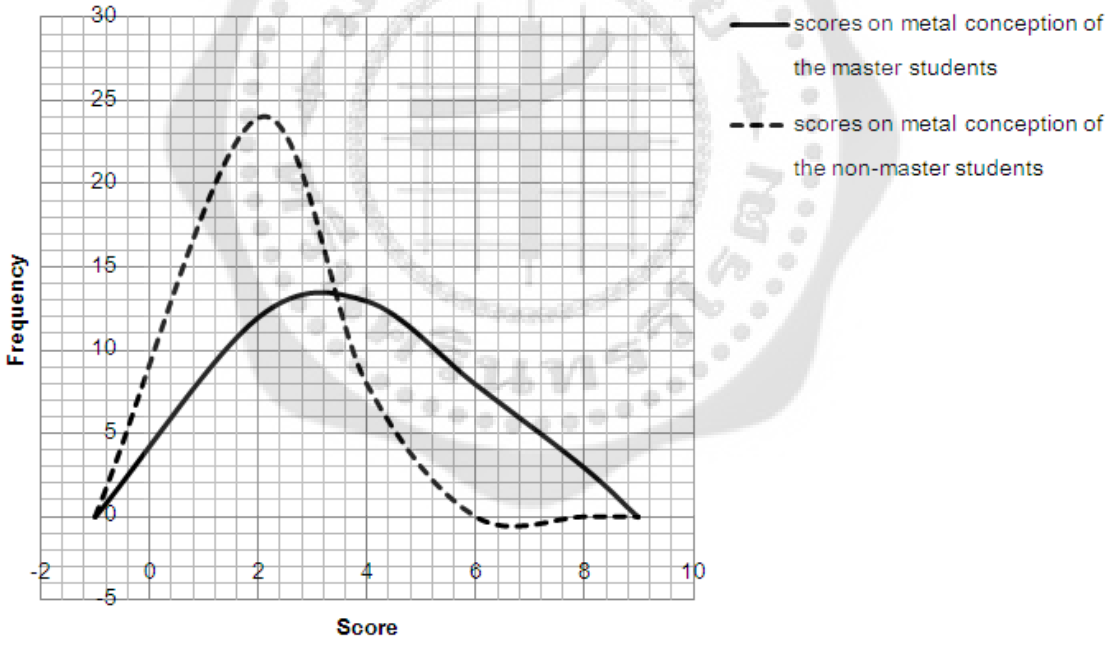


FIGURE 11 FREQUENCY CURVES OF THE METAL CONCEPTION SCORES

TABLE 42 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES OF THE IONIC BOND FORMATION CONCEPTION

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc	Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
1.3	0.18	0.82	0.66	1.8	0.18	0.82	0.66
1.4	0.18	0.82	0.66	1.9	0.18	0.82	0.66
1.5	0.18	0.82	0.66	2	0.18	0.82	0.66
1.6	0.18	0.82	0.66	2.1	0.29	0.71	0.44
1.7*	0.18	0.82	0.66	2.2	0.29	0.71	0.44

(*) Was set as a cutting score for ionic bond formation conception

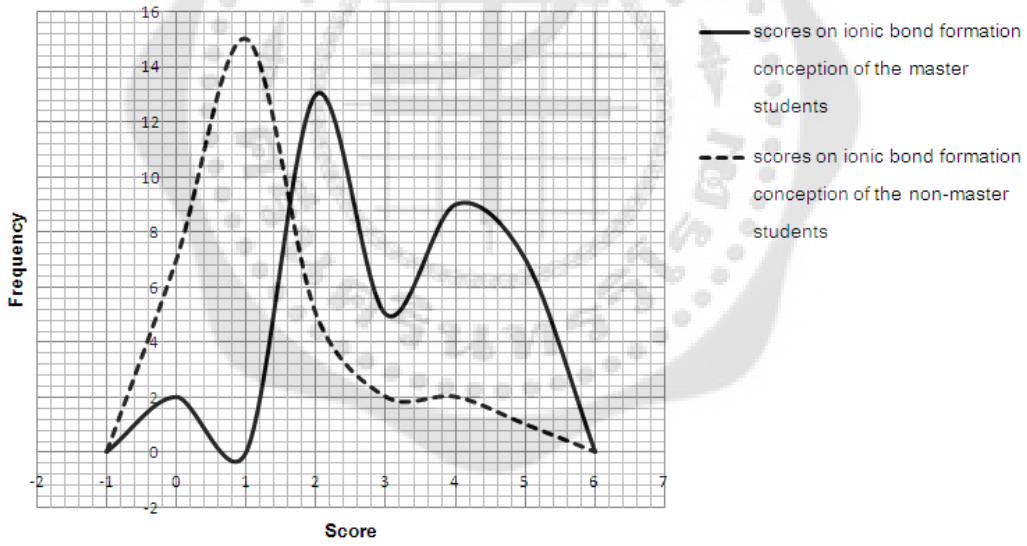


FIGURE 12 FREQUENCY CURVES OF THE IONIC BOND FORMATION SCORES

TABLE 43 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES OF THE ELECTRON CONFIGURATION CONCEPTION

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
1.4	0.22	0.78	0.56
1.5	0.22	0.78	0.56
1.6	0.21	0.79	0.59
1.7	0.21	0.79	0.59
1.8	0.21	0.79	0.59
1.9	0.21	0.79	0.59
2	0.21	0.79	0.59
2.1	0.19	0.81	0.62
2.2*	0.19	0.81	0.62
2.3	0.19	0.81	0.62

(*) Was set as a cutting score for electron configuration conception

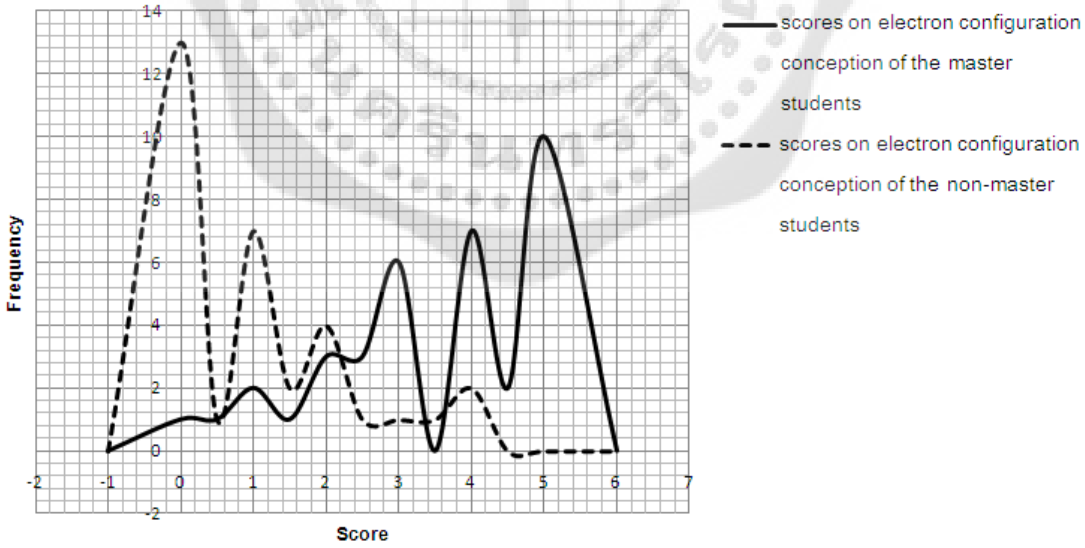


FIGURE 13 FREQUENCY CURVES OF THE ELECTRON CONFIGURATION SCORES

TABLE 44 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES OF THE THE IONIC SOLUTION CONCEPTION

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
1.1	0.38	0.62	0.39
1.2	0.38	0.62	0.39
1.3	0.38	0.62	0.39
1.4	0.38	0.62	0.39
1.5*	0.38	0.62	0.39
1.6	0.38	0.62	0.39
1.7	0.38	0.62	0.39
1.8	0.38	0.62	0.39
1.9	0.38	0.62	0.39
2	0.38	0.62	0.39
2.1	0.46	0.54	0.27
2.2	0.46	0.54	0.27
2.3	0.46	0.54	0.27

(*) Was set as a cutting score for the ionic solution conception

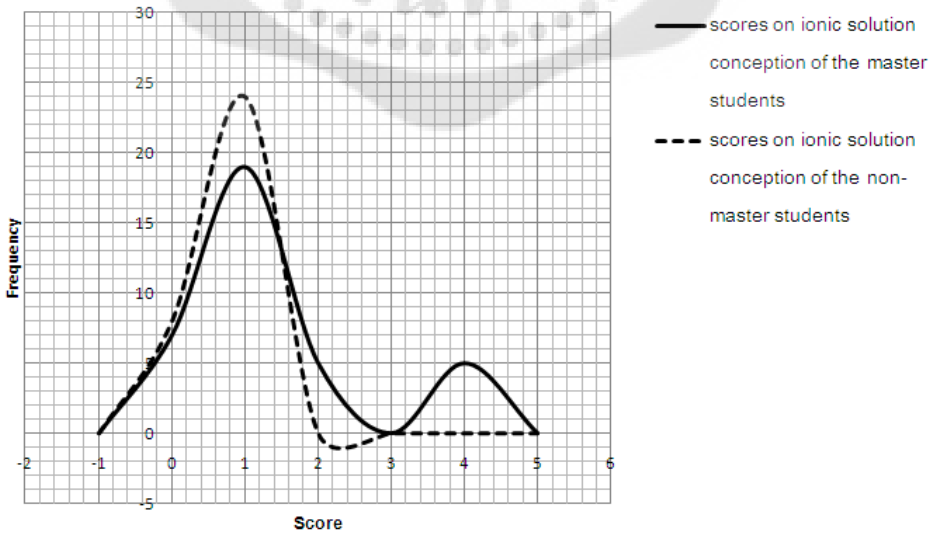


FIGURE 14 FREQUENCY CURVES OF THE IONIC SOLUTION SCORES

TABLE 45 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES OF THE CONDUCTIVITY OF IONIC SUBSTANCES CONCEPTION

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
1.9	0.31	0.69	0.38
2	0.31	0.69	0.38
2.1	0.21	0.79	0.60
2.2	0.21	0.79	0.60
2.3	0.21	0.79	0.60
2.4	0.21	0.79	0.60
2.5*	0.21	0.79	0.60
2.6	0.21	0.79	0.60
2.7	0.21	0.79	0.60
2.8	0.21	0.79	0.60
2.9	0.21	0.79	0.60

(*) Was set as a cutting score for conductivity of the ionic substances

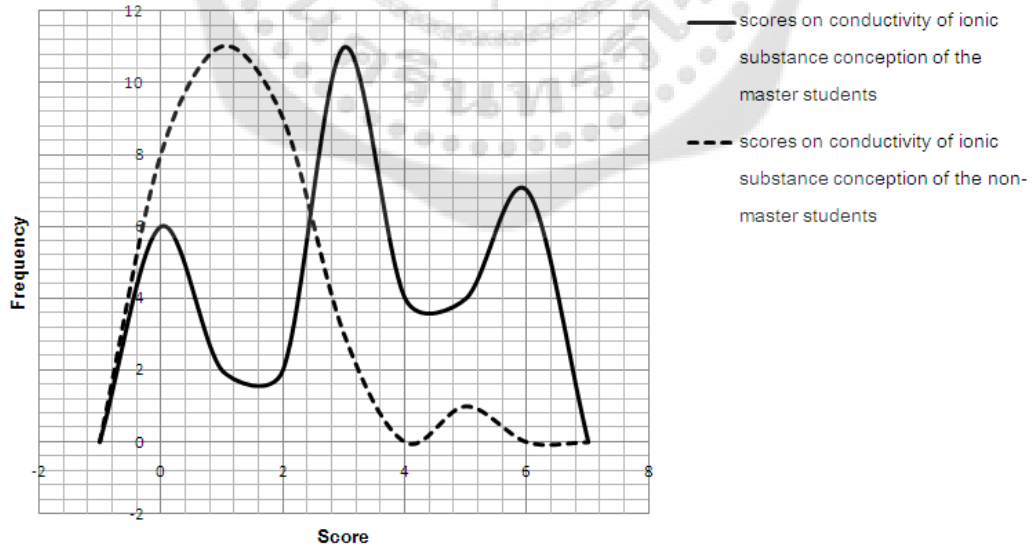


FIGURE 15 FREQUENCY CURVES OF THE CONDUCTIVITY OF IONIC SUBSTANCE

TABLE 46 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES OF THE OCTET RULE CONCEPTION

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
2.4	0.12	0.88	0.76
2.5	0.12	0.88	0.76
2.6	0.12	0.88	0.76
2.7	0.12	0.88	0.76
2.8	0.12	0.88	0.76
2.9	0.12	0.88	0.76
3*	0.12	0.88	0.76
3.1	0.13	0.87	0.74
3.2	0.13	0.87	0.74
3.3	0.13	0.87	0.74
3.4	0.13	0.87	0.74

(*) Was set as a cutting score for octet rule conception

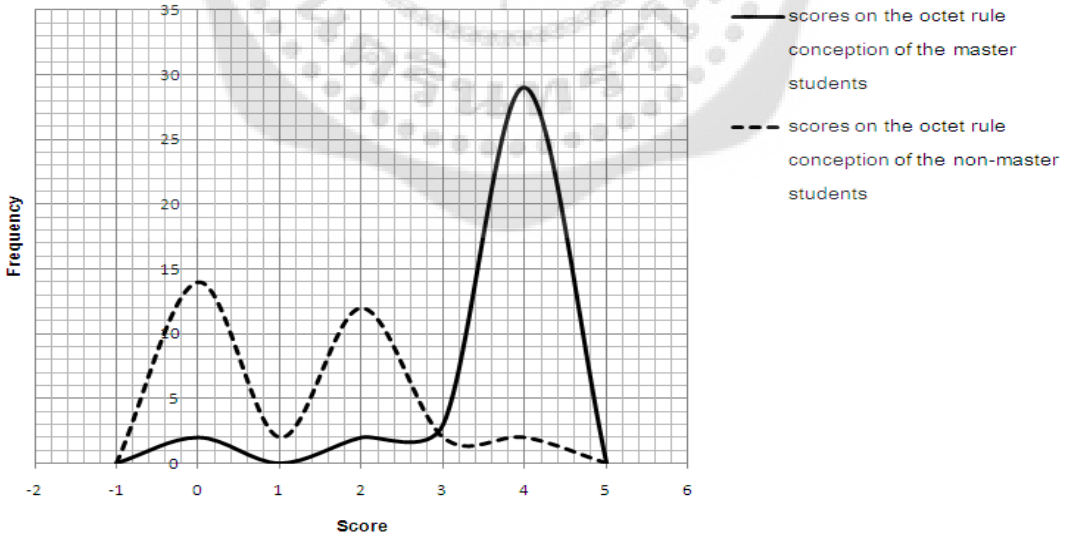


FIGURE 16 FREQUENCY CURVES OF THE OCTET RULE CONCEPTION SCORES

TABLE 47 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES OF THE COVALENT BONDING FORMATION

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc	Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
1.1	0.37	0.63	0.31	2.6	0.43	0.57	0.28
1.2	0.37	0.63	0.31	2.7	0.43	0.57	0.28
1.3	0.37	0.63	0.31	2.8	0.43	0.57	0.28
1.4	0.37	0.63	0.31	2.9	0.43	0.57	0.28
1.5*	0.37	0.63	0.31	3	0.43	0.57	0.28
1.6	0.38	0.62	0.29	3.1	0.43	0.57	0.28
1.7	0.38	0.62	0.29	3.2	0.43	0.57	0.28
1.8	0.38	0.62	0.29	3.3	0.43	0.57	0.28
1.9	0.38	0.62	0.29	3.4	0.43	0.57	0.28
2	0.38	0.62	0.29	3.5	0.43	0.57	0.28
2.1	0.38	0.62	0.36	3.6	0.44	0.56	0.25
2.2	0.38	0.62	0.36	3.7	0.44	0.56	0.25
2.3	0.38	0.62	0.36	3.8	0.44	0.56	0.25
2.4	0.38	0.62	0.36	3.9	0.44	0.56	0.25
2.5	0.38	0.62	0.36				

(*) Was set as a cutting score for the covalent bonding formation

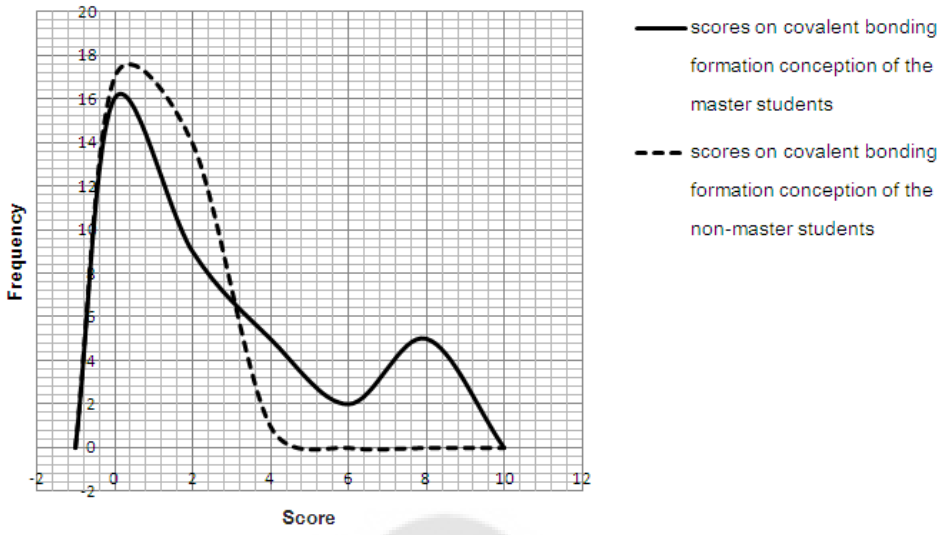


FIGURE 17 FREQUENCY CURVES OF THE COVALENT BONDING FORMATION

TABLE 48 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES OF THE PROPERTY OF WATER CONCEPTION

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
2.4*	0.07	0.93	0.85
2.5	0.07	0.93	0.85
2.6	0.09	0.91	0.82
2.7	0.09	0.91	0.82
2.8	0.09	0.91	0.82
2.9	0.09	0.91	0.82
3	0.09	0.91	0.82
3.1	0.09	0.91	0.84
3.2	0.09	0.91	0.84
3.3	0.09	0.91	0.84
3.4	0.09	0.91	0.84

(*) Was set as a cutting score for the property of water conception

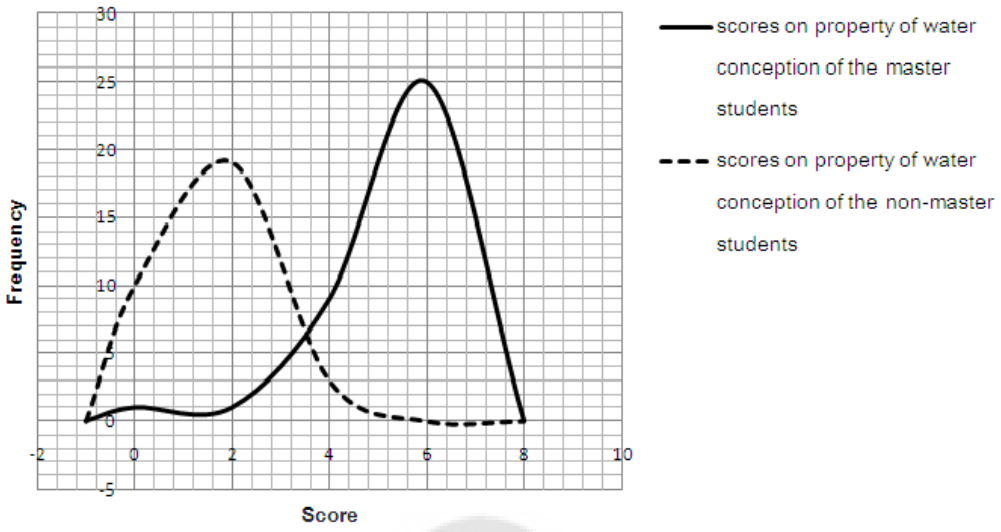


FIGURE 18 FREQUENCY CURVES OF THE PROPERTY OF WATER CONCEPTION

TABLE 49 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES OF THE BONDING ENERGY CONCEPTION

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
1.1	0.28	0.72	0.45
1.2	0.28	0.72	0.45
1.3	0.28	0.72	0.45
1.4	0.28	0.72	0.45
1.5	0.28	0.72	0.45
1.6	0.28	0.72	0.45
1.7	0.28	0.72	0.45
1.8	0.28	0.72	0.45
1.9	0.28	0.72	0.45
2	0.28	0.72	0.45
2.1	0.18	0.82	0.70
2.2	0.18	0.82	0.70
2.3	0.18	0.82	0.70
2.4*	0.18	0.82	0.70

(*) Was set as a cutting score for the bonding energy conception

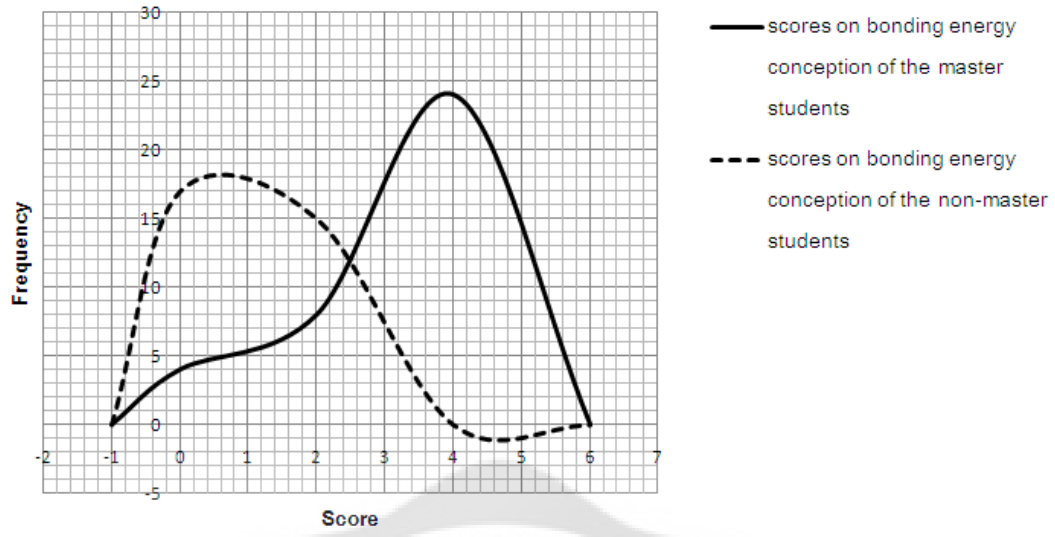


FIGURE 19 FREQUENCY CURVES OF THE BONDING ENERGY CONCEPTION

TABLE 50 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES OF THE BOND AND MOLECULAR POLARITY

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc	Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
0.1	0.24	0.76	0.53	0.8	0.26	0.74	0.48
0.2	0.24	0.76	0.53	0.9	0.26	0.74	0.48
0.3	0.25	0.75	0.50	1	0.26	0.74	0.48
0.4	0.25	0.75	0.50	1.1	0.26	0.74	0.57
0.5	0.25	0.75	0.50	1.2	0.26	0.74	0.57
0.6	0.26	0.74	0.48	1.3	0.26	0.74	0.57
0.7	0.26	0.74	0.48	1.4*	0.26	0.74	0.57

(*) Was set as a cutting score for the bond and molecular polarity

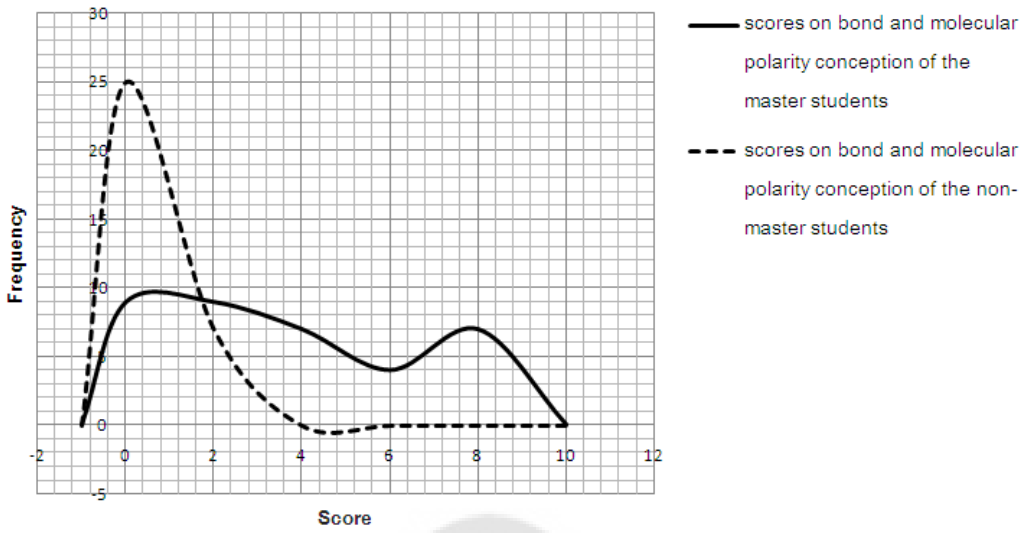


FIGURE 20 FREQUENCY CURVES OF THE BOND AND MOLECULAR POLARITY

TABLE 51 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES OF THE INTERMOLECULAR FORCE

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
1.1	0.24	0.76	0.57
1.2	0.24	0.76	0.57
1.3	0.24	0.76	0.57
1.4	0.24	0.76	0.57
1.5	0.24	0.76	0.57
1.6*	0.24	0.76	0.57
1.7	0.24	0.76	0.57
1.8	0.24	0.76	0.57
1.9	0.24	0.76	0.57
2	0.24	0.76	0.57
2.1	0.29	0.71	0.52
2.2	0.29	0.71	0.52
2.3	0.29	0.71	0.52

(*) Was set as a cutting score for the intermolecular force

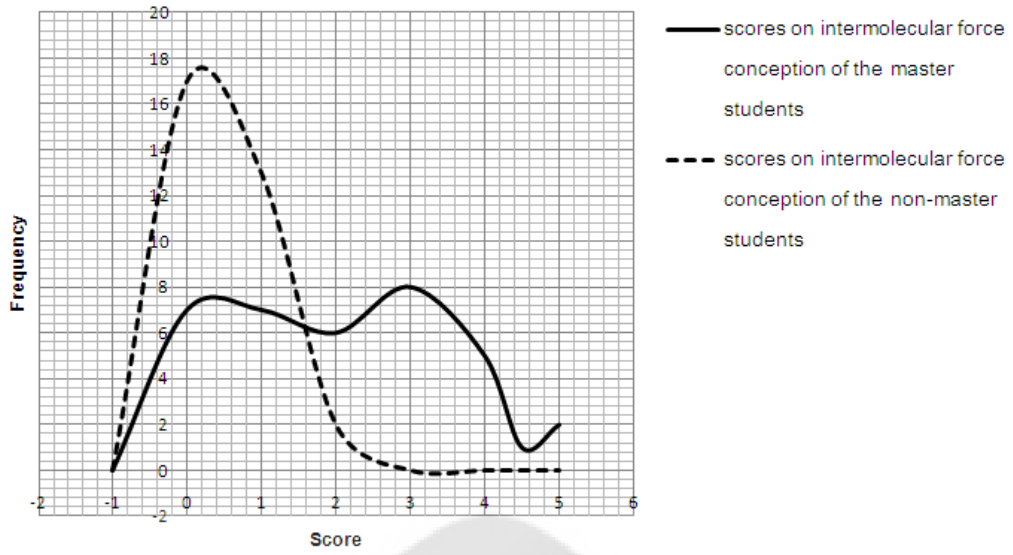


FIGURE 21 FREQUENCY CURVES OF THE INTERMOLECULAR FORCE CONCEPTION

TABLE 52 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES OF THE METAL MODEL

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
0.1	0.25	0.75	0.59
0.2	0.25	0.75	0.59
0.3	0.25	0.75	0.59
0.4*	0.25	0.75	0.59
0.5	0.25	0.75	0.59
0.6	0.26	0.74	0.57
0.7	0.26	0.74	0.57
0.8	0.26	0.74	0.57
0.9	0.26	0.74	0.57
1	0.26	0.74	0.57
1.1	0.32	0.68	0.48
1.2	0.32	0.68	0.48
1.3	0.32	0.68	0.48

(*) Was set as a cutting score for the metal model

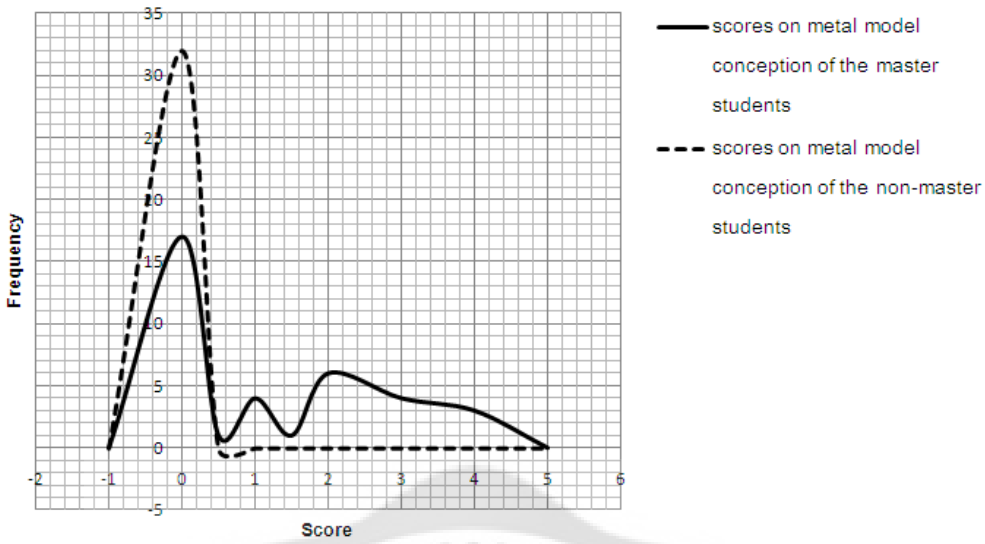


FIGURE 22 FREQUENCY CURVES OF THE METAL MODEL CONCEPTION SCORES

TABLE 53 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES OF THE PHYSICAL PROPERTY OF METAL

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
1.1	0.38	0.62	0.24
1.2	0.38	0.62	0.24
1.3	0.38	0.62	0.24
1.4	0.38	0.62	0.24
1.5	0.38	0.62	0.24
1.6	0.38	0.62	0.24
1.7	0.38	0.62	0.24
1.8*	0.38	0.62	0.24
1.9	0.38	0.62	0.24
2	0.38	0.62	0.24
2.1	0.41	0.59	0.20
2.2	0.41	0.59	0.20
2.3	0.41	0.59	0.20

(*) Was set as a cutting score for the physical property of metal

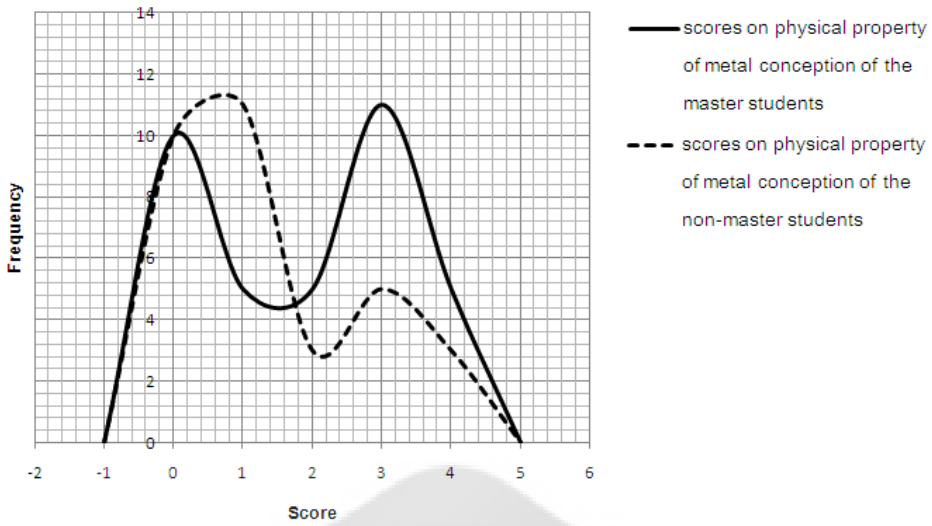


FIGURE 23 FREQUENCY CURVES OF THE PHYSICAL PROPERTY OF METAL CONCEPTION SCORES

TABLE 54 STUDENTS' SCORE ON THE METACOGNITIVE INVENTORY

No.	Preparatory	Confirmatory		No.	Preparatory	Confirmatory	
	Post-test	Pre-test	Post-test		Post-test	Pre-test	Post-test
1	6	6	12	19	13	2	11
2	12	3	17	20	17	3	11
3	13	6	21	21	13	2	13
4	17	4	14	22	18	4	9
5	5	5	10	23	15	9	14
6	11	5	12	24	14	6	14
7	17	1	17	25	14	3	14
8	8	2	18	26	17	8	12
9	18	3	13	27	13	7	13
10	14	8	14	28	11	3	15
11	19	9	12	29	9	7	13
12	18	5	14	30	10	8	14
13	15	4	9	31	14	6	13
14	12	2	6	32	12	3	11
15	14	6	17	33	16		
16	13	3	12	34	14		
17	12	5	14	35	19		
18	12	3	12	36	15		

Full score was 23

Post-test mean score of preparatory stage was 13.61 (N= 36)

Pre-test mean score of confirmatory stage was 4.72 (N= 32)

Post-test mean score of confirmatory stage was 13.16 (N= 32)

TABLE 55 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES ON METACOGNITION

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
8	0.10	0.90	0.80
9	0.07	0.93	0.85
10*	0.06	0.94	0.89
11	0.07	0.93	0.86
12	0.10	0.90	0.81

(*) Was set as a cutting score for the metacognitive ability

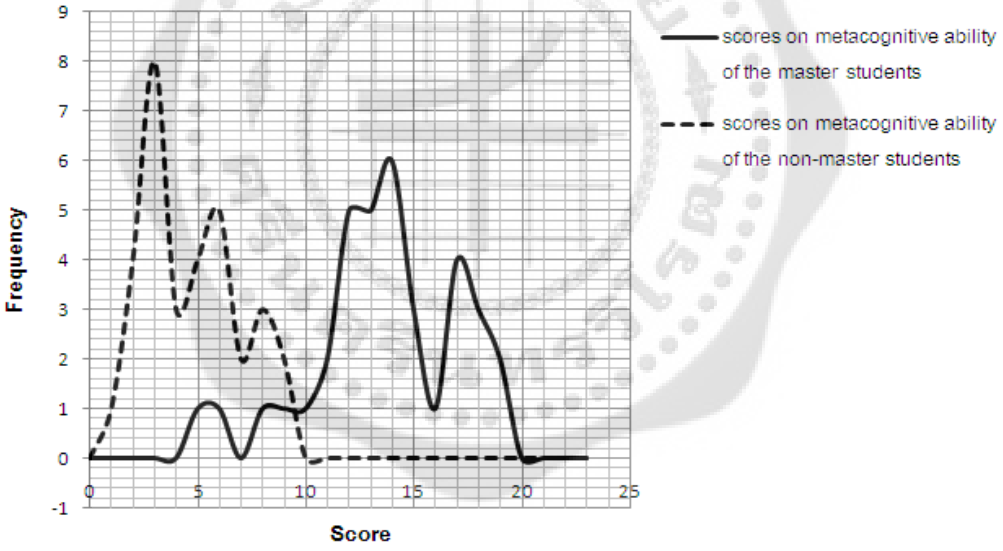


FIGURE 24 FREQUENCY CURVES OF THE METACOGNITIVE ABILITY SCORES

TABLE 56 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES ON METACOGNITIVE KNOWLEDGE

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
5	0.09	0.91	0.82
5.1	0.09	0.91	0.82
5.2	0.09	0.91	0.82
5.3	0.09	0.91	0.82
5.4	0.09	0.91	0.82
5.5	0.09	0.91	0.82
5.6	0.09	0.91	0.82
5.7	0.09	0.91	0.82
5.8	0.09	0.91	0.82
5.9	0.09	0.91	0.82
6	0.09	0.91	0.82
6.1*	0.09	0.91	0.83
6.2	0.09	0.91	0.83
6.3	0.09	0.91	0.83
6.4	0.09	0.91	0.83

(*) was set as a cutting score for the metacognitive knowledge

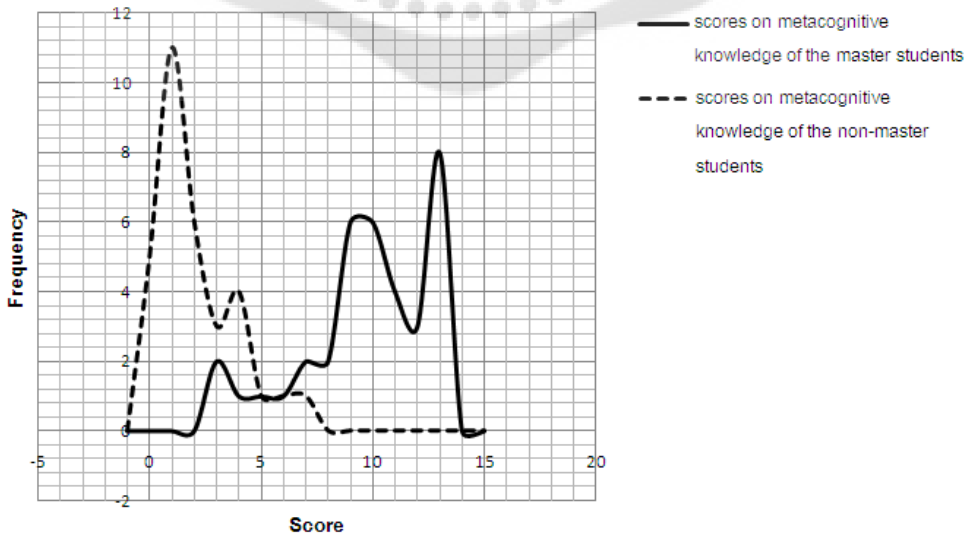


FIGURE 25 FREQUENCY CURVES OF THE METACOGNITIVE KNOWLEDGE SCORES

TABLE 57 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES ON METACOGNITIVE CONTROL

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc	Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
3.5*	0.35	0.65	0.30	6	0.50	0.50	0.07
4	0.35	0.65	0.30	6.5	0.49	0.51	0.15
4.5	0.37	0.63	0.31	7	0.49	0.51	0.15
5	0.37	0.63	0.31	7.5	0.49	0.51	0.20
5.5	0.50	0.50	0.07				

(*) was set as a cutting score for the metacognitive control

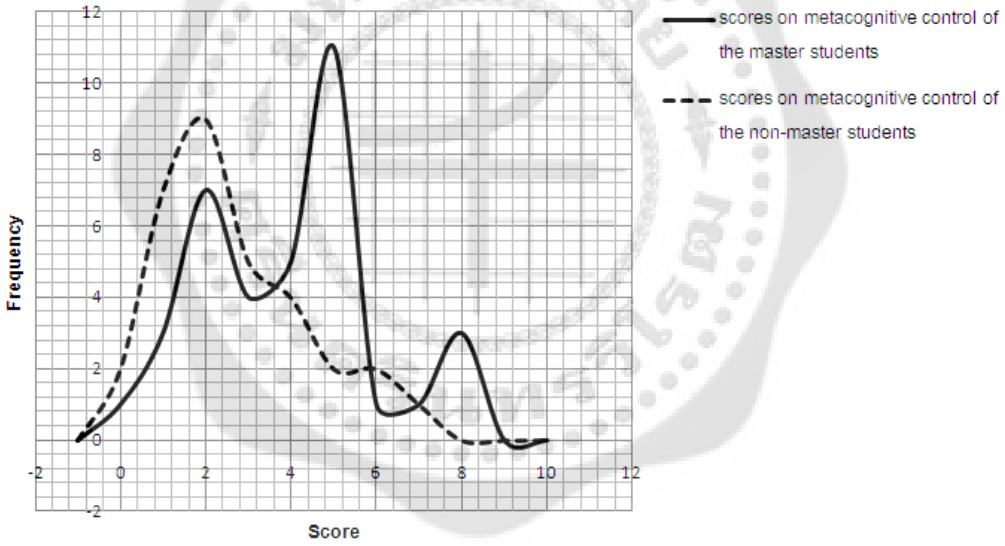


FIGURE 26 FREQUENCY CURVES OF THE METACOGNITIVE CONTROL SCORES

TABLE 58 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES ON DECLARATIVE KNOWLEDGE

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
1.5	0.09	0.91	0.83
1.6	0.09	0.91	0.83
1.7	0.09	0.91	0.83
1.8*	0.09	0.91	0.83
1.9	0.09	0.91	0.83
2	0.09	0.91	0.83
2.1	0.13	0.87	0.74
2.2	0.13	0.87	0.74
2.3	0.13	0.87	0.74
2.4	0.13	0.87	0.74
2.5	0.13	0.87	0.74
2.6	0.13	0.87	0.74
2.7	0.13	0.87	0.74
2.8	0.13	0.87	0.74
2.9	0.13	0.87	0.74

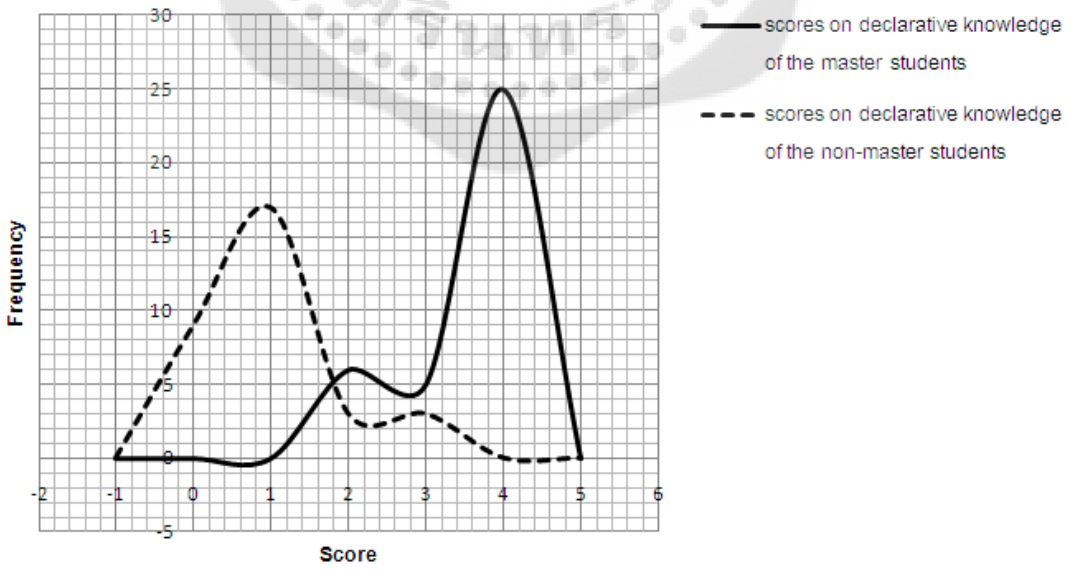


FIGURE 27 FREQUENCY CURVES OF THE DECLARATIVE KNOWLEDGE SCORES

TABLE 59 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES ON PROCEDURAL KNOWLEDGE

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
1.1	0.13	0.87	0.73
1.2	0.13	0.87	0.73
1.3	0.13	0.87	0.73
1.4	0.13	0.87	0.73
1.5	0.13	0.87	0.73
1.6	0.13	0.87	0.73
1.7	0.13	0.87	0.73
1.8	0.13	0.87	0.73
1.9	0.13	0.87	0.73
2	0.13	0.87	0.73
2.1*	0.12	0.88	0.79
2.2	0.12	0.88	0.79
2.3	0.12	0.88	0.79

(*) was set as a cutting score for the procedural knowledge

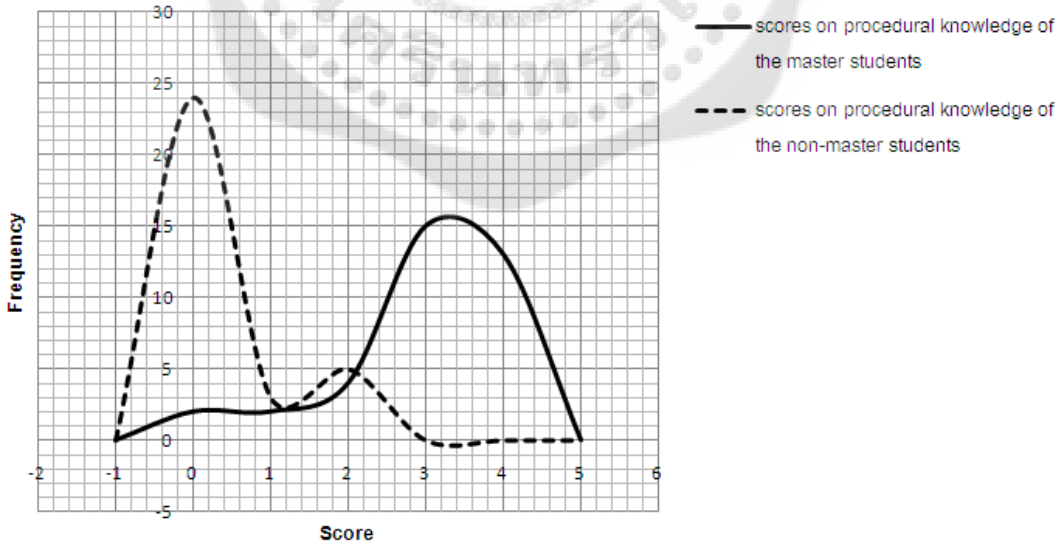


FIGURE 28 FREQUENCY CURVES OF THE PROCEDURAL KNOWLEDGE SCORES

TABLE 60 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES ON CONDITIONAL KNOWLEDGE

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
0.5	0.16	0.84	0.68
0.6	0.16	0.84	0.68
0.7	0.16	0.84	0.68
0.8*	0.16	0.84	0.68
0.9	0.16	0.84	0.68
1	0.16	0.84	0.68
1.1	0.18	0.82	0.68
1.2	0.18	0.82	0.68
1.3	0.18	0.82	0.68
1.4	0.18	0.82	0.68
1.5	0.18	0.82	0.68

(*) was set as a cutting score for the conditional knowledge

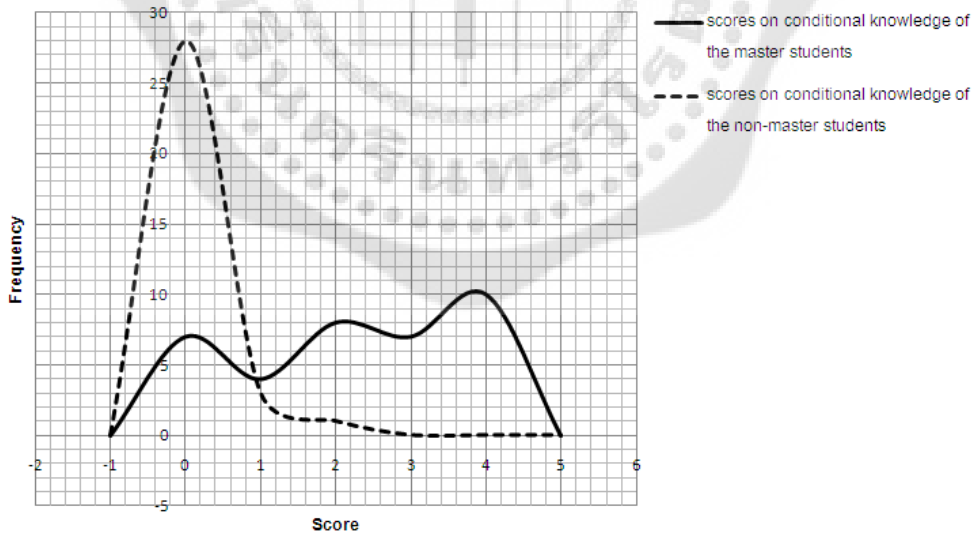


FIGURE 29 FREQUENCY CURVES OF THE CONDITIONAL KNOWLEDGE SCORES

TABLE 61 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES ON THE PLANNING

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
1.3	0.37	0.63	0.26
1.4	0.37	0.63	0.26
1.5	0.37	0.63	0.26
1.6	0.37	0.63	0.26
1.7	0.37	0.63	0.26
1.8*	0.37	0.63	0.26
1.9	0.37	0.63	0.26
2	0.37	0.63	0.26
2.1	0.38	0.62	0.26
2.2	0.38	0.62	0.26
2.3	0.38	0.62	0.26
2.4	0.38	0.62	0.26

(*) was set as a cutting score for the planning

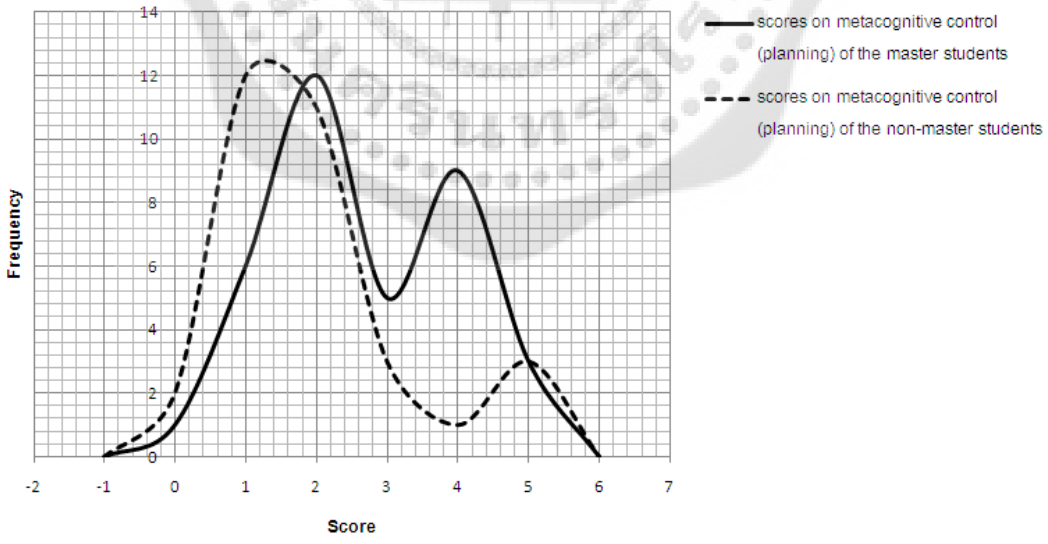


FIGURE 30 FREQUENCY CURVES OF THE PLANNING SCORES

TABLE 62 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES ON THE MONITORING

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc	Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
0.1	0.37	0.63	0.32	0.6	0.37	0.63	0.32
0.2	0.37	0.63	0.32	0.7	0.37	0.63	0.32
0.3	0.37	0.63	0.32	0.8	0.37	0.63	0.32
0.4*	0.37	0.63	0.32	0.9	0.37	0.63	0.32
0.5	0.37	0.63	0.32	1	0.37	0.63	0.32

(*) was set as a cutting score for the monitoring

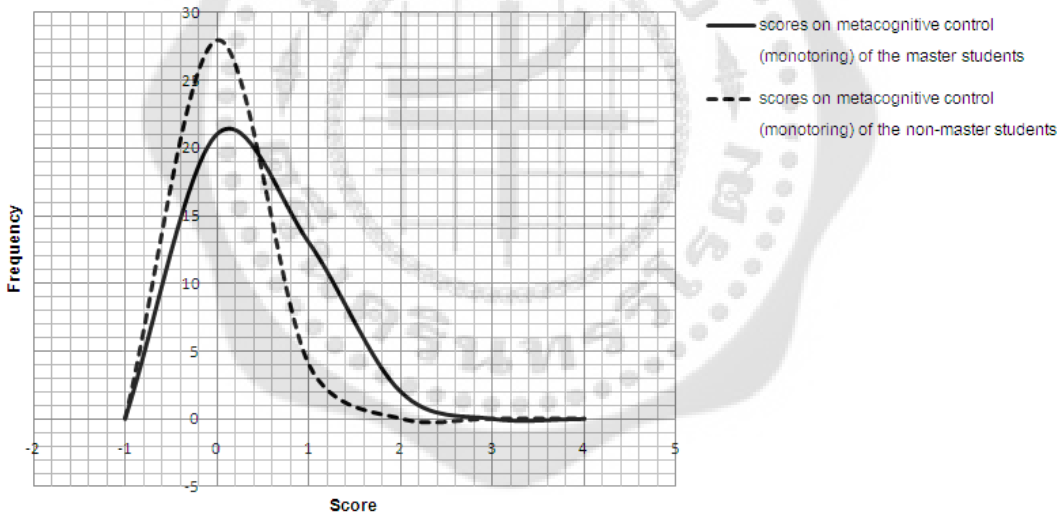


FIGURE 31 FREQUENCY CURVES OF THE MONITORING SCORES

TABLE 63 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES ON THE EVALUATING

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc	Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
0.1	0.46	0.54	0.09	0.6	0.46	0.54	0.09
0.2	0.46	0.54	0.09	0.7	0.46	0.54	0.09
0.3	0.46	0.54	0.09	0.8	0.46	0.54	0.09
0.4	0.46	0.54	0.09	0.9	0.46	0.54	0.09
0.5*	0.46	0.54	0.09	1	0.46	0.54	0.09

(*) was set as a cutting score for the evaluating

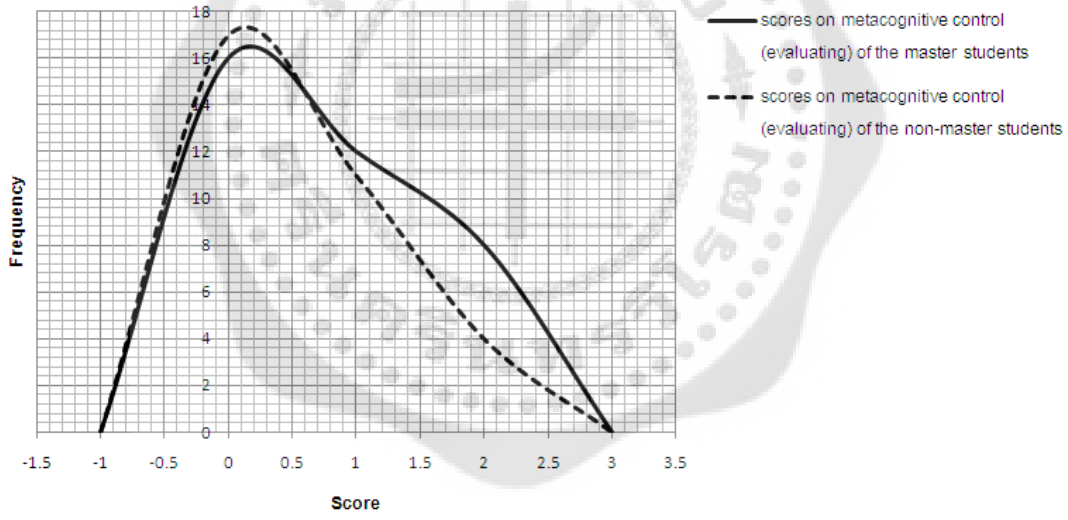


FIGURE 32 FREQUENCY CURVES OF THE EVALUATING SCORES

TABLE 64 STUDENTS' SCORE ON THE INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS

No.	Preparatory	Confirmatory		No.	Preparatory	Confirmatory	
	Post-test	Pre-test	Post-test		Post-test	Pre-test	Post-test
1	24	19	9	19	19	18	19
2	25	17	23	20	24	20	23
3	23	24	26	21	20	12	20
4	23	19	29	22	23	16	24
5	15	14	20	23	22	19	19
6	23	18	21	24	24	10	12
7	23	27	26	25	25	18	20
8	15	23	24	26	20	18	25
9	19	8	16	27	21	7	18
10	19	14	21	28	22	14	24
11	26	16	21	29	21	11	23
12	19	15	26	30	18	24	15
13	22	12	18	31	19	18	22
14	16	18	21	32	20	14	27
15	16	15	14	33	20		
16	16	16	19	34	15		
17	20	17	9	35	24		
18	19	10	23	36	27		

Full score was 30.

Post-test mean score of preparatory stage was 20.75 (N= 36).

Pre-test mean score of confirmatory stage was 16.28 (N= 32).

Post-test mean score of confirmatory stage was 20.53 (N= 32).

TABLE 65 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORES OF THE ENTIRE INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc	Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
12	0.40	0.60	0.30	18.5*	0.22	0.78	0.56
13	0.37	0.63	0.36	19	0.22	0.78	0.56
14	0.37	0.63	0.36	20	0.26	0.74	0.49
15	0.31	0.69	0.47	21	0.32	0.68	0.40
16	0.32	0.68	0.38	22	0.35	0.65	0.35
17	0.32	0.68	0.36	23	0.40	0.60	0.27
18	0.29	0.71	0.41	24	0.46	0.54	0.17

(*) was set as a cutting score for the entire integrated science process skills

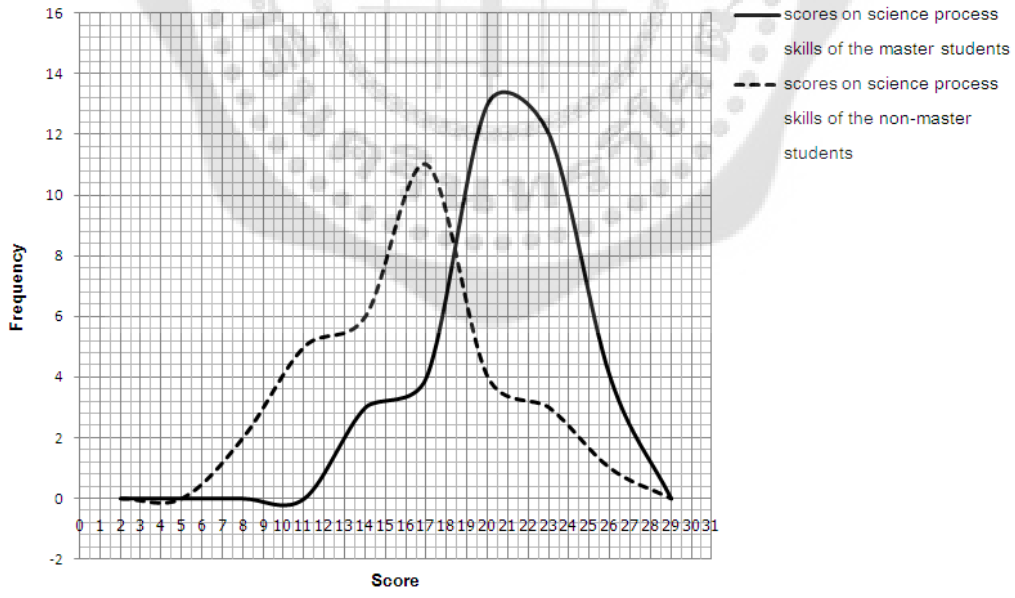


FIGURE 33 FREQUENCY CURVES OF THE ENTIRE SCIENCE PROCESS SKILLS SCORES

TABLE 66 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORE OF THE FIRST ASPECT (DEFINING OPERATION)

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
5	0.34	0.66	0.39
6	0.34	0.66	0.33
7*	0.31	0.69	0.38
8	0.31	0.69	0.38
9	0.38	0.62	0.26
10	0.41	0.59	0.23
11	0.40	0.60	0.31

(*) was set as a cutting score for the defining operation

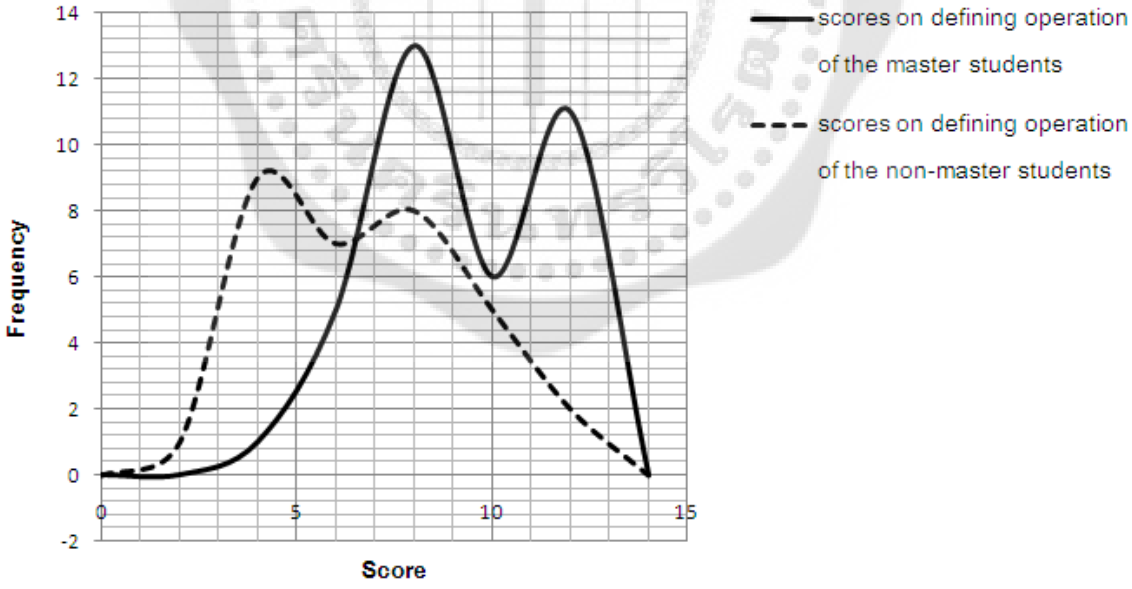


FIGURE 34 FREQUENCY CURVES OF THE DEFINING OPERATION SCORES

TABLE 67 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORE OF THE SECOND ASPECT (FORMULATING HYPOTHESIS)

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
4	0.37	0.63	0.33
5*	0.32	0.68	0.37
6	0.41	0.59	0.17
7	0.41	0.59	0.22

(*) was set as a cutting score for the formulating hypothesis

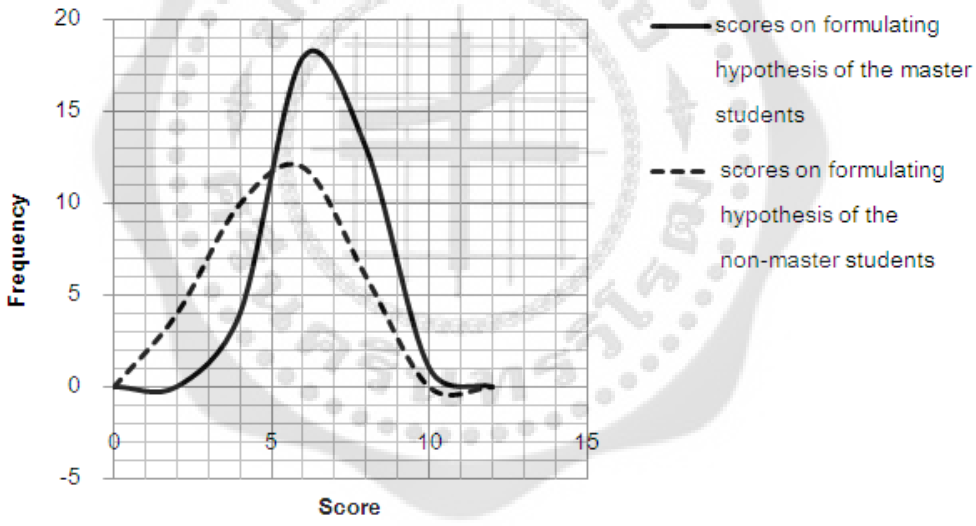


FIGURE 35 FREQUENCY CURVES OF THE FORMULATING HYPOTHESIS SCORES

TABLE 68 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORE OF THE FORTH ASPECT (OPERATIONALLY DEFINING)

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
1	0.46	0.54	0.13
2*	0.44	0.56	0.12
3	0.46	0.54	0.07
4	0.49	0.51	0.02
5	0.50	0.50	0.04
6	0.54	0.46	-0.13

(*) was set as a cutting score for the operationally defining

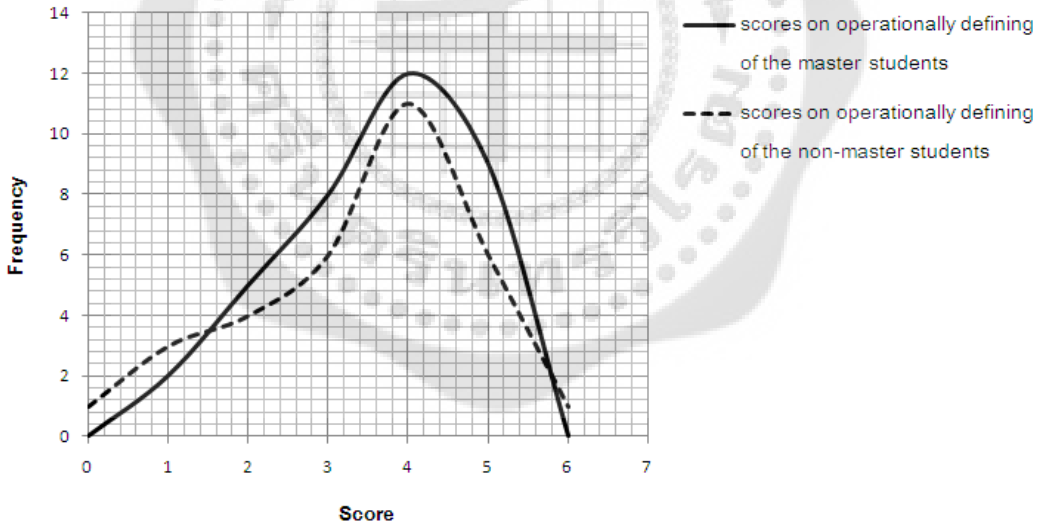


FIGURE 36 FREQUENCY CURVES OF THE OPERATIONALLY DEFINING SCORES

TABLE 69 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR POSSIBLE SCORE OF THE FIFTH ASPECT (DEFINING INVESTAGATION)

Score	P(FM) + P(FN)	P(TM) + P(TN)	Øvc
1	0.44	0.56	0.14
1.5*	0.31	0.69	0.39
2	0.31	0.69	0.39

(*) was set as a cutting score for the defining investigation

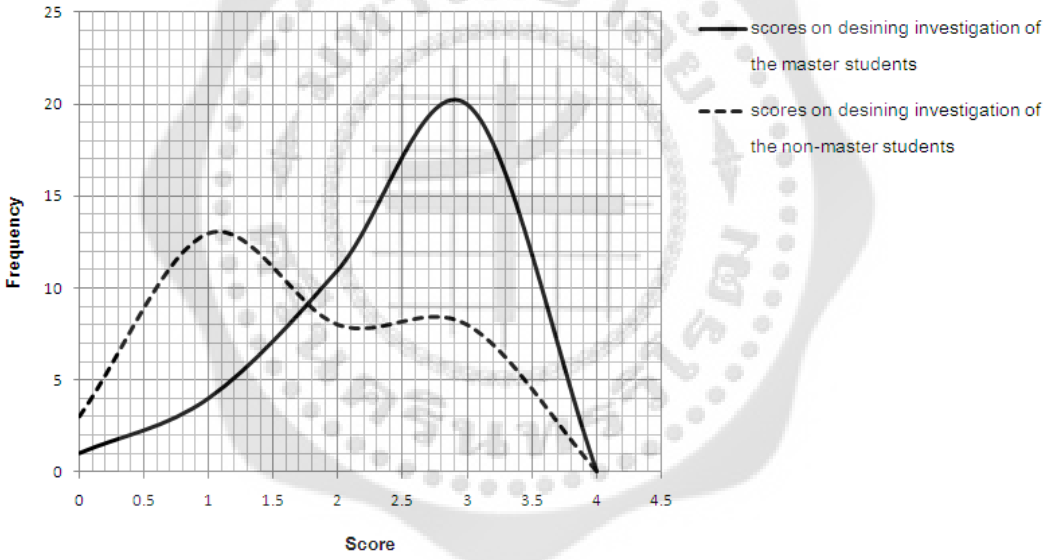


FIGURE 37 FREQUENCY CURVES OF THE DESIGNING INVESTIGATION SCORES

TABLE 70 STUDENTS' ATTITUDES TOWARD CHEMISTRY POST-TEST SCORE FROM CONFIRMATORY STAGE (N=32)

Statement	Level of attitudes toward chemistry		
	Mean	S.D.	Interpretation
The importance of chemistry in daily life			
1. Without chemistry knowledge, a country development cannot be possible.	3.94	0.76	High
2. Solving environmental problems cannot be success without chemistry knowledge.	3.84	0.99	High
3. Environmental problems results from the chemistry progress.	4.75	0.44	Very high
4. The progress of chemistry improves the quality of our lives.	3.66	0.94	High
5. Chemistry knowledge causes various problems to a society.	3.13	1.18	Medium
6. Environments will be better if no chemistry knowledge.	3.97	0.65	High
7. Chemistry knowledge helps people to be better the making decision more safe.	4.47	0.67	High
8. Chemistry knowledge causes the progress on medical care.	3.41	0.91	Medium
9. The progress of chemistry is responsible for the disease that difficult to be cured.	3.03	0.93	Medium
10. The progress of chemistry results in increased new drugs.	2.84	1.14	Medium
The easy-difficulty perspective			
1. Chemistry symbols are too difficult for me.	3.53	0.92	High
2. When solving chemistry problems, I don't know how to start.	2.94	0.84	Medium
3. I solve chemistry problem very easily	3.25	0.80	Medium
4. I understand the chemistry concepts very easily.	2.53	0.76	Medium
5. Meaning of chemistry symbol can be easily to understand.	3.75	0.57	High
6. I cannot explain natural phenomenon by using chemistry knowledge.	2.63	0.79	Medium
7. I study chemistry without understanding.	3.13	0.75	Medium
8. Learning chemistry symbol is not difficult to me.	2.97	0.65	Medium
9. I can explain the difficulty concepts of chemistry to my friend.	3.31	0.86	Medium
10. I found that chemistry is more difficult than my expectation.	2.72	0.68	Medium
The interest of chemistry course			
1. I like chemistry course more than other courses.	3.16	0.63	Medium
2. I am bored during chemistry lessons.	3.66	0.65	High

TABLE 70 (Continued)

Statement	Level of attitudes toward chemistry		
	Mean	S.D.	Interpretation
The interest of chemistry course (Continued)			
3. I will wake away when my friends are talking about chemistry.	4.16	0.72	High
4. Chemistry class period should be increased.	3.53	0.92	High
5. I find that chemistry course very interesting.	3.16	1.08	Medium
6. I would like to have fever chemistry lessons.	4.13	0.75	High
7. If it is possible, I won't learn chemistry.	2.28	0.92	Low
8. I enjoy doing a chemistry experiment.	4.66	0.48	Very high
9. I like science activity which is related to chemistry.	3.69	0.86	High
The usefulness of chemistry course for further career			
1. I dream to be a chemist.	2.59	0.98	Medium
2. Chemistry knowledge is necessary for my future career.	3.75	1.11	High
3. My future career is independent from chemistry knowledge.	3.97	1.18	High
4. If I have to be a teacher, I will be a chemistry teacher.	2.56	1.13	Medium
5. Chemistry knowledge is not useful for finding a good job.	3.31	0.78	Medium
6. I never think about my future career will be related to chemistry.	2.81	0.86	Medium
7. I would like to have a career which is related to chemistry knowledge.	3.41	1.04	Medium
8. Being an expert in chemistry will never lose a job.	3.75	0.98	High
9. Chemistry knowledge is not necessary for my future career.	3.53	1.05	High
10. Admirable career in community is not related to chemistry.	3.38	1.13	Medium

Mean of attitudes toward chemistry post-test score from confirmatory stage was 3.42 (N=32).

APPENDIX E

Samples of Assessment Forms and Research Instruments (in Thai)

แบบประเมินความเหมาะสมของคู่มือครูของหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมี

คำชี้แจง

แบบประเมินความเหมาะสมของคู่มือครูฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์ให้ผู้เชี่ยวชาญใช้ในการประเมินคู่มือครูของหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมี โดยหน่วยการเรียนรู้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเสริม 1. การมีแนวคิดทางวิทยาศาตร์เรื่องพันธะเคมีที่ถูกต้อง 2. ความสามารถด้านอภิปัญญาของผู้เรียน 3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการของผู้เรียน และ4. เจตคติที่ดีต่อวิชาเคมี จุดมุ่งหมายสำคัญของแบบประเมินนี้เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมขององค์ประกอบต่าง ๆ ในคู่มือครูในหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีกลการดึงความรู้

ขอความกรุณาท่านพิจารณาคู่มือครู และทำเครื่องหมายถูก (√) ลงในช่องที่ตรงกับความเห็นมากที่สุด เกณฑ์การประเมินคือ (5) ดีมาก (4) ดี (3) ปานกลาง (2) พอใช้ และ (1) ควรปรับปรุง พร้อมทั้งส่วนของความคิดเห็นเพิ่มเติมเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่นๆ ที่จะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขคู่มือครูของหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมี ให้ดียิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นางสาวพัชรี ร่มพยอม
นิสิตปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

แบบประเมินความเหมาะสมคู่มือครูของหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	1	2	3	4	5
1. จุดมุ่งหมายของหน่วยการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการเรียนรู้					
2. แนวความคิดต่อเนื่องมีความชัดเจนเหมาะสมสำหรับการวางแผนการจัดการเรียนรู้					
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้การสอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้เข้ากับวัฏจักรการเรียนรู้					
4. การประเมินผลการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการเรียนรู้					
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่1 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร					
1. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้					
2. เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับของผู้เรียน					
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1					
4. เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับระยะเวลาที่ใช้					
5. เนื้อหาและกิจกรรมสะท้อนรูปแบบการจัดการเรียนรู้					
6. การประเมินมีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้					
7. การประเมินครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่1 เรื่อง พันธะไอออนิก					
1. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้					
2. เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับของผู้เรียน					
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2					
4. เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับระยะเวลาที่ใช้					
5. เนื้อหาและกิจกรรมสะท้อนรูปแบบการจัดการเรียนรู้					
6. การประเมินมีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้					
7. การประเมินครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่2 เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก					
1. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้					
2. เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับของผู้เรียน					
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2					
4. เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับระยะเวลาที่ใช้					

แบบประเมินความเหมาะสมคู่มือครู (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	1	2	3	4	5
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่2 เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก(ต่อ)					
5. เนื้อหาและกิจกรรมสะท้อนรูปแบบการจัดการเรียนรู้					
6. การประเมินมีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้					
7. การประเมินครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่1 เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนซ์					
1. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้					
2. เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับของผู้เรียน					
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3					
4. เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับระยะเวลาที่ใช้					
5. เนื้อหาและกิจกรรมสะท้อนรูปแบบการจัดการเรียนรู้					
6. การประเมินมีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้					
7. การประเมินครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่2 เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนซ์					
1. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้					
2. เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับของผู้เรียน					
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3					
4. เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับระยะเวลาที่ใช้					
5. เนื้อหาและกิจกรรมสะท้อนรูปแบบการจัดการเรียนรู้					
6. การประเมินมีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้					
7. การประเมินครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่3 เรื่องสารโครงผลึกร่างตาข่ายและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล					
1. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้					
2. เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับของผู้เรียน					
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3					
4. เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับระยะเวลาที่ใช้					
5. เนื้อหาและกิจกรรมสะท้อนรูปแบบการจัดการเรียนรู้					

แบบประเมินความเหมาะสมคู่มือครู (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	1	2	3	4	5
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่3 เรื่องสารโครงผลึกร่างตาข่ายและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล					
6. การประเมินมีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้					
7. การประเมินครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่1 เรื่อง พันธะโลหะ					
1. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้					
2. เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับของผู้เรียน					
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4					
4. เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับระยะเวลาที่ใช้					
5. เนื้อหาและกิจกรรมสะท้อนรูปแบบการจัดการเรียนรู้					
6. การประเมินมีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้					
7. การประเมินครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
การประเมินคู่มือครูโดยภาพรวม					
ประเมินให้คู่มือครูมีคุณภาพอยู่ในระดับ					

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่...../...../.....

แบบประเมินความเหมาะสมของหนังสือเรียนของหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมี

คำชี้แจง

แบบประเมินความเหมาะสมของหนังสือเรียนฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์ให้ผู้เชี่ยวชาญใช้ในการประเมินหนังสือเรียนของหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมี โดยหน่วยการเรียนรู้มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริม 1. การมีแนวคิดทางวิทยาศาตร์เรื่อง พันธะเคมีที่ถูกต้อง 2. ความสามารถด้านอภิปัญญาของผู้เรียน 3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการของผู้เรียน และ4. เจตคติที่ดีต่อวิชาเคมีของผู้เรียน จุดประสงค์ของแบบประเมินนี้เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมขององค์ประกอบต่าง ๆ ในหนังสือเรียนในหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีกลการดึงความรู้ ซึ่งแบ่งเป็น 4 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา ด้านการประเมิน ด้านภาษา ด้านระยะเวลา และการประเมินหนังสือเรียนโดยภาพรวม

ขอความกรุณาท่านพิจารณาหนังสือเรียน และทำเครื่องหมายถูก (√) ลงในช่องที่ตรงกับความเห็นมากที่สุด เกณฑ์การประเมินคือ (5) ดีมาก (4) ดี (3) ปานกลาง (2) พอใช้ และ (1) ควรปรับปรุง พร้อมทั้งส่วนของความคิดเห็นเพิ่มเติมเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่นๆ ที่จะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขหนังสือเรียนของหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมี ให้ดียิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง
นางสาวพัชรี ร่มพยอม
นิสิตปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

แบบประเมินความเหมาะสมหนังสือเรียนหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	1	2	3	4	5
บทที่ 1 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค					
1. ด้านเนื้อหา					
1.1 เนื้อหาในบทเรียนครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
1.2 ความเหมาะสมของการจัดลำดับเนื้อหา					
1.3 ความถูกต้องของเนื้อหา					
1.4 ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับของผู้เรียน					
1.5 ความเหมาะสมของเนื้อหาปฏิบัติการ(การทดลองที่ 1)					
1.6 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน1-1					
1.7 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน1-2					
1.8 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน1-3					
2. ด้านการประเมินผล					
2.1 ความเหมาะสมของกิจกรรมการประเมิน					
2.2 การประเมินครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
3. ด้านภาษา					
3.1 การใช้ภาษาถูกต้องสื่อความหมายชัดเจน					
4. ด้านระยะเวลา					
4.1 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ทำการทดลองที่ 1					
4.2 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมการดึงความรู้					
4.3 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมขั้นขยายความรู้					
บทที่ 2 เรื่อง พันธะไอออนิก					
1. ด้านเนื้อหา					
1.1 เนื้อหาในบทเรียนครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
1.2 ความเหมาะสมของการจัดลำดับเนื้อหา					
1.3 ความถูกต้องของเนื้อหา					
1.4 ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับของผู้เรียน					
1.5 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน2-1					
1.6 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน2-2					
1.7 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน 2-3					

แบบประเมินความเหมาะสมหนังสือเรียน (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	1	2	3	4	5
บทที่ 2 เรื่อง พันธะไอออนิก (ต่อ)					
2. ด้านการประเมินผล					
2.1 ความเหมาะสมของกิจกรรมการประเมิน					
2.2 การประเมินครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
3. ด้านภาษา					
3.1 การใช้ภาษาถูกต้องสื่อความหมายชัดเจน					
4. ด้านระยะเวลา					
4.1 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมการดึงความรู้					
4.2 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมขั้นขยายความรู้					
บทที่ 3 เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก					
1. ด้านเนื้อหา					
1.1 เนื้อหาในบทเรียนครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
1.2 ความเหมาะสมของการจัดลำดับเนื้อหา					
1.3 ความถูกต้องของเนื้อหา					
1.4 ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับของผู้เรียน					
1.5 ความเหมาะสมของเนื้อหาปฏิบัติการ(การทดลองที่ 2)					
1.6 ความเหมาะสมของเนื้อหาปฏิบัติการ(การทดลองที่ 3)					
1.7 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน3-1					
1.8 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน3-2					
1.9 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน3-3					
2. ด้านการประเมินผล					
2.1 ความเหมาะสมของกิจกรรมการประเมิน					
2.2 การประเมินครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
3. ด้านภาษา					
3.1 การใช้ภาษาถูกต้องสื่อความหมายชัดเจน					
4. ด้านระยะเวลา					
4.1 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ทำการทดลองที่ 2					
4.2 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ทำการทดลองที่ 3					
4.3 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมการดึงความรู้					

แบบประเมินความเหมาะสมหนังสือเรียน (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	1	2	3	4	5
บทที่ 3 เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก (ต่อ)					
4.4 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมขั้นขยายความรู้					
บทที่ 4 เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนซ์					
1. ด้านเนื้อหา					
1.1 เนื้อหาในบทเรียนครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
1.2 ความเหมาะสมของการจัดลำดับเนื้อหา					
1.3 ความถูกต้องของเนื้อหา					
1.4 ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับของผู้เรียน					
1.5 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน4-1					
1.6 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน4-2					
1.7 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน4-3					
2. ด้านการประเมินผล					
2.1 ความเหมาะสมของกิจกรรมการประเมิน					
2.2 การประเมินครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
3. ด้านภาษา					
3.1 การใช้ภาษาถูกต้องสื่อความหมายชัดเจน					
4. ด้านระยะเวลา					
4.1 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมการดึงความรู้					
4.2 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมขั้นขยายความรู้					
บทที่ 5 เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนซ์					
1. ด้านเนื้อหา					
1.1 เนื้อหาในบทเรียนครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
1.2 ความเหมาะสมของการจัดลำดับเนื้อหา					
1.3 ความถูกต้องของเนื้อหา					
1.4 ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับของผู้เรียน					
1.5 ความเหมาะสมของเนื้อหาปฏิบัติการ(การทดลองที่ 4)					
1.6 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน5-1					
1.7 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน5-2					
1.8 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน 5-3					

แบบประเมินความเหมาะสมหนังสือเรียน (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	1	2	3	4	5
บทที่ 5 เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนซ์ (ต่อ)					
2. ด้านการประเมินผล					
2.1 ความเหมาะสมของกิจกรรมการประเมิน					
2.2 การประเมินครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
3. ด้านภาษา					
3.1 การใช้ภาษาถูกต้องสื่อความหมายชัดเจน					
4. ด้านระยะเวลา					
4.1 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ทำการทดลองที่ 4					
4.2 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมการดึงความรู้					
4.3 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมขั้นขยายความรู้					
บทที่ 6 เรื่อง สารโครงผลึกร่างตาข่ายและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล					
1. ด้านเนื้อหา					
1.1 เนื้อหาในบทเรียนครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
1.2 ความเหมาะสมของการจัดลำดับเนื้อหา					
1.3 ความถูกต้องของเนื้อหา					
1.4 ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับของผู้เรียน					
1.5 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน6-1					
1.6 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน6-2					
1.7 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน6-3					
2. ด้านการประเมินผล					
2.1 ความเหมาะสมของกิจกรรมการประเมิน					
2.2 การประเมินครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
3. ด้านภาษา					
3.1 การใช้ภาษาถูกต้องสื่อความหมายชัดเจน					
4. ด้านระยะเวลา					
4.1 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมการดึงความรู้					
4.2 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมขั้นขยายความรู้					

แบบประเมินความเหมาะสมหนังสือเรียน (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	1	2	3	4	5
บทที่ 7 เรื่อง พันธะโลหะ					
1. ด้านเนื้อหา					
1.1 เนื้อหาในบทเรียนครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
1.2 ความเหมาะสมของการจัดลำดับเนื้อหา					
1.3 ความถูกต้องของเนื้อหา					
1.4 ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับของผู้เรียน					
1.5 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน7-1					
1.6 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน7-2					
1.7 ความเหมาะสมของคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ตอน 7-3					
2. ด้านการประเมินผล					
2.1 ความเหมาะสมของกิจกรรมการประเมิน					
2.2 การประเมินครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้					
3. ด้านภาษา					
3.1 การใช้ภาษาถูกต้องสื่อความหมายชัดเจน					
4. ด้านระยะเวลา					
4.1 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมการดึงความรู้					
4.2 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมขั้นขยายความรู้					
5. การประเมินหนังสือเรียนโดยภาพรวม					
ประเมินให้หนังสือเรียนมีคุณภาพอยู่ในระดับ					

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่...../...../.....

แบบประเมินความสอดคล้องของหน่วยการเรียนรู้ ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมี

คำชี้แจง

แบบประเมินโครงร่างหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมีฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์ให้ผู้เชี่ยวชาญใช้ในการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบต่าง ๆ ในหน่วยการเรียนรู้ คือ

1. ความสอดคล้องระหว่างจุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้กับตัวบ่งชี้
2. ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับจุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้
3. ความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้กับจุดประสงค์ของแผนการจัดการเรียนรู้
4. ความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้
5. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้และแนวทางการประเมิน
6. ความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้และแนวทางการประเมิน

ขอความกรุณาท่านพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้ และทำเครื่องหมายถูก (√) ลงในช่องที่ตรงกับความเห็นมากที่สุด เกณฑ์การประเมินคือ สอดคล้อง(+1) ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง (0) และไม่สอดคล้อง (-1) พร้อมทั้งส่วนของความคิดเห็นเพิ่มเติมเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่นๆ ที่จะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขโครงร่างหน่วยการเรียนรู้ให้ดียิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นางสาวพัชรี ร่มพยอม
นิสิตปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

แบบประเมินความสอดคล้องของหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่1 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค			
1. จุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้กับตัวบ่งชี้			
2. เนื้อหากับจุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้			
3. กิจกรรมการเรียนรู้กับจุดประสงค์ของแผนการจัดการเรียนรู้			
4. กิจกรรมการเรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
5. จุดประสงค์การเรียนรู้และแนวทางการประเมิน			
6. กิจกรรมการเรียนรู้และแนวทางการประเมิน			
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่1 เรื่อง พันธะไอออนิก			
1. จุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้กับตัวบ่งชี้			
2. เนื้อหากับจุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้			
3. กิจกรรมการเรียนรู้กับจุดประสงค์ของแผนการจัดการเรียนรู้			
4. กิจกรรมการเรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
5. จุดประสงค์การเรียนรู้และแนวทางการประเมิน			
6. กิจกรรมการเรียนรู้และแนวทางการประเมิน			
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก			
1. จุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้กับตัวบ่งชี้			
2. เนื้อหากับจุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้			
3. กิจกรรมการเรียนรู้กับจุดประสงค์ของแผนการจัดการเรียนรู้			
4. กิจกรรมการเรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
5. จุดประสงค์การเรียนรู้และแนวทางการประเมิน			
6. กิจกรรมการเรียนรู้และแนวทางการประเมิน			
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่1 เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนซ์			
1. จุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้กับตัวบ่งชี้			
2. เนื้อหากับจุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้			
3. กิจกรรมการเรียนรู้กับจุดประสงค์ของแผนการจัดการเรียนรู้			
4. กิจกรรมการเรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
5. จุดประสงค์การเรียนรู้และแนวทางการประเมิน			
6. กิจกรรมการเรียนรู้และแนวทางการประเมิน			

แบบประเมินความสอดคล้องของหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่2 เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนซ์			
1. จุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้กับตัวบ่งชี้			
2. เนื้อหากับจุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้			
3. กิจกรรมการเรียนรู้กับจุดประสงค์ของแผนการจัดการเรียนรู้			
4. กิจกรรมการเรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
5. จุดประสงค์การเรียนรู้และแนวทางการประเมิน			
6. กิจกรรมการเรียนรู้และแนวทางการประเมิน			
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่3 เรื่องสารโครงผลึกร่างตาข่ายและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล			
1. จุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้กับตัวบ่งชี้			
2. เนื้อหากับจุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้			
3. กิจกรรมการเรียนรู้กับจุดประสงค์ของแผนการจัดการเรียนรู้			
4. กิจกรรมการเรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
5. จุดประสงค์การเรียนรู้และแนวทางการประเมิน			
6. กิจกรรมการเรียนรู้และแนวทางการประเมิน			
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่1 เรื่อง พันธะโลหะ			
1. จุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้กับตัวบ่งชี้			
2. เนื้อหากับจุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้			
3. กิจกรรมการเรียนรู้กับจุดประสงค์ของแผนการจัดการเรียนรู้			
4. กิจกรรมการเรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
5. จุดประสงค์การเรียนรู้และแนวทางการประเมิน			
6. กิจกรรมการเรียนรู้และแนวทางการประเมิน			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่...../...../.....

แบบประเมินแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี

คำชี้แจง

แบบประเมินนี้ มีวัตถุประสงค์ให้ผู้เชี่ยวชาญใช้ในการประเมินแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ซึ่งประกอบด้วย 12 ข้อใหญ่ และ 32 ข้อย่อย ซึ่งแต่ละข้อจะวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังสรุปในตารางแสดงการจำแนกแต่ละแนวคิดของแบบสำรวจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง พันธะเคมี จุดประสงค์ของการประเมิน เพื่อตรวจสอบความตรงของแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ในด้านต่อไปนี้

1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษา และสื่อความหมายชัดเจนของข้อคำถาม
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน
5. ความเหมาะสมของการตัดสินแนวคิดของผู้เรียนในเกณฑ์การให้คะแนน

ขอความกรุณาท่านพิจารณาแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง พันธะเคมี และทำเครื่องหมายถูก(√) ลงในช่องที่ตรงกับความเห็นมากที่สุด เกณฑ์การประเมินคือ เห็นด้วย(+1) ไม่แน่ใจ (0) และ ไม่เห็นด้วย (-1) พร้อมทั้งส่วนของความคิดเห็นเพิ่มเติมเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ ที่จะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง พันธะเคมีให้ดียิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นางสาวพัชรี ร่มพยอม
นิสิตปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

แบบประเมินความตรงของแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
ข้อ 1				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษา และสื่อความหมายชัดเจนของข้อคำถาม				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
5. ความเหมาะสมของการตัดสินแนวคิดของผู้เรียนในเกณฑ์การให้คะแนน				
ข้อ 2				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษา และสื่อความหมายชัดเจนของข้อคำถาม				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
5. ความเหมาะสมของการตัดสินแนวคิดของผู้เรียนในเกณฑ์การให้คะแนน				
ข้อ 3				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษา และสื่อความหมายชัดเจนของข้อคำถาม				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
5. ความเหมาะสมของการตัดสินแนวคิดของผู้เรียนในเกณฑ์การให้คะแนน				
ข้อ 4				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษา และสื่อความหมายชัดเจนของข้อคำถาม				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
5. ความเหมาะสมของการตัดสินแนวคิดของผู้เรียนในเกณฑ์การให้คะแนน				
ข้อ 5				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษา และสื่อความหมายชัดเจนของข้อคำถาม				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
5. ความเหมาะสมของการตัดสินแนวคิดของผู้เรียนในเกณฑ์การให้คะแนน				

แบบประเมินความตรงของแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี(ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
ข้อ 6				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษา และสื่อความหมายชัดเจนของข้อคำถาม				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
5. ความเหมาะสมของการตัดสินแนวคิดของผู้เรียนในเกณฑ์การให้คะแนน				
ข้อ 7				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษา และสื่อความหมายชัดเจนของข้อคำถาม				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
5. ความเหมาะสมของการตัดสินแนวคิดของผู้เรียนในเกณฑ์การให้คะแนน				
ข้อ 8				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษา และสื่อความหมายชัดเจนของข้อคำถาม				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
5. ความเหมาะสมของการตัดสินแนวคิดของผู้เรียนในเกณฑ์การให้คะแนน				
ข้อ 9				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษา และสื่อความหมายชัดเจนของข้อคำถาม				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
5. ความเหมาะสมของการตัดสินแนวคิดของผู้เรียนในเกณฑ์การให้คะแนน				
ข้อ 10				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษา และสื่อความหมายชัดเจนของข้อคำถาม				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
5. ความเหมาะสมของการตัดสินแนวคิดของผู้เรียนในเกณฑ์การให้คะแนน				

แบบประเมินความตรงของแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี(ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
ข้อ 11				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษา และสื่อความหมายชัดเจนของข้อคำถาม				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
5. ความเหมาะสมของการตัดสินแนวคิดของผู้เรียนในเกณฑ์การให้คะแนน				
ข้อ 12				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษา และสื่อความหมายชัดเจนของข้อคำถาม				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
5. ความเหมาะสมของการตัดสินแนวคิดของผู้เรียนในเกณฑ์การให้คะแนน				

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่...../...../.....

ตัวอย่างข้อคำถามในแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี

จุดประสงค์ข้อ 1 เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเรื่องการเกิดสารประกอบไอออนิกว่าเป็นการสร้างพันธะระหว่างธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงกับธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีต่ำ โดยนักเรียนที่มีแนวคิดเรื่องการเกิดสารประกอบไอออนิกที่สมบูรณ์จะต้อง

1. ระบุชนิดของสารประกอบที่เกิดจากธาตุที่มีค่าค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงกับธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีต่ำ
2. เขียนสูตรอย่างง่ายของสารประกอบที่เกิดจากธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงและต่ำได้
3. อธิบายการเกิดพันธะไอออนิกจากธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีต่ำและธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงได้

คำถาม

1. กำหนดให้

$^{23}_{1}Na$ **มีสถานะเป็นของแข็ง ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาจึงต้องเก็บในน้ำมัน**

$^{35}_{17}Cl$ **ที่พบในธรรมชาติอยู่ในรูปโมเลกุลอะตอมคู่ ในสถานะแก๊ส สีเขียวอ่อน มีกลิ่นฉุน**

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1.1 ธาตุ Na ทำปฏิกิริยากับธาตุ Cl_2 เกิดผลิตภัณฑ์X ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นสารประกอบชนิดใด (จงกาเครื่องหมาย X ลงในช่องว่างที่กำหนดให้ พร้อมทั้งแสดงเหตุผล)

คำตอบ [ ] โคเวเลนซ์ [ ] ไอออนิก [ ] โลหะ **(1 คะแนน)**

เหตุผล.....

.....

..... **(1 คะแนน)**

1.2 ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมีสูตรคืออะไร เพราะเหตุใด จงอธิบาย

คำตอบ ..... **(1 คะแนน)**

เหตุผล .....

..... **(1 คะแนน)**

1.3 ผลิตภัณฑ์ที่กิดจากธาตุโซเดียมและธาตุคลอรีนเกิดพันธะต่อกัน จงอธิบายการเกิดพันธะระหว่างสารตั้งต้นดังกล่าว

คำตอบ.....

.....

..... **(2 คะแนน)**

แนวทางการตอบคำถามข้อ 1

ข้อ 1.1 ตอบ สารประกอบไอออนิก เนื่องจากเป็นการเกิดปฏิกิริยาระหว่างธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงและธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีต่ำ

ข้อ 1.2 ตอบ NaCl เนื่องจาก ธาตุ Na มีประจุ +1 ในขณะที่ Cl มีประจุ -1 เมื่อ Na และ Cl เกิดเป็นสารประกอบไอออนิก อัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนไอออนบวกต่อไอออนลบที่ทำให้ผลรวมของประจุเป็นศูนย์ เท่ากับ 1:1 ดังนั้นสูตรของX คือ NaCl

ข้อ 1.3 สาร X เกิดจากโลหะ Na สูญเสียอิเล็กตรอนในสภาวะแก๊สแล้วเกิดเป็น Na^+ และอะตอมของธาตุ Cl รับอิเล็กตรอนในสภาวะแก๊สแล้วเกิดเป็น Cl^- จากนั้น Na^+ และ Cl^- จะยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน เรียกว่าพันธะไอออนิก

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนข้อ 1.1

การตัดสิน	คะแนน	คำตอบ	คำอธิบาย
ไม่มีแนวคิดหรือมีแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง	0	โคเวเลนซ์หรือโลหะ	นักเรียน**ไม่ให้เหตุผล หรือให้เหตุผลที่ไม่เกี่ยวข้อง** เช่น - สาร X เป็นสารโคเวเลนซ์ (ไม่ให้เหตุผล)
มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน	1	ไอออนิก	นักเรียน**ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง** เช่น - สาร X เป็นสารไอออนิก เนื่องจากมีสถานะเป็นแก๊สทั้งคู่ - สาร X เป็นสารไอออนิก เนื่องจาก Cl และ Na อยู่หมู่ 7 จึงเกิดเป็นพันธะไอออนิก
	0	โคเวเลนซ์	นักเรียนให้เหตุผลโดย**กล่าวถึงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะและอโลหะ หรือไอออนบวกและไอออนลบ** เช่น - สาร X เป็นสารโคเวเลนซ์ เนื่องจาก Na เป็นไอออนบวก และ Cl เป็นไอออนลบ - สาร X เป็นสารโคเวเลนซ์ เนื่องจาก พันธะโคเวเลนซ์เกิดจาก**โลหะ + อโลหะ**
	0	โคเวเลนซ์	นักเรียน**ให้เหตุผลโดยกล่าวถึงการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน หรือการเกิดปฏิกิริยาระหว่างอโลหะและอโลหะ** ตัวอย่างการตอบคำถาม - สาร X เป็นสารโคเวเลนซ์ ทำปฏิกิริยาถ่ายทอดอิเล็กตรอนซึ่งกันและกัน - สาร X เป็นสารโคเวเลนซ์ เพราะเป็นอโลหะกับอโลหะ - สาร X เป็นสารโคเวเลนซ์ Na อยู่หมู่ 5 Cl อยู่หมู่ 7 ทั้งคู่ต่างเป็นอโลหะ จึงเกิดโคเวเลนซ์ - สาร X เป็นสารโคเวเลนซ์ เป็นการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนข้อ 1.1 (ต่อ)

การตัดสิน	คะแนน	คำตอบ	คำอธิบาย
มีแนวคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	1	ไอออนิก	นักเรียนตอบว่า**สาร X เป็นไอออนิก แต่ไม่ให้เหตุผล หรือให้แต่ไม่ครบถ้วน** ตัวอย่างการตอบคำถาม - สาร X เป็นสารไอออนิก เนื่องจาก $Na^+ + Cl_2 = 2NaCl$ - สาร X เป็นสารไอออนิก Na มีสถานะเป็นของแข็ง Cl มีสถานะเป็นแก๊ส
มีแนวคิดที่ถูกต้องและสมบูรณ์	2	ไอออนิก	นักเรียนให้เหตุผลโดยกล่าวถึง**การสร้างพันธะรวมกัน/บวกกัน/จับกันของธาตุโลหะและอโลหะ** เช่น - สาร X เป็นสารไอออนิก เนื่องจากเกิดจากโลหะทำปฏิกิริยา กับอโลหะ
		ไอออนิก	นักเรียนให้เหตุผลโดยกล่าวถึงการ**ให้และรับอิเล็กตรอน** ตัวอย่างการตอบคำถาม - สาร X เป็นสารไอออนิก เนื่องจาก Na เป็นโลหะเป็น*ผู้จ่าย*อิเล็กตรอน Cl_2 เป็นอโลหะ เป็น*ผู้รับ*อิเล็กตรอน
		ไอออนิก	นักเรียนให้เหตุผลโดยกล่าวถึง**ค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี (EN) หรือความมีขั้ว**ของธาตุ ตัวอย่างการตอบคำถาม - สาร X เป็นสารไอออนิก เพราะมีค่า EN ต่างกันมาก
		ไอออนิก	นักเรียนให้เหตุผลโดยกล่าวถึง**การเกิดเป็นไอออนหรือการมีประจุบวกและลบของธาตุ** ตัวอย่างการตอบคำถาม - เป็นการทำปฏิกิริยาของธาตุที่มีประจุบวกกับลบ - สาร X เป็นสารไอออนิก เพราะมีจำนวนไอออนที่เป็นบวก ลบที่เท่ากัน คือ เกิดพันธะที่ต่างขั้วกัน (+1 กับ -1) หรือ $Na^+ Cl^-$

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนข้อ 1.2

การตัดสิน	คะแนน	คำตอบ	คำอธิบาย
ไม่มีแนวคิดหรือมีแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง	0	คำตอบผิดอื่น ๆ	นักเรียนไม่ตอบคำถาม **หรือ** ไม่รู้ **หรือ** จำไม่ได้ **หรือ** นักเรียนบอกสูตรอย่างง่ายของ X ไม่ถูกต้อง และคำตอบผิดอื่น ๆ ตัวอย่างการตอบคำถาม - Cl_2 + Na เพราะว่า Cl_2 ทำปฏิกิริยากับNa จึงต้องนำสารทั้งสองมาบวกกัน
มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน	1	NaCl	นักเรียน**ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง** ตัวอย่างการตอบคำถาม - สาร X มีสูตร NaCl เนื่องจาก Na มีประจุ +3 และ Cl มีประจุ -3 เมื่อทำปฏิกิริยากัน สารที่เกิดขึ้นจะต้องมีไอออนที่บวกลบกันแล้วได้0
	0	Na_2Cl หรือ Na_2Cl_2	นักเรียน**อาจแสดงหรือไม่แสดงเหตุผล** เช่น - สาร X มีสูตร Na_2Cl_2 เนื่องจาก $Na_1^{1}Cl_2^{-2} = Na_2^{+2}Cl_2^{-2}$ (คูณไขว้แล้วทำให้ประจุรวมเป็นศูนย์) - สาร X มีสูตร คือNa_2Cl เนื่องจาก Na^{+1} และ Cl^{-2} = Na_2Cl
	0	$NaCl_2$	นักเรียน**อาจเขียนหรือไม่เขียนแสดงเหตุผล** เช่น - สาร X มีสูตร $NaCl_2$ เนื่องจาก เพราะ Na อยู่หมู่ 1 มีเลขออก เป็น 1 Cl_2 อยู่หมู่ 7 มีเลขออกเป็น -3 X 2 = -6 - สาร X มีสูตร $NaCl_2$ เนื่องจาก เพราะ Na ต้องการอีก 2 อิเล็กตรอน - สาร X มีสูตร $NaCl_2$ เนื่องจาก $Na(s) + Cl_2(g) = NaCl_2(aq)$ (การเขียนสูตรไอออนิกสามารถนำประจุรวมกันได้เลย)
มีแนวคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	1	NaCl	นักเรียน**ไม่ได้อธิบายหลักการในการเขียนสูตร แต่กล่าวถึงสมบัติโดยทั่วไปของสารเท่านั้น** เช่น - สาร X มีสูตร NaCl เนื่องจาก $Na^{+} + Cl_2^{-1} = 2$ NaCl เพราะจากการดุลสมการ - สาร X มีสูตร NaCl เนื่องจาก Na เป็นของแข็ง Cl เป็นแก๊ส ของแข็งรวมกับแก๊ส จึงได้แก๊สNaCl(g) - สาร X มีสูตร NaCl เนื่องจาก Cl เป็นธาตุหมู่ 7 ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา เพราะมีEN สูงในการดึงอิเล็กตรอนของ Na เกิดเป็นพันธะ
		NaCl	นักเรียน**ไม่อธิบายเหตุผล**

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนข้อ 1.2 (ต่อ)

การตัดสิน	คะแนน	คำตอบ	คำอธิบาย
มีแนวคิดที่ถูกต้องและสมบูรณ์	2	NaCl	นักเรียนให้เหตุผลโดยกล่าวถึง**การดุลประจุ การดุลสมการ** หรือ**การคูณไขว้เลขออกซิเดชัน** ตัวอย่างการตอบคำถาม - สาร X มีสูตร NaCl เนื่องจาก $Na^+ + Cl^- = NaCl$ (คูณไขว้เลขออกซิเดชันกัน) - สาร X มีสูตร NaCl เนื่องจาก Na อยู่หมู่ 1 มีเลขออกซิเดชันเป็น +1 (จ่ายอิเล็กตรอน 1 ตัว จึงครบ 8) Cl อยู่หมู่ 7 มีเลขออกซิเดชันเป็น-1 (รับอิเล็กตรอน1 ตัว จึงครบ 8) การเกิดผลิตภัณฑ์ต้องเอาเลขออกซิเดชันมาคูณไขว้ เพื่อให้ผลรวม = 0
		NaCl	นักเรียน**ให้เหตุผลโดยกล่าวถึงสมการการเกิดสารประกอบไอออนิก** ตัวอย่างการตอบคำถาม - สาร X มีสูตร NaCl เนื่องจาก Na (s) ---- Na (g) ½ Cl2 ---- Cl (g) Na (g) ---- Na^+ (g) + e Cl(g) ----- Cl^-(g) Na^+ (g) + Cl^-(g) ----- NaCl(s)

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนข้อ 1.3

แนวคิดเรื่องการเกิดสารประกอบไอออนิกนั้น นักเรียนที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องจะต้องสามารถอธิบายเกิดสารประกอบ X ทั้งอธิบายการเกิดไอออนจากธาตุ Na และจากธาตุ Cl และให้บอกแรงยึดเหนี่ยวอันเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันระหว่างไอออนทั้งสอง

การตัดสิน	คะแนน	คำตอบ	คำอธิบาย
ไม่มีแนวคิดหรือมีแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง	0	นักเรียนไม่ตอบคำถาม**หรือ**บอกการเกิดเป็นไอออนของธาตุ Na และธาตุ Cl ไม่ถูกต้อง **หรือ**บอกว่ามีแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันระหว่างไอออน Na และไอออน Cl ไม่ถูกต้อง **และ**คำตอบผิดอื่น ๆ	ตัวอย่างการตอบคำถาม - สร้างคาย สลายดูด Na(s) + Cl (s) > Na^{+1}(g) + Cl^{-2} (g) > Na_2Cl (aq) - Na เป็นธาตุหมู่ 1 Cl เป็นธาตุหมู่ 7 เมื่อเกิดพันธะระหว่างกันจะไม่ปรากฏไอออน - เป็นการแลกเปลี่ยนประจุต่อกัน - เพราะมีการเกิดปฏิกิริยาต่อกันจึงทำให้เกิดพันธะระหว่างสารตั้งต้น

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนข้อ 1.3 (ต่อ)

การตัดสิน	คะแนน	คำตอบ	คำอธิบาย
มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน	0	นักเรียนกล่าวถึงการเกิดพันธะของสาร X โดย**ใช้ภาษาบุคลาธิษฐาน**	ตัวอย่างการตอบคำถาม - เนื่องจาก Na อยู่หมู่ 1 ต้องการอีก 1 จึงจะเสถียร จึงขอจาก Cl มา 1 แล้ว Cl อยู่หมู่ 7 ต้องการอีก 1 จึงจะเสถียร จึงขอจาก Na
		นักเรียนกล่าวถึงการเกิดพันธะของ X ว่าเป็น**การเกิดพันธะโคเวเลนซ์** อาจกล่าวว่าเป็นพันธะเดี่ยว หรือ พันธะคู่ หรือ การใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมของธาตุทั้งสอง	ตัวอย่างการตอบคำถาม - (NaCl) Na มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 1 Cl มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 7 ซึ่งมี EN สูง ต้องการอิเล็กตรอนอีก 1 ตัวเพื่อทำให้มันเสถียร และ Na ต้องการอีก 7 อิเล็กตรอนจึงจะครบ 8 เมื่อนำมาทำปฏิกิริยาจะเกิดอิเล็กตรอนร่วมพันธะ เรียกว่า พันธะโคเวเลนซ์ - เกิดพันธะโคเวเลนซ์เป็นโซเดียมคลอไรด์ - Na--Cl—Cl - Cl—Na—Cl หรือ Cl - Na -> Cl (และบอกว่าเป็นโคเวเลนซ์ แบบพันธะเดี่ยว)
มีแนวคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	1	นักเรียนบอกการเกิดไอออนของธาตุ Na และธาตุ Cl ได้ถูกต้อง **หรือ** บอกว่า Na เป็นไอออนบวก และ Cl เป็นไอออนลบ แต่ไม่อธิบายการเกิดแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน	ตัวอย่างการตอบคำถาม - Na เป็นไอออนบวก Cl เป็นไอออนลบ เมื่อทำปฏิกิริยากัน จึงเกิดเป็นพันธะไอออนิก - $Na^+ + Cl^- = NaCl$
	1	นักเรียนไม่ได้บอกการเกิดเป็นไอออนของ Na และ Cl เพียงแต่บอกว่าเกิดแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าต่างชนิด	ตัวอย่างการตอบคำถาม - สารตั้งต้นทั้งสองเป็นสารต่างขั้วกัน จึงเกิดแรงยึดเหนี่ยวต่อกัน
	0	นักเรียนบอกว่าสาร X เป็นพันธะไอออนิก โดยไม่ได้กล่าวถึงการเกิดไอออนของธาตุ X และไม่ได้อธิบายการเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนทั้งสองชนิด	ตัวอย่างการตอบคำถาม - น่าจะเป็นพันธะไอออนิก - เกิดพันธะไอออนิก - เป็นพันธะไอออนิกเพราะทำปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับอโลหะ ซึ่งNa อยู่หมู่ 1 เป็นโลหะ และ Cl อยู่หมู่ 7 เป็นอโลหะ

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนข้อ 1.3 (ต่อ)

การตัดสิน	คะแนน	คำตอบ	คำอธิบาย
มีแนวคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ต่อ)	1	นักเรียนกล่าวถึงการให้และรับอิเล็กตรอนเพื่อให้เป็นไปตามกฎออกเตต โดยไม่ได้อธิบายการเกิดแรงดึงดูดระหว่างไอออนต่างชนิดกัน	ตัวอย่างการตอบคำถาม - พันธะไอออนิกเป็นการให้และรับอิเล็กตรอนเพื่อทำให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนครบ 8 (**ออกเตต**) - เนื่องจาก Na มีค่า EN ต่ำ ส่วน Cl_2 มีค่า EN สูง ธาตุทั้งสองจึงเกิดการให้และรับe
	1	นักเรียนเขียนสมการแสดงการเกิดสารประกอบ X โดยไม่ได้เขียนคำอธิบาย	ตัวอย่างการตอบคำถาม Na (s) ---- Na (g) ใช้พลังงานในการระเหิด (ดูด) ½ Cl2 ---- Cl (g) ใช้พลังงานในการสลายพันธะ (ดูด) Na (g) ---- Na^+ (g) + e IE_1 (ดูด) Cl(g) ----- Cl^-(g) EA (คาย) Na^+ (g) + Cl^-(g) ----- NaCl(s) พลังงานแลตทิซ (คาย)
มีแนวคิดที่ถูกต้องและสมบูรณ์	2	นักเรียนบอกการเกิดเป็นไอออนของธาตุ Na และธาตุ Cl และบอกว่ามีการเกิดแรงยึดเหนี่ยวอันเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันระหว่างไอออนทั้งสอง	ตัวอย่างการตอบคำถาม - Na เป็นธาตุหมู่ 1 ให้อิเล็กตรอนได้ 1 ตัว (จึงจะเสถียร) Cl เป็นธาตุหมู่ 7 ต้องการอิเล็กตรอน 1 ตัว (จึงจะเสถียร) Na 1 ตัว ให้ e กับ Cl 1 ตัว เกิดเป็น NaCl - เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างขั้ว ของNa ซึ่งมีประจุบวก และ Cl ซึ่งมีประจุลบ

แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญเพื่อการตรวจพิจารณาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ชื่อเครื่องมือ แบบวัดเมตาคอกนิชัน

คำชี้แจง แบบวัดเมตาคอกนิชันฉบับนี้ ประกอบด้วยนิยามศัพท์ของเมตาคอกนิชันทั้ง เมตาคอกนิชันด้านความรู้ (Metacognitive knowledge) และเมตาคอกนิชันด้านการควบคุม (Metacognitive control) แบบวัดชุดนี้มีข้อคำถามทั้งหมด3 ข้อใหญ่ ข้อ 1-2 ถามผู้เรียนเกี่ยวกับเมตาคอกนิชันด้านความรู้ และข้อ3 ถามผู้เรียนเกี่ยวกับเมตาคอกนิชันด้านการควบคุม แต่ละข้อใช้สถานการณ์เกี่ยวกับพันธะเคมี หรือการทดลองในบทเรียนเรื่องพันธะเคมี แต่ละข้อคำถามประกอบด้วยจุดประสงค์ ข้อคำถาม แนวทางการตอบ และเกณฑ์การให้คะแนน จุดมุ่งหมายของแบบประเมินนี้เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงของแบบวัดเมตาคอกนิชันในด้านต่อไปนี้

1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษาที่สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน

ขอความกรุณาท่านพิจารณาแบบวัดเมตาคอกนิชัน และประเมินความสอดคล้องและความถูกต้องตามรายการการประเมิน และทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับความคิดเห็นมากที่สุด โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

+1 หมายถึง สอดคล้องหรือถูกต้อง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง หรือไม่แน่ใจว่าถูกต้อง

-1 หมายถึง ไม่สอดคล้องหรือไม่ถูกต้อง

หากข้อใดที่พิจารณาแล้วเห็นว่าไม่เหมาะสม หรือสมควรปรับปรุงแก้ไข ขอความกรุณาเสนอแนะไว้ข้างท้ายของแต่ละข้อเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบวัดเมตาคอกนิชันให้มีประสิทธิภาพต่อไป

ขอขอบพระคุณอย่างสูง

นางสาวพัชรี ร่มพยอม

นิสิตดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตรศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

แบบประเมินความตรงแบบวัดเมตาคอกนิชัน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
ข้อ 1.1 (COGNITION ระดับความเข้าใจ)				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษาที่สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
ข้อ 1.2 (DECLARATIVE KNOWLEDGE)				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษาที่สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
ข้อ 1.3 (PROCEDURAL KNOWLEDGE)				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษาที่สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
ข้อ 1.4 (CONDITIONAL KNOWLEDGE)				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษาที่สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
ข้อ 2.1 (PROCEDURAL KNOWLEDGE)				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษาที่สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
ข้อ 2.2 (DECLARATIVE KNOWLEDGE)				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษาที่สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				

แบบประเมินความตรงแบบวัดเมตาคอกนิชัน (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
ข้อ 2.3 (CONDITIONAL KNOWLEDGE)				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษาที่สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
ข้อ 3.1 (PLANNING)				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษาที่สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
ข้อ 3.2 (PLANNING, MONITORING)				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษาที่สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				
ข้อ 3.3 (EVALUATING)				
1. ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และข้อคำถาม				
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษาที่สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน				
3. ความถูกต้องของแนวทางการตอบคำถาม				
4. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน				

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่...../...../.....

แบบวัดเมตาคอกนิชัน

คำชี้แจง กรุณาประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อความแต่ละข้อความกับนิยามศัพท์เฉพาะ และทำเครื่องหมาย

✓ ลงในช่องคะแนน โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

+1 หมายถึง ข้อความข้อนั้นสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะที่ระบุไว้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อความข้อนั้น สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะที่ระบุไว้

-1 หมายถึง ข้อความข้อนั้นไม่สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะที่ระบุไว้

หากข้อใดที่ท่านพิจารณาแล้วเห็นว่าไม่มีความเหมาะสม หรือสมควรปรับปรุงแก้ไข ขอความกรุณาเสนอแนะไว้ข้างท้ายเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือให้มีประสิทธิภาพต่อไป

ขอขอบพระคุณอย่างสูง

นางสาวพัชรี ร่มพยอม

นิสิตดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตรศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ตัวอย่างการตอบคำถาม

สถานการณ์ นักเรียนเดินดูสินค้าต่าง ๆ ในห้างสรรพสินค้าแล้วเห็นลูกกวาดสีแดง สีเขียว สีฟ้า สีส้ม และสีม่วง นักเรียนเกิดความรู้สึกอยากได้ แต่แม่อนุญาตให้เลือกมาเพียงอันเดียวเท่านั้น จงใช้สถานการณ์ที่กำหนดให้ ตอบคำถามต่อไปนี้

ตัวอย่างการตอบคำถามที่สะท้อนความสามารถในการตระหนักรู้อภิปัญญา

1. นักเรียนคิดว่าสถานการณ์ที่กำหนดให้เกี่ยวข้องกับสิ่งใด

- การเลือกซื้อลูกกวาด

หรือ - การตัดสินใจเลือกลูกกวาดเพียงชนิดเดียว

2. จากสถานการณ์ที่กำหนด นักเรียนจะสามารถเลือกลูกกวาดได้เองหรือไม่ (ได้/ไม่ได้) เพราะเหตุใด

- ได้ เพราะฉันรู้ว่าลูกกวาดสีแดงคือสีที่ฉันชอบ

หรือ *- ไม่ได้ เนื่องจากปกติแล้วลูกกวาดจะมีสีผสมอาหาร ฉันไม่แน่ใจว่าลูกกวาดที่สีจัด ๆ นั้นสีที่ใช้ผสมจะมาจากธรรมชาติหรือเป็นสีสังเคราะห์ ดังนั้นเพื่อความปลอดภัย ฉันจะให้แม่ของฉันเลือกให้*

3. นักเรียนมีวิธีพิจารณาเลือกลูกกวาดอย่างไร

- ถ้าทุกสีราคาเท่ากันหมด ฉันจะเลือกสีแดง เพราะฉันรู้ว่าฉันชอบสีแดง แต่ถ้าสีแดงราคาแพงกว่าสีอื่น ฉันจะเลือกอันที่ราคาถูกกว่า

นิยามศัพท์

เมตาคอกนิชัน หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการสะท้อนความรู้ความเข้าใจในกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง ตลอดจนการควบคุมกระบวนการเรียนรู้นั้นให้บรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ การวิจัยครั้งนี้จำแนกเมตาคอกนิชันออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านความรู้ และด้านการควบคุม

เมตาคอกนิชันด้านความรู้ (Metacognitive knowledge) หมายถึง ความรู้ความเข้าใจในกระบวนการเรียนรู้ของตนเองของนักเรียน องค์ประกอบที่สะท้อนการมีเมตาคอกนิชันด้านความรู้ ประกอบด้วย

1. Declarative knowledge หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับตนเองในฐานะของนักเรียน การรู้ข้อดีข้อบกพร่องของตนเอง ตลอดจนความรู้เกี่ยวกับงานหรือสถานการณ์เฉพาะ เช่น ทักษะเฉพาะวิชา ทักษะการแก้ปัญหา และความรู้เกี่ยวกับวิธีการที่จะทำให้บรรลุเป้าหมายในสถานการณ์เฉพาะนั้น ๆ
2. Procedural knowledge หมายถึง ความรู้ในวิธีการหรือกลวิธีที่จะทำให้บรรลุเป้าหมาย นักเรียนควรสามารถระบุวิธีการหรือกลวิธีที่ใช้ในการดำเนินงาน พร้อมทั้งอธิบายได้ว่าวิธีการหรือกลวิธีที่เลือกนั้นจะทำให้งานบรรลุผลได้อย่างไร
3. Conditional knowledge หมายถึง ความรู้ว่า “เมื่อใด” และ “เพราะเหตุใด” นักเรียนจึงเลือกใช้วิธีการหรือกลวิธีดังกล่าวในการแก้ปัญหา หรือการตัดสินใจในการทำให้งานประสบผล

เมตาคอกนิชันด้านการควบคุม (Metacognitive control) หมายถึง ความสามารถด้านการกำกับควบคุมกระบวนการเรียนรู้ของตนเองเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ องค์ประกอบที่สะท้อนการมีเมตาคอกนิชันด้านการควบคุมคือ

1. การวางแผน (Planning) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดเป้าหมาย เลือกวิธีการที่เหมาะสม จัดลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา เลือกใช้วิธีการหรือแหล่งทรัพยากรหรือข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหา เช่น การทำนายเหตุการณ์ล่วงหน้าก่อนการอ่าน การลำดับเรื่องราวหรือเหตุการณ์ การจัดสรรเวลาหรือให้ความสนใจกับงานที่ยาก หรืองานที่ต้องการความพยายามมาก
2. การกำกับ (Monitoring) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาทบทวนความคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ว่ามีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด ทุกอย่างเป็นไปตามแผนการที่วางไว้หรือไม่ มีขั้นตอนใดควรแก้ไขปรับปรุง และการเลือกใช้วิธีการในการแก้ปัญหาเหมาะสมเพียงใดที่จะทำให้งานบรรลุผล
3. การประเมิน (Evaluating) หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการทำงาน การแก้ปัญหา หรือการตัดสินใจว่าสอดคล้องและบรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

หมายเหตุ กลวิธี หมายถึง วิธีการที่มีประสิทธิภาพในการทำให้งานบรรลุจุดมุ่งหมาย เช่น นักเรียนรู้ว่าตนเองต้อง *ท่องตำรา* เพื่อจะได้ทำข้อสอบประเภทความจำได้ หรือนักเรียนรู้ว่าตนเองต้อง *ทำแบบฝึกหัดให้มาก* เพื่อจะได้ทำข้อสอบประเภทการประยุกต์และการแก้ปัญหาได้ **งาน** หมายถึง สถานการณ์เฉพาะที่กระตุ้นหรือยั่วยุให้นักเรียนสะท้อนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของตนเองออกมา ความรู้เกี่ยวกับงาน เช่น วัตถุประสงค์ของงาน รู้ความต้องการพื้นฐานในการทำงานว่าต้องใช้ทรัพยากรที่สำคัญอะไร หรือขั้นตอนที่จำเป็นในการทำงานให้ประสบความสำเร็จ รู้ระดับความยากของงาน และรู้ธรรมชาติของงานว่างานนั้นเกี่ยวข้องกับอะไรหรือสิ่งใด

ตัวอย่างข้อคำถามในแบบวัดเมตาคอกนิชัน

งานในข้อ 1 คือให้นักเรียนเลือกคำตอบ พร้อมแสดงวิธีการคิดและให้เหตุผลว่าธาตุคู่ใดที่โจทย์กำหนดให้ เมื่อสร้างพันธะต่อกันจะมีความเป็นไอออนิกน้อยที่สุด

จุดประสงค์ข้อ 1 เพื่อวัดเมตาคอกนิชันด้านความรู้ของนักเรียน นักเรียนที่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของตนเองควรบอกได้ว่างานที่กำหนดให้เกี่ยวข้องกับเรื่องใดในพันธะเคมีที่ตนได้ศึกษามาแล้ว (Declarative knowledge) พร้อมทั้งแสดงวิธีการคิดไปสู่ซึ่งคำตอบ (Procedural knowledge) และให้เหตุผลได้ว่า “เพราะเหตุใด” ตนเองจึงเลือกวิธีการดังกล่าวเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ (Conditional knowledge)

คำถาม

1. กำหนดให้

ตารางแสดงค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีของธาตุตามหมู่

หมู่							
1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A
H 2.20							He ---
Li 0.98	Be 1.57	B 2.04	C 2.55	N 3.04	O 3.44	F 3.98	Ne ---
Na 0.93	Mg 1.31	Al 1.61	Si 1.90	P 2.19	S 2.58	Cl 3.16	Ar ---

จงใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ 1.1 – 1.4

1.1 อะตอมคู่ใดที่เกิดพันธะต่อกันแล้วมีแนวโน้มที่จะเป็นพันธะไอออนิกน้อยที่สุด
(ให้นักเรียนกาเครื่องหมาย X ทับคำตอบที่นักเรียนคิดว่าถูกต้อง)

ก. Na และ F ข. Li และ O ค. C และ Cl **(1 คะแนน)**

1.2 การตอบคำถามข้อ 1.1 ต้องใช้ความรู้ในเรื่องใดในพันธะเคมี

……

…… **(2 คะแนน)**

1.3 จงแสดงวิธีการคิดเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในข้อ 1.1

……

……

…… **(2 คะแนน)**

1.4 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกวิธีการตามข้อ 1.3 เพื่อให้ได้คำตอบ จงอธิบาย

……

…… **(1 คะแนน)**

แนวทางการตอบคำถาม

ข้อ 1.1 ค. C และ Cl

ข้อ 1.2 - การเกิดสารประกอบของธาตุ

- การเกิดพันธะเคมี
- การพิจารณาความมีขั้วสาร

ข้อ 1.3 มี 2 วิธี คือ

1. เปรียบเทียบความแตกต่างของ EN ของธาตุจากค่าในตารางที่กำหนดให้ ธาตุที่มีค่าEN ต่างกันมากจะเกิดพันธะไอออนิก ธาตุที่มีค่าEN ต่างกันน้อยจะเกิดเป็นพันธะโคเวเลนซ์ ผลต่างของค่าEN ของ C และ Cl ต่างกันน้อยสุด
2. การพิจารณาความเป็นโลหะ อโลหะของธาตุ แล้วเชื่อมโยงถึงแนวโน้มการเกิดพันธะต่อกัน โดยที่พันธะไอออนิกส่วนใหญ่ เกิดจากธาตุโลหะกับอโลหะ และพันธะโคเวเลนซ์เกิดจากธาตุอโลหะกับอโลหะ ดังนั้นC และ Cl เป็นธาตุอโลหะและอโลหะ จึงมีแนวโน้มจะเกิดพันธะโคเวเลนซ์ จึงมีความเป็นไอออนิกน้อยที่สุด

ข้อ 1.4 นักเรียนที่มี Conditional knowledge ควรบอกได้ว่า 1. “เมื่อไร” หรือ “เพราะเหตุใด” จึงเลือกวิธีการดังกล่าวในการหาคำตอบ ตัวอย่างเช่น

- เพราะโจทย์กำหนดตาราง EN ของธาตุมาให้จึงมีแนวโน้มสูงที่จะต้องคิดในส่วนของผลต่างของค่าEN จึงดูว่า EN คืออะไร และไอออนิกคืออะไร พันธะมีอะไรบ้าง ได้ผลว่าพันธะของไอออนิกเกี่ยวกับประจุไฟฟ้าและEN กับโคเวเลนซ์เกี่ยวข้องกันโดยตรง จึงเริ่มคิดในส่วนของส่วนต่างของค่าEN ก่อน

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนข้อ 1

ข้อ	คำตอบ
1.1 COGNITION (1 คะแนน)	
1 คะแนน	คำตอบถูกต้อง คือ ค C และ Cl
0 คะแนน	คำตอบผิด หรือไม่ตอบคำถาม ตัวอย่างการตอบคำถาม ก. Na และ F หรือ ข. Li และ O
1.2 DECLARATIVE KNOWLEDGE (2 คะแนน)	
2 คะแนน	**นักเรียนมีความรู้ในสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และตอบคำถามถูกต้อง** ตัวอย่างการตอบคำถาม - พันธะไอออนิก และค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี(EN) - การหาว่าสารใดเป็นพันธะไอออนิกน้อยที่สุด - สารประกอบไอออนิก - พันธะเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสารไอออนิก - แนวโน้มการเกิดพันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนซ์ - เรื่องของพันธะเคมีเราต้องรู้ว่า พันธะไอออนิก คือ โลหะ+ อโลหะ พันธะโคเวเลนซ์ คือ อโลหะ + อโลหะ และพันธะโลหะ คือ โลหะ + โลหะ

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนข้อ 1 (ต่อ)

ข้อ	คำตอบ
1.2 DECLARATIVE KNOWLEDGE (2 คะแนน) (ต่อ)	
1 คะแนน	**นักเรียนเขียนคำตอบที่ไม่ถูกต้องโดยตรง แต่อยู่ในหัวข้อพันธะเคมี** ตัวอย่างการตอบคำถาม - ต้องใช้ความรู้เรื่องธาตุต่าง ๆ ในตารางธาตุ - เลขพันธะไอออนิกดูจากเลขอะตอมของตารางธาตุ ซึ่ง Na และ F มีเลขอะตอมน้อยจึงตอบว่า Na และ F มีค่าไอออนิกน้อยที่สุด - พันธะไอออนิกที่น้อยที่สุด จะต้องมีค่า IE สูง กับ EN ต่ำ ซึ่งจะเป็นพันธะไอออนิกที่น้อย - โครงสร้างแบบลิวอีส
0 คะแนน	**นักเรียนไม่ตอบคำถาม**
1.3 PROCEDURAL KNOWLEDGE (2 คะแนน)	
2 คะแนน	นักเรียนมีความรู้ในกระบวนการหาที่มาของคำตอบโดย**การหาผลต่างของค่า EN ของธาตุแต่ละคู่ จากตารางที่กำหนดให้** ตัวอย่างการตอบคำถาม - หาค่าความแตกต่างในค่า EN ของ Na และ F ได้ 3.05, Li และ O ได้ 2.46, C และ Cl ได้ 0.61 เพราะฉะนั้นเราบอกได้ว่าแนวโน้มที่จะเป็นพันธะไอออนิกน้อยที่สุด C และ Cl เพราะตามสมบัติของพันธะไอออนิก - ดูว่าธาตุสองธาตุ ค่า EN ห่างกันมากหรือน้อย ถ้าห่างกันมากมีแนวโน้มที่จะเกิดพันธะไอออนิกมากกว่า ถ้าห่างน้อยมีแนวโน้มที่จะเกิดพันธะโคเวเลนซ์
2 คะแนน	นักเรียนมีความรู้ในกระบวนการหาที่มาของคำตอบโดย**พิจารณาผลบวกค่า EN ของธาตุแต่ละคู่ จากตารางที่กำหนดให้** ตัวอย่างการตอบคำถาม - นำ Na+F = 4.91,Li + O = 4.42,C + Cl = 5.71 ผลบวกของคู่ใดมีค่ามากจะมีค่าไอออนิกน้อย - จากการที่เคยศึกษามาทราบว่าถ้าอะตอมคู่ไหนมีค่า EN สูง จะมีโอกาสเป็นพันธะไอออนิกต่ำ จากการคำนวณ Li และ O จะได้ค่า EN = 4.42 Na และ F จะได้ค่า EN 4.91 C และ Cl จะได้ค่า EN 5.71 ดังนั้นวิธีการคิดจึงนำเลขค่า EN ในตารางมาบวกกัน
2 คะแนน	นักเรียนมีความรู้ในวิธีการหาที่มาของคำตอบโดยพิจารณาจาก**ความสามารถในการละลายในน้ำ** ตัวอย่างการตอบคำถาม - ทั้งสาร C และ Cl ไม่มีความสามารถที่จะละลายน้ำได้
2 คะแนน	นักเรียนมีความรู้ในวิธีการหาที่มาของคำตอบโดยพิจารณาจาก**ความเป็นโลหะและอโลหะ หรือความเป็นไอออนบวกและไอออนลบของสาร**ตัวอย่างการตอบคำถาม - คิดว่า C และ Cl เป็นธาตุอโลหะด้วยกันและมีประจุเป็นลบทั้งสองตัว จึงมีโอกาสน้อยกว่าตัวอื่น ซึ่งเป็นประจุบวกและประจุลบ ซึ่งในในการรวมตัวของสารประกอบไอออนิก - ธาตุที่เป็นโลหะส่วนใหญ่จะอยู่ในหมู่ 1A, 2A, 3A และการเกิดพันธะไอออนิกจะเกิดจากธาตุที่เป็นโลหะมารวมกับธาตุที่เป็นอโลหะซึ่งในตัวเลือกข้อ ก และ ข จะมีโอกาสที่จะเป็นพันธะไอออนิกมากกว่าข้อ ค เพราะธาตุ C อยู่หมู่ 4

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนข้อ 1 (ต่อ)

ข้อ	คำตอบ
1.3 PROCEDURAL KNOWLEDGE (ต่อ)	
1 คะแนน	**นักเรียนแสดงวิธีการคิด แต่ไม่ถูกต้อง** ตัวอย่างการตอบคำถาม - นักเรียนนำค่า EN ที่กำหนดให้มาบวกกัน Li + O = 4.42, Na + F = 4.21, C + Cl = 5.71 - ต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับการใช้ตารางธาตุ การแบ่งธาตุ - การระเหิด, การสลายพันธะ, สร้างพันธะโครงผลึกร่างตาข่าย - การที่เราจะดูว่ามันเสถียรหรือไม่ธาก็ต้องให้มันครบ8 - จากตารางธาตุถ้าดูจากแถวบน ธาตุที่อยู่ทางซ้ายสุดจะมีค่าไอออนิกมาก ผิดกับธาตุที่อยู่ขวามือสุดจะมีค่าไอออนิกน้อย ถ้าเรียงแถว ธาตุที่อยู่บนสุดจะมีค่าไอออนิกมากกว่าธาตุที่อยู่ล่างสุด
0 คะแนน	**นักเรียนเขียนคำตอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่โจทย์ถาม หรือไม่ตอบคำถาม** ตัวอย่างการตอบคำถาม - NaF จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอน = 1+7 = 8
1.4 CONDITIONAL KNOWLEDGE (1 คะแนน)	
1 คะแนน	**นักเรียนระบุคำตอบถูกต้อง ชัดเจน และสอดคล้องกับวิธีการที่ใช้ในการตอบคำถามข้อ1.3** ตัวอย่างการตอบคำถาม - เพราะพันธะไอออนิกนั้น จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีการให้และรับประจุบวกและประจุลบ ซึ่งเป็นการเกิดสารประกอบไอออนิก - จากการที่ถ้าอะตอมคู่ สร้างพันธะกัน ตัวที่มีค่าEN สูง ๆ จะดึงดูด e ได้ดีกว่าตัวอื่น ฉะนั้น ถ้ามันดึงดูดe มามาก ๆ ทำให้แรงดึงดูดจากโปรตอน ไม่สามารถจะดึงไว้ มันเลยทำให้เป็นพันธะไอออนิกมากกว่าอะตอมอื่น ๆ ยกเว้น C และ Cl ที่น้อยที่สุด - เพราะถ้าเราอยากจะรู้ว่าธาตุใดมีแนวโน้มที่จะเป็นพันธะไอออนิกน้อยที่สุด เราต้องรู้ก่อนว่ามีความสามารถในการให้และรับอิเล็กตรอนนั้นมีมากน้อยเพียงใด - เพราะโจทย์กำหนดตาราง EN ของธาตุมาให้จึงมีแนวโน้มสูงที่จะต้องคิดในส่วนของผลต่างของค่า EN มากที่สุด จึงดูว่า EN คืออะไร และไอออนิกคืออะไร พันธะมีอะไรบ้าง ได้ผลว่าพันธะของไอออนิกเกี่ยวกับประจุไฟฟ้าและEN กับโคเวเลนซ์เกี่ยวข้องกันโดยตรง จึงเริ่มคิดในส่วนของส่วนต่างของค่า EN ก่อน - เพราะโจทย์กำหนดตารางค่า EN มาให้ ทำให้เราควรคำนึงถึงหลักการเกิดพันธะไอออนิกที่เกี่ยวกับค่าEN ก่อนเป็นอันดับแรก
1 คะแนน	นักเรียนมีความรู้ในวิธีการหาที่มาของคำตอบโดยพิจารณาจาก**การเกิดพันธะโคเวเลนซ์ของ C และ Cl** ตัวอย่างการตอบคำถาม - เพราะการเกิดพันธะไอออนิกนั้น จะต้องเป็นโลหะรวมกับอโลหะ และคิดว่าคาร์บอนเป็นกึ่งโลหะ กับ Cl เป็นอโลหะเจอกันแล้วอาจเกิดพันธะ (ไอออนิก) ได้ยาก - เพราะจากตัวเลือกจะเห็นได้ว่ามีธาตุที่เป็นอโลหะกับอโลหะเพียงข้อเดียว จึงน่าจะใช้ความรู้เรื่องการเกิดพันธะไอออนิกมาพิจารณาด้วย นอกเหนือจากค่าEN ที่กำหนดให้ในตาราง - วิธีการเปรียบเทียบแนวโน้มของการเกิดพันธะของธาตุ เป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็วกว่าวิธีอื่น

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนข้อ 1 (ต่อ)

ข้อ	คำตอบ
1.4 CONDITIONAL KNOWLEDGE (ต่อ)	
0 คะแนน	**นักเรียนเขียนตอบคำตอบกว้าง ๆ โดยไม่ระบุชัดเจน ไม่แสดงถึงความเข้าใจว่า "เมื่อใด" และ "เพราะเหตุใด" จึงเลือกใช้วิธีการดังกล่าวในการหาคำตอบหรือนักเรียนตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถามตัวอย่างการตอบคำถาม** - เพราะเรียนมาจากเรื่องพันธะไอออนิก - ในโจทย์ถามแนวโน้มของพันธะไอออนิก ซึ่งเราก็ต้องศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะไอออนิกรวมถึงพันธะต่าง ๆ - เพราะ Na อยู่แถวหน้าและอยู่ท้ายสุดของแถวเหมือนกับF ที่อยู่แถวบนและอยู่ทางขวาสุด จึงมีค่าไอออนิกน้อยที่สุด - สมบัติของอะตอม - พันธะไอออนิกจะดูว่ามันเสถียรหรือไม่เสถียร

หมายเหตุ การพิจารณาคำตอบในส่วน Conditional Knowledge ให้ดูความถูกต้อง และความสอดคล้องกับวิธีการที่เลือกใช้ในการตอบคำถามข้อ1.3 เป็นหลัก

แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญเพื่อการตรวจพิจารณาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ชื่อเครื่องมือ แบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี

คำชี้แจง กรุณาประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อความแต่ละข้อความกับนิยามศัพท์เฉพาะ และทำเครื่องหมาย

✓ ลงในช่องคะแนน โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

+1 หมายถึง ข้อความข้อนั้นสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะที่ระบุไว้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อความข้อนั้น สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะที่ระบุไว้

-1 หมายถึง ข้อความข้อนั้นไม่สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะที่ระบุไว้

หากข้อความข้อใดที่ท่านพิจารณาแล้วเห็นว่าไม่มีความเหมาะสม หรือสมควรปรับปรุงแก้ไข ขอความกรุณา เสนอแนะไว้ข้างท้ายเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือให้มีประสิทธิภาพต่อไป

ตัวอย่างข้อความและคำชี้แจงในการตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านและพิจารณาข้อความในช่องซ้ายมือทีละข้อความ แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงหรือสอดคล้องกับระดับความคิดเห็น ความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุด โดยที่

5 หมายถึง ข้อความนั้นตรงหรือสอดคล้องกับความคิดเห็น ความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุด

4 หมายถึง ข้อความนั้นตรงหรือสอดคล้องกับความคิดเห็น ความรู้สึกของนักเรียนมาก

3 หมายถึง ข้อความนั้นตรงหรือสอดคล้องกับความคิดเห็น ความรู้สึกของนักเรียนปานกลาง

2 หมายถึง ข้อความนั้นตรงหรือสอดคล้องกับความคิดเห็น ความรู้สึกของนักเรียนน้อย

1 หมายถึง ข้อความนั้นตรงหรือสอดคล้องกับความคิดเห็น ความรู้สึกของนักเรียนน้อยที่สุด

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
ข้อ 0 ความรู้ทางเคมีมีความจำเป็นต่ออาชีพในอนาคตของฉัน		✓			

นิยามศัพท์

วิชาเคมี หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วยทฤษฎีทางเคมี การทดลองทางเคมี และประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ต้องเรียนรู้เกี่ยวกับเคมี

เจตคติต่อวิชาเคมี (ข้อ 0) หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อวิชาเคมีในด้าน “ความมีประโยชน์ของความรู้ทางเคมีต่ออาชีพในอนาคต” ซึ่งส่งผลต่อพฤติกรรม ความเชื่อของคน

การแปลความหมาย

ข้อ 0 หมายถึง นักเรียนรู้สึกว่าความรู้ทางเคมีมีความจำเป็นต่ออาชีพในอนาคตของนักเรียนมาก

แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญในการตรวจพิจารณาข้อความในแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี

นิยามศัพท์เฉพาะ	ข้อความ	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อวิชาเคมีในด้าน “ความสำคัญของวิชาเคมีต่อชีวิตประจำวัน ซึ่งส่งผลต่อพฤติกรรมความเชื่อของคน	การพัฒนาประเทศจะขาดความรู้ทางเคมีไม่ได้ (เชิงบวก)				
	ถ้าขาดความรู้ทางเคมีจะไม่สามารถแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมได้(เชิงบวก)				
	ปัญหาสิ่งแวดล้อมเกิดจากความเจริญก้าวหน้าทางเคมี (เชิงลบ)				
	ความเจริญก้าวหน้าทางเคมีช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิต(เชิงบวก)				
	ความรู้ทางเคมีก่อให้เกิดปัญหากับสังค (เชิงลบ)				
	สิ่งแวดล้อมจะไม่ถูกทำลายถ้าปราศจากความรู้ทางเคมี (เชิงลบ)				
	ความรู้ทางเคมีช่วยให้ตัดสินเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ได้ปลอดภัยยิ่งขึ้น(เชิงบวก)				
	ความรู้ทางเคมีช่วยให้วิทยาการทางการแพทย์ก้าวหน้า (เชิงบวก)				
	ความเจริญก้าวหน้าทางเคมีก่อให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บที่รักษาได้ยาก(เชิงลบ)				
	ความเจริญก้าวหน้าทางเคมีทำให้มียาเสพติดชนิดใหม่เพิ่มขึ้น(เชิงลบ)				
ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อวิชาเคมีในด้าน “ความยากของวิชาเคมี” ซึ่งส่งผลต่อพฤติกรรม ความเชื่อและแนวโน้มในการปฏิบัติของคน	สัญลักษณ์ทางเคมีเปรียบเสมือนภาษาขอมสำหรับฉัน(เชิงลบ)				
	เวลาแก้โจทย์ปัญหาเคมี ฉันไม่รู้จะเริ่มต้นอย่างไร (เชิงลบ)				
	ฉันสามารถแก้โจทย์ปัญหาเคมีได้โดยง่าย (เชิงบวก)				
	ฉันสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาวิชาเคมีได้เป็นอย่างดี (เชิงบวก)				
	ความหมายของสัญลักษณ์ทางเคมีสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย(เชิงบวก)				
	ฉันไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ รอบตัวด้วยความรู้ทางเคมีได้(เชิงลบ)				
	ฉันเรียนวิชาเคมีโดยไม่มีความเข้าใจ (เชิงลบ)				
	การเรียนรู้สัญลักษณ์ทางเคมีไม่ยากสำหรับฉัน				

แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

นิยามศัพท์เฉพาะ	ข้อความ	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อวิชาเคมีในด้าน “ความยากของวิชาเคมี” (ต่อ)	ฉันสามารถอธิบายเนื้อหาวิชาเคมีที่ยาก ๆ ให้เพื่อนเข้าใจได้ (เชิงบวก)				
	ฉันพบว่าวิชาเคมียากกว่าที่คิด(เชิงลบ)				
ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อวิชาเคมีในด้าน “ความน่าสนใจของวิชาเคมี” ซึ่งส่งผลต่อพฤติกรรม ความเชื่อและแนวโน้มในการปฏิบัติของคน	ฉันชอบเรียนวิชาเคมีมากกว่าวิชาอื่นๆ (เชิงบวก)				
	ฉันรู้สึกเบื่อหน่ายเวลาเรียนวิชาเคมี(เชิงลบ)				
	ฉันจะเดินหนีเมื่อเพื่อนเริ่มพูดถึงวิชาเคมี(เชิงลบ)				
	ชั่วโมงเรียนวิชาเคมีควรมีมากกว่านี้ (เชิงบวก)				
	ฉันรู้สึกว่าวิชาเคมีน่าสนใจ(เชิงบวก)				
	ฉันอยากให้มีการเรียนวิชาเคมีน้อยลง (เชิงลบ)				
	ถ้าเลือกได้ฉันจะไม่เรียนวิชาเคมี (เชิงลบ)				
	ฉันรู้สึกสนุกเมื่อได้ทำการทดลองทางเคมี(เชิงบวก)				
	ฉันชอบกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับวิชาเคมี (เชิงบวก)				
	ฉันจะไม่เลือกวิชาเลือกที่เกี่ยวกับเคมี (เชิงลบ) ***(ผู้เชี่ยวชาญเสนอให้ตัดทิ้ง)***				
ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อวิชาเคมีในด้าน “ความมีประโยชน์ของความรู้ทางเคมีต่ออาชีพในอนาคต” ซึ่งส่งผลต่อพฤติกรรม ความเชื่อและแนวโน้มในการปฏิบัติของคน	ฉันฝันอยากเป็นนักเคมี (เชิงบวก)				
	ความรู้ทางเคมีจำเป็นต่ออาชีพในอนาคตของฉัน (เชิงบวก)				
	อาชีพในอนาคตของฉัน จะไม่เกี่ยวข้องกับเคมี (เชิงลบ)				
	ถ้าต้องเป็นครู ฉันอยากเป็นครูสอนเคมี (เชิงบวก)				
	ความรู้ทางเคมีไม่ช่วยให้หางานทำได้ (เชิงลบ)				
	ฉันไม่คิดจะประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับเคมี (เชิงลบ)				
	ฉันอยากมีอาชีพที่ต้องใช้ความรู้ทางเคมี (เชิงบวก)				

แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

นิยามศัพท์เฉพาะ	ข้อความ	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อวิชาเคมีในด้าน “ความมีประโยชน์ของความรู้ทางเคมีต่ออาชีพในอนาคต” (ต่อ)	คนที่เก่งเคมี จะไม่ตกงาน (เชิงบวก)				
	วิชาเคมีไม่จำเป็นต่อการประกอบอาชีพของฉัน (เชิงลบ)				
	อาชีพที่ได้รับการยอมรับทางสังคมไม่จำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับเคมี(เชิงลบ)				

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง
นางสาวพัชรี ร่มพยอม
นิสิตดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
วันที่...../...../.....

แบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านและพิจารณาข้อความในช่องซ้ายมือทีละข้อความ แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงหรือสอดคล้องกับระดับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด โดยที่

5 หมายถึง ข้อความนั้นตรงหรือสอดคล้องกับความคิดเห็น ความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุด

4 หมายถึง ข้อความนั้นตรงหรือสอดคล้องกับความคิดเห็น ความรู้สึกของนักเรียนมาก

3 หมายถึง ข้อความนั้นตรงหรือสอดคล้องกับความคิดเห็น ความรู้สึกของนักเรียนปานกลาง

2 หมายถึง ข้อความนั้นตรงหรือสอดคล้องกับความคิดเห็น ความรู้สึกของนักเรียนน้อย

1 หมายถึง ข้อความนั้นตรงหรือสอดคล้องกับความคิดเห็น ความรู้สึกของนักเรียนน้อยที่สุด

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. การพัฒนาประเทศจะขาดความรู้ทางเคมีไม่ได้					
2. สัญลักษณ์ทางเคมีเปรียบเสมือนภาษาของมันสำหรับฉัน					
3. ฉันชอบเรียนวิชาเคมีมากกว่าวิชาอื่น ๆ					
4. ฉันฝันอยากเป็นนักเคมี					
5. ความรู้ทางเคมีก่อให้เกิดปัญหากับสังคม					
6. เวลาแก้โจทย์ปัญหาเคมี ฉันไม่รู้จะเริ่มต้นอย่างไร					
7. ฉันรู้สึกเบื่อหน่ายเวลาเรียนวิชาเคมี					
8. ความรู้ทางเคมีช่วยให้วิทยาการทางการแพทย์ก้าวหน้า					
9. ฉันไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ รอบตัวด้วยความรู้ทางเคมีได้					
10. ถ้าเลือกได้ฉันจะไม่เรียนวิชาเคมี					
11. ถ้าขาดความรู้ทางเคมีจะไม่สามารถแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมได้					
12. ความรู้ทางเคมีจำเป็นต่ออาชีพในอนาคตของฉัน					
13. ฉันสามารถแก้โจทย์ปัญหาเคมีได้โดยง่าย					
14. ฉันรู้สึกว่าวิชาเคมีน่าสนใจ					
15. ความรู้ทางเคมีไม่ช่วยให้หางานทำได้					
16. สิ่งแวดล้อมจะไม่ถูกทำลายถ้าปราศจากความรู้ทางเคมี					
17. ฉันเรียนวิชาเคมีโดยไม่มีความเข้าใจ					
18. ถ้าต้องเป็นครู ฉันอยากเป็นครูสอนเคมี					
19. ชั่วโมงเรียนวิชาเคมีควรมีมากกว่านี้					
20. ฉันพบว่าวิชาเคมียากกว่าที่คิด					
21. ความเจริญก้าวหน้าทางเคมีช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิต					
22. คนที่เก่งเคมี จะไม่ตกงาน					
23. ฉันจะเดินหนีเมื่อเพื่อนเริ่มพูดถึงวิชาเคมี					
24. อาชีพที่ได้รับการยอมรับทางสังคมไม่จำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับเคมี					
25. การเรียนรู้สัญลักษณ์ทางเคมีไม่ยากสำหรับฉัน					

แบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี(ต่อ)

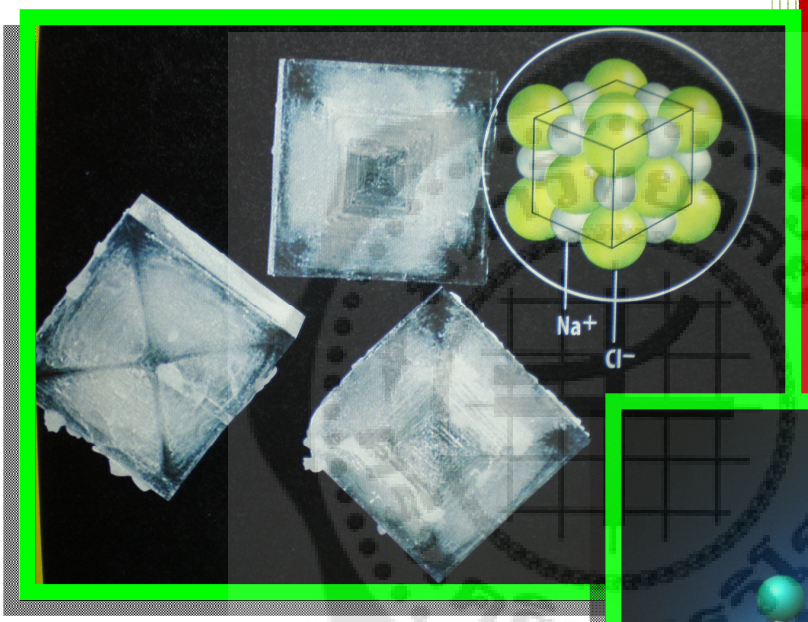
ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
26. ฉันอยากให้มีการเรียนวิชาเคมีน้อยลง					
27. ความรู้ทางเคมีช่วยให้ตัดสินเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ได้ปลอดภัยยิ่งขึ้น					
28. ฉันรู้สึกสนุกเมื่อได้ทำการทดลองทางเคมี					
29. ฉันอยากมีอาชีพที่ต้องใช้ความรู้ทางเคมี					
30. ปัญหาสิ่งแวดล้อมเกิดจากความเจริญก้าวหน้าทางเค					
31. ฉันสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาวิชาเคมีได้เป็นอย่างดี					
32. อาชีพในอนาคตของฉัน จะไม่เกี่ยวข้องกับเคมี					
33. ฉันชอบกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่กี่ยวกับวิชาเคมี					
34. ความหมายของสัญลักษณ์ทางเคมีสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย					
35. ฉันไม่คิดจะประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับเคมี					
36. ความเจริญก้าวหน้าทางเคมีทำให้มียาเสพติดชนิดใหม่เพิ่มขึ้น					
37. ฉันสามารถอธิบายเนื้อหาวิชาเคมีที่ยาก ๆให้เพื่อนเข้าใจได้					
38. วิชาเคมีไม่จำเป็นต่อการประกอบอาชีพของฉัน					
39. ความเจริญก้าวหน้าทางเคมีก่อให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บที่รักษาได้ยาก					

APPENDIX F

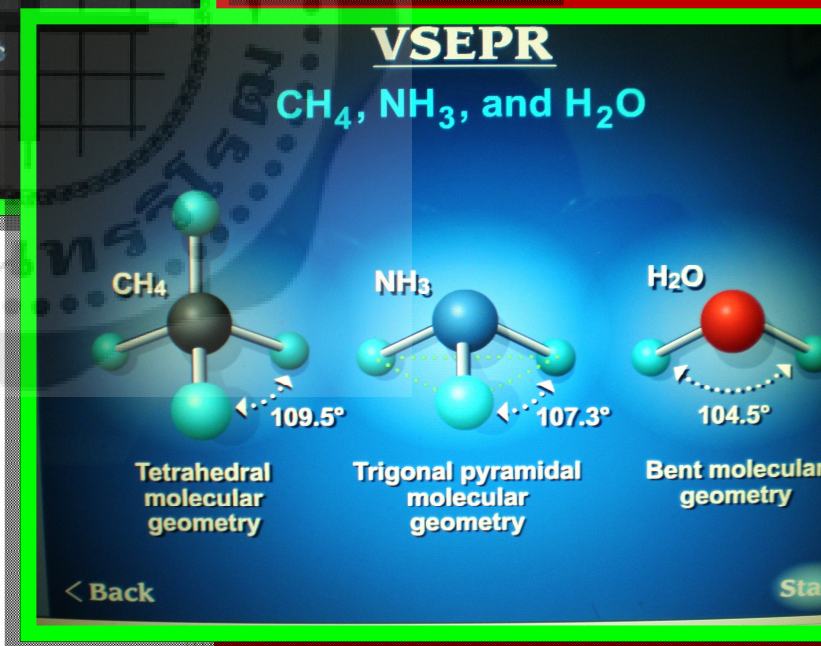
Samples of the Learning Units (in Thai)

คู่มือครู

หน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมี







โดย นางสาวพัชรี ร่มพยอม
นิสิตดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผศ.ดร.จินดา แต้มบรรจง (ประธาน)
รศ.ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย
ดร.ปรีชาญ เดชศรี
(ประธานและกรรมการผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์)

คำนำ

คู่มือครูประกอบการจัดการเรียนการสอนหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมีเล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการดำเนินการจัดการเรียนรู้ ที่ต้องการให้ผู้เรียนได้พัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมีที่ถูกต้อง ส่งเสริมการตระหนักรู้อภิปัญญา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ตลอดจนมุ่งให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมีโดยการสอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ ที่เป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผลระหว่างการเรียนรู้

คู่มือครูที่ใช้ประกอบการจัดการเรียนการสอนที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมีนี้ ประกอบด้วย ที่มาและความสำคัญ จุดมุ่งหมายและแนวทางการจัดกิจกรรม มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ตารางแสดงลำดับแนวคิดต่อเนื่องและกิจกรรมการเรียนรู้ ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรม โครงร่างการจัดกิจกรรม ตารางแสดงเค้าโครงเนื้อหา ตารางแสดงกิจกรรมและสื่อประกอบการจัดการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้

ในการจัดทำคู่มือครูเล่มนี้ได้รับความช่วยเหลือจากประธานและคณะกรรมการผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้ทรงคุณวุฒิและครูผู้สอนเคมีในการตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา จึงขอขอบ พระคุณไว้ ณ ที่นี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือครูเล่มนี้จะเป็นประโยชน์แก่ครูผู้สอนและผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี ให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะให้คู่มือครูเล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้งแก่ผู้วิจัย จักขอบพระคุณยิ่ง

นางสาวพัชรี ร่มพยอม
นิสิตหลักสูตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตรศึกษา
ศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายนี้ มีรายละเอียดของการพัฒนาดังนี้คือ การกล่าวถึงที่มาและความสำคัญของการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ จุดมุ่งหมายของหน่วยการเรียนรู้และแนวทางการจัดกิจกรรมที่สอดคล้องมาตรฐานการเรียนรู้ของการศึกษาขั้นพื้นฐาน ตัวชี้วัดตามสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ลำดับแนวคิดต่อเนื่องและกิจกรรมการเรียนรู้ ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรม โครงร่างการจัดกิจกรรมตลอดหน่วยการเรียนรู้ ดังแสดงรายละเอียดต่อไปนี้

ที่มาและความสำคัญ

การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายนี้ สอดคล้องกับเป้าหมายของการจัดการสอนวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้น แต่ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหลายปรากฏการณ์ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ง่ายในชีวิตประจำวัน ประกอบกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้นมีความเป็นนามธรรมและยุ่งยากต่อการทำความเข้าใจ ทั้งนี้แนวคิดที่เป็นนามธรรมดังกล่าวรวมถึงแนวคิดทางเคมีด้วย ซึ่งมีรายงานการวิจัยที่แสดงว่าผู้เรียนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นจนถึงระดับมหาวิทยาลัยเข้าใจแนวคิดทางเคมีบางแนวคิดคลาดเคลื่อน

การเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี จัดเป็นหัวใจของการเรียนรู้เนื้อหาวิชาเคมี เนื่องจากพันธะเคมีเป็นแนวคิดที่กล่าวถึงการรวมกันของอนุภาค (Combination of Particles) และธรรมชาติของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคซึ่งส่งผลต่อสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของสาร เมื่อผู้เรียนเข้าใจแนวคิดเรื่องพันธะเคมีแล้ว จะทำให้ผู้เรียนเรียนรู้แนวคิดอื่นได้ดีขึ้น เช่น ปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการสลายและการสร้างพันธะ ความแข็งแรงของพันธะของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามมนุษย์เราไม่สามารถมองเห็นอะตอมหรือกระบวนการที่อะตอมหรือโมเลกุลทำปฏิกิริยากันหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคได้ ผู้เรียนจึงมีความยากลำบากในการทำความเข้าใจ จึงส่งผลให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้ง่าย

จากฐานคิดการเรียนรู้แบบสรรค์สร้างนิยม ผู้เรียนจะเรียนรู้แนวคิดใหม่จากความรู้และแนวคิดเดิมของตนมากกว่าที่จะได้รับจากแหล่งอื่น ดังนั้นครูจึงไม่สามารถสรุปได้ว่าผู้เรียนจะเข้าห้องเรียนโดยไม่มีแนวคิดเดิมในเรื่องนั้นมาก่อน นอกจากแนวคิดที่นักเรียนมีมาก่อนเรียนจะส่งผลต่อการเรียนการสอนแล้ว เจตคติของผู้เรียนต่อวิชาที่เรียนก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ ดังนั้นเป้าหมายของการจัดการสอนวิทยาศาสตร์จึงควรเน้นเรื่องการส่งเสริมเจตคติที่ดีต่อวิชาที่เรียน นอกจากนี้หากมองว่า วิทยาศาสตร์ คือกระบวนการได้มาซึ่งองค์ความรู้ เช่น กระบวนการคิด และทักษะทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการเรียนเคมี ซึ่งถือว่าเป็นสาระสำคัญสาระหนึ่งของการสอนวิทยาศาสตร์ ควรให้ความสำคัญที่ การเรียนรู้แนวคิด กระบวนการคิด และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบงค์ (2000: 487) กล่าวว่าการเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์นั้น ต้องการประสบการณ์ที่เรียกว่า อภิปัญญา เนื่องจากประสบการณ์อภิปัญญานี้ จะช่วยให้ผู้เรียนตระหนักถึงเป้าหมายของการเรียน เห็นคุณค่าระหว่างการอภิปราย ว่ารู้ได้อย่างไร และ รู้ได้เพราะอะไร โดยเฉพาะเมื่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ใหม่ไม่สอดคล้อง

กับความรู้หรือประสบการณ์เดิมของผู้เรียน และถ้าผู้เรียนไม่ได้ตระหนักในความแตกต่างของแนวคิดดังกล่าว การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ก็จะไม่เกิดขึ้น

ดังนั้น หน่วยการเรียนรู้เรื่อง พันธะเคมี ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายนี้ จะเป็นแนวทางในการจัดการเรียนสอนวิชาเคมีที่ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เนื่องจากผู้เรียนจะมีการตรวจสอบแนวคิด และความเข้าใจของตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดระหว่างกระบวนการเรียนรู้ และยังต้องควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง เป้าหมายของหน่วยการเรียนรู้นี้เพื่อเพิ่มระดับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน เรื่องพันธะเคมี ระดับความสามารถด้านอภิปัญญาของผู้เรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ตลอดจนมีเจตคติที่ดีต่อเคมี

จุดมุ่งหมายและแนวทางการจัดกิจกรรม

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง พันธะเคมี ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายนี้ มีจุดมุ่งหมายหลักคือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง มีความสามารถด้านอภิปัญญา มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมี โดยมีแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมคุณลักษณะของผู้เรียนดังกล่าว สรุปได้ดังนี้

ตารางแสดงจุดมุ่งหมายของหน่วยการเรียนรู้และแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

จุดมุ่งหมาย	แนวทางการจัดกิจกรรม
1. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องพันธะเคมีที่ถูกต้อง	วิเคราะห์แนวคิดที่สำคัญของเรื่อง พันธะเคมี แล้วจัดทำลำดับแนวคิดต่อเนื่อง และสอดแทรกกิจกรรมการเรียนรู้โดยเริ่มจากปรากฏการณ์ในระดับมหภาคหรือปรากฏการณ์ที่นักเรียนเห็นได้ในชีวิตประจำวัน (Macroscopic level) จากนั้นจึงเป็นการนำเสนอคำอธิบายในระดับอนุภาค (Microscopic level) และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic level) ตามลำดับ นอกจากนี้กิจกรรมการดึงความรู้ (Elicitation) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผลระหว่างการเรียนรู้ที่ได้มีการวางแผนไว้ล่วงหน้า (Planned Formative Assessment) จะถูกสอดแทรกเข้ากับทุกขั้นของวัฏจักรการเรียนรู้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบแนวคิดของตนเองตลอดระยะของกระบวนการเรียนรู้ ในระหว่างกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนจะมีการเปลี่ยนแปลง ปรับปรุง หรือละทิ้งแนวคิดเดิมซึ่งอาจเป็นแนวคิดที่คลาดเคลื่อน มายอมรับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น
2. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถด้านอภิปัญญาที่สูงขึ้น	มีการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้สะท้อนแนวคิดของสิ่งที่ตนได้เรียนรู้ ตลอดกระบวนการเรียนรู้ และกิจกรรมการดึงความรู้ที่สอดแทรกเข้าไปในขั้นประเมินได้มีการให้นักเรียนสะท้อนแนวคิดว่าตนได้เรียนรู้สิ่งใด มีอะไรที่เข้าใจแล้ว และยังมีสิ่งใดยังเป็นปัญหาที่ต้องการทำความเข้าใจเพิ่มเติม จะทำให้ผู้เรียนตระหนักถึงความสำคัญของแนวคิดของตนเองและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น หน่วยการเรียนรู้นี้ยังสอดแทรกการสะท้อนกลับจากครู ที่จะช่วยให้ผู้เรียนเห็นถึงสิ่งที่ยังเป็นจุดอ่อนของตนเอง ที่ผู้เรียนต้องศึกษาเพิ่มเติม เพื่อทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ของแผนการจัดการเรียนรู้นั้น ๆ
3. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่สูงขึ้น	มีการสอดแทรกการทดลองเข้าไปในเกือบทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการทำการทดลอง การออกแบบตารางบันทึกผล การวิเคราะห์ผลการทดลอง การลงข้อสรุปและอภิปรายโดยอิงจากหลักฐานเชิงประจักษ์ คือ สิ่งที่เกิดขึ้นจากการทดลอง ตลอดจนนำเสนอผลที่ได้จากการทดลอง

ตารางแสดงจุดมุ่งหมายของหน่วยการเรียนรู้และแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้(ต่อ)

จุดมุ่งหมาย	แนวทางการจัดกิจกรรม
4. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมี	มีการเชื่อมโยงสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้และปรากฏการณ์รอบ ๆ ตัวที่นักเคมีค้นพบเพื่อให้ผู้เรียนเห็นถึงประโยชน์ของการเรียนวิชาเคมี เช่น การทราบถึงเหตุผลที่ห้ามไม่ให้ผู้ป วยที่กินผลิตภัณฑ์ไล่แมลงยี่ห้อหนึ่งกินสารพวกไขมัน หรือไขมันตามเข้าไปเพื่อแก้พิษ เป็นต้นนอกจากนี้คำอธิบายจากคู่มือนักเรียน แบบฝึกหัดเพื่อเสริมประสบการณ์ การจัดการเรียนรู้ที่ใช้เทคนิคหลากหลาย เช่น Walk Gallery, การเล่นเกมส์ การทำงานกลุ่มในการสร้างโมเดลของสารจากชุดโมเลกุลครู การทดลองที่หลากหลายที่สนับสนุนทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และทำให้นักเรียนเห็นปรากฏการณ์ในระดับมหภาค (Macroscopic level) แนวทางการจัดกิจกรรมที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ทำให้การเรียนรู้ไม่น่าเบื่อหน่าย ผู้เรียนรู้สึกสนุกสนาน เห็นประโยชน์ของการเรียนเคมี และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมี

มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ตามที่กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 แล้วนั้น หลักสูตรดังกล่าวมีมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสาระหลักของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน ซึ่งมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นข้อกำหนดคุณภาพของผู้เรียนด้านความรู้ ความคิดทักษะ กระบวนการเรียนรู้ คุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ส่วนสาระหลักของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานซึ่งนักเรียนทุกคนต้องเรียนรู้ ประกอบด้วย 8 สาระหลัก คือ สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สารและสมบัติของสาร แรงและการเคลื่อนที่ พลังงาน กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พันธะเคมีนี้ อยู่ในมาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่3: สารและสมบัติของสาร โดยมีใจความสำคัญดังนี้

สาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 : เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 : เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการประกาศใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ให้เป็นหลักสูตรแกนกลางของประเทศ และเกิดการทบทวนหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 เพื่อนำไปสู่การพัฒนาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มีความเหมาะสมชัดเจนทั้งเป้าหมายของหลักสูตรในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน การกำหนดวิสัยทัศน์ จุดหมายสมรรถนะของผู้เรียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่ชัดเจนเพื่อใช้เป็นทิศทางในการจัดทำหลักสูตร ดังนั้นการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้นี้ สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (มาตรฐาน ว 3.1) ซึ่งมีรายละเอียดของตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังนี้

ตารางแสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางตามมาตรฐาน ว 3.1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างอะตอม และสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ	❖ นักวิทยาศาสตร์ใช้ข้อมูลจากการศึกษาโครงสร้างอะตอม สร้างแบบจำลองอะตอมแบบต่าง ๆ ที่มีพัฒนาการอย่างต่อเนื่อง ❖ อะตอมประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานสำคัญ 3 ชนิด คือ โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน จำนวนโปรตอนในนิวเคลียส เรียกว่า เลขอะตอม ผลรวมของจำนวนโปรตอนกับนิวตรอน เรียกว่า เลขมวล ตัวเลขทั้งสองนี้จะปรากฏอยู่ในสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของไอโซโทปต่าง ๆ ของธาตุ
2. วิเคราะห์และอธิบายการจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม ความสัมพันธ์ระหว่างอิเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุดกับสมบัติของธาตุและการเกิดปฏิกิริยา	❖ อิเล็กตรอนในอะตอมของธาตุจะจัดเรียงอยู่ในระดับพลังงานต่าง ๆ และในแต่ละระดับพลังงานจะมีจำนวนอิเล็กตรอนเป็นค่าเฉพาะ ❖ อิเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุดจะแสดงสมบัติบางประการของธาตุ เช่น ความเป็นโลหะ อโลหะ และเกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาของธาตุนั้น
3. อธิบายการจัดเรียงธาตุและทำนายแนวโน้มสมบัติของธาตุในตารางธาตุ	❖ ตารางธาตุปัจจุบันจัดเรียงธาตุตามเลขอะตอมและอาศัยสมบัติคล้ายกันทำให้สามารถทำนายแนวโน้มสมบัติของธาตุในตารางธาตุได้
4. วิเคราะห์และอธิบายการเกิดพันธะเคมีในโครงผลึกและในโมเลกุลของสาร	❖ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนหรืออะตอมของธาตุให้อยู่รวมกันเป็นโครงผลึก หรือโมเลกุล เรียกว่า พันธะเคมี ❖ พันธะเคมีแบ่งออกเป็นไอออนิกโคเวเลนซ์ และโลหะ

ตารางแสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง(ต่อ)

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
5. สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือด จุดหลอมเหลวและสถานะของสารกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร	❖ จุดเดือด จุดหลอมเหลว และสถานะของสาร มีความเกี่ยวข้องกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารนั้น สารที่อนุภาคยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงยึดเหนี่ยวหรือพันธะเคมีที่แข็งแรงจะมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง สารในสถานะของแข็งอนุภาคยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงที่แข็งแรงกว่าสารในสถานะของเหลวและแก๊สตามลำดับ

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง พันธะเคมีที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ มุ่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถด้านอภิปัญญา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมีของผู้เรียน มีแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยอิงทฤษฎีพื้นฐาน ดังนี้คือ 1. ทฤษฎีการพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจย์ 2. แนวทางการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิดของฮิวสันและคณะ และ 3. กระบวนการเรียนรู้ตามแนวสร้างสรรค์ความรู้ (Constructivism) เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ (Elicitation) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการประเมินผลระหว่างการเรียนรู้ที่ได้มีการวางแผนไว้ล่วงหน้า (Planned Formative Assessment) ดังนั้นลักษณะสำคัญของหน่วยการเรียนรู้ จึงสรุปได้ 2 ประเด็นสำคัญคือ การจัดการเรียนรู้ และบทบาทครูผู้สอนในการประเมินผลระหว่างการเรียนรู้ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

กระบวนการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้นี้ใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E (The 5E Instructional Model) (Trowbridge; & Bybee. 1996: 213) เป็นกรอบในการจัดการเรียนรู้ โดยให้ผู้เรียนเป็นผู้ค้นพบความรู้ ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist) โดยเริ่มต้นจากการสังเกต จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมาวิเคราะห์เพื่อนำมาสู่อธิบายและการสรุปเป็นความรู้หรือเกิดการตั้งคำถามใหม่เกี่ยวกับสิ่งที่ได้สังเกต ซึ่งการจัดการเรียนการสอนแบบ 5E นี้เป็นการฝึกให้ผู้เรียนเกิดการคิดแสวงหาความรู้แบบนักวิทยาศาสตร์ ในหน่วยการเรียนรู้นี้ได้สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้เข้ากับวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E โดยเน้นให้ผู้เรียนได้สะท้อนแนวคิดของตนเองตลอดกระบวนการเรียนรู้ เพื่อที่ผู้เรียนจะได้ตระหนักถึงแนวคิดของตนเองก่อนเรียน ขณะเรียน และขณะที่เสร็จสิ้นการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบตนเองว่า ตนเองได้มีแนวคิดที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่ และถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเป็นการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางใด และยังมีสิ่งใดอีกบ้างที่ตนเองยังไม่เข้าใจ และต้องการทำความเข้าใจเพิ่มเติม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการเรียนรู้นั้น การจัดการเรียนรู้ของหน่วยการเรียนรู้นี้ประกอบด้วย 5 กระบวนการหลัก ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ - การนำเข้าสู่บทเรียนหรือแนวคิดหลักที่ต้องเรียนในวันนั้น ๆ โดยครูเป็นผู้เสนอคำถามที่ต้องการดึงแนวคิดเดิมของผู้เรียน ทั้งนี้ครูอาจเป็นผู้ถามคำถาม

เพื่อเป็นการดึงแนวคิดเดิมของผู้เรียนเพียงอย่างเดียว หรือใช้การทดลอง หรือสื่อภาพเคลื่อนไหวประกอบการดึงแนวคิดเดิมนั้น หรือเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เห็นในระดับมหภาคกับความรู้เดิมของผู้เรียนในระดับอนุภาคเพื่อดึงความรู้เดิมของผู้เรียนให้สร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าว หรือครูอาจนำเสนอสถานการณ์ที่ขัดแย้งกับแนวคิดเดิมของผู้เรียน (Discrepant Event) กระบวนการเรียนรู้ขั้นนี้เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสะท้อนแนวความคิด ความเชื่อเดิมของตนออกมา เห็นภาพรวมกว้าง ๆ ของแนวคิดหลักที่จะได้เรียนรู้ในอาทิตย์นั้น ๆ และเพื่อเป็นการกระตุ้นความสนใจ ความอยากรู้อยากเห็นเพิ่มเติม และการที่ผู้เรียนได้ตระหนักถึงแนวคิดของตนเอง

2. ขั้นสำรวจตรวจสอบที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ – กระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีโอกาสได้ตรวจสอบแนวคิดของตนเอง โดยผ่านประสบการณ์ที่สามารถเห็นเป็นรูปธรรม เช่น ทำการทดลองเพื่อตรวจสอบแนวคิดของตน ซึ่งเป็นการพัฒนาการเรียนรู้แนวคิด และทักษะทางวิทยาศาสตร์ บทบาทของครูผู้สอนในกระบวนการเรียนรู้นี้คือเป็นผู้อำนวยความสะดวก และโค้ชที่คอยตั้งคำถามให้ผู้เรียนได้สังเกตสิ่งที่ตัวเองทำและเชื่อมโยงกับความรู้ ความเชื่อเดิมของผู้เรียน ผู้เรียนมีบทบาทในการสำรวจตรวจสอบและสะท้อนแนวคิดของตนว่ามีปรากฏการณ์ใดขัดแย้ง หรือ สอดคล้องกับแนวคิดเดิมของตนหรือไม่ และเพราะเหตุใด

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุปที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ – กระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในขั้นสำรวจตรวจสอบที่ผ่านมา จากคู่มือนักเรียนหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ การแปลผลและการสรุปผลจากการทดลอง การนำเสนอผลจากการทดลอง การค้นพบในขั้นนี้สิ่งที่อาจเป็นไปได้คือ คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับแนวคิดเดิมของผู้เรียน หรือสนับสนุนสมมติฐานที่ผู้เรียนตั้งไว้ หรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไม่สอดคล้องกับแนวคิดเดิมของผู้เรียน หรือโต้แย้งสมมติฐานที่ผู้เรียนตั้งไว้ ในกระบวนการเรียนรู้นี้ ผู้เรียนได้สะท้อนแนวคิดของตนหลังผ่านกระบวนการเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าตนเองได้เรียนรู้สิ่งใดไป และสิ่งที่ได้เรียนรู้นั้นยังขัดแย้งกับความรู้เดิมของผู้เรียนอย่างไร และแนวคิดของผู้เรียนนั้นยังมีข้อบกพร่องหรือต้องแก้ไขอย่างไร

4. ขั้นขยายความรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ – กระบวนการเรียนรู้นี้ผู้เรียนได้ขยายความรู้ความเข้าใจใหม่ของตน ในบางกรณีที่ผู้เรียนยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนอยู่กระบวนการเรียนรู้ในขั้นนี้ จะให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ที่หลากหลายเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน โดยครูอาจใช้ลักษณะคำถามที่เป็นการประยุกต์ใช้แนวคิดเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนและประยุกต์สิ่งที่ได้เรียนไปใช้แก้ปัญหาหรือการตัดสินใจในสถานการณ์ต่าง ๆ กระบวนการเรียนรู้ครูผู้สอนเป็นผู้ย้ำให้ผู้เรียนได้สะท้อนแนวความคิดความเข้าใจของตนออกมา เพื่อให้ผู้เรียนได้ตระหนักถึงความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนที่เปลี่ยนแปลง ว่าตนเองมีการพัฒนาด้านความรู้ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพัฒนาความสามารถด้านอภิปัญญาเพิ่มขึ้นหรือไม่

5. ขั้นประเมินที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ – กระบวนการเรียนรู้ที่ให้โอกาสครูได้เป็นผู้ประเมินว่าผู้เรียนมีความก้าวหน้าในด้านความรู้ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อะไรเพิ่มเติมบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด และสอดคล้องกับจุดประสงค์ในตอนเริ่มต้นของแผนการจัดการเรียนรู้หรือไม่ นอกจากนี้กระบวนการเรียนรู้นี้ยังให้โอกาสผู้เรียนได้ประเมินแนวคิดของตนเองจากการสะท้อนแนวคิดในกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ X - 4 (X แทนลำดับที่ของแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้เรียนจะได้สำรวจตนเองว่าก่อนเริ่มเรียนตนเองมีแนวคิดอย่างไร และเมื่อเวลาผ่านไปแนวคิดของตนนั้นเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ เพราะเหตุใด ถ้าเปลี่ยนแปลงมีการเปลี่ยนแปลงไป

ในทิศทางใด สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ ในกระบวนการดังกล่าวนี้นอกจากจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักถึงแนวคิดของตนเองแล้ว ยังสามารถทำให้นักเรียนพบข้อบกพร่องของตนเองและแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าวถือเป็นการส่งเสริมความรู้ด้านอภิปัญญา และอภิปัญญาด้านการควบคุมด้วยทางหนึ่ง

บทบาทครูผู้สอน

หน่วยการเรียนรู้นี้นั้นให้ผู้เรียนได้สะท้อนแนวคิดของตนเองตลอดกระบวนการเรียนรู้จากกิจกรรมการดึงความรู้ เพื่อที่จะให้ผู้เรียนจะได้ตระหนักถึงแนวคิดของตนเองก่อนเรียน ขณะเรียน และขณะที่เสร็จสิ้นการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบตนเองว่า ตนเองได้มีแนวคิดที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่ และถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเป็นการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางใด และยังมีสิ่งใดอีกบ้างที่ตนเองยังไม่เข้าใจ และต้องการทำความเข้าใจเพิ่มเติมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการเรียนรู้นั้น อย่างไรก็ตามสิ่งที่ขาดมิได้ ของหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกิจกรรมการดึงความรู้นี้คือ บทบาทของครูผู้สอน กลวิธีการดึงความรู้(Elicitation Strategy) นี้ถือเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการประเมินผลระหว่างการเรียนรู้ที่ได้มีการวางแผนไว้ล่วงหน้า กระบวนการประเมินผลระหว่างการเรียนรู้ที่ได้มีการวางแผนไว้ล่วงหน้า ในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้นี้ ประกอบด้วย3 ขั้นตอน คือ

1. การดึงแนวคิดของผู้เรียน (Elicitation) ในหน่วยการเรียนรู้นี้ ครูผู้สอนใช้กิจกรรมการดึงความรู้ที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อการจัดการเรียนการสอน กิจกรรมการดึงแนวคิดส่วนใหญ่พัฒนาโดยใช้ข้อมูลพื้นฐานจากการสำรวจแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในประเทศไทย ที่ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจด้วยข้อสอบปลายเปิด ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการดึงความรู้จะมีทั้งหมด4 ตอน ซึ่งจะเป็นการถามคำถามที่เป็นแนวคิดหลักเดียวกัน คำถามจากกิจกรรมการดึงความรู้แต่ละตอนจะถูกสอดแทรกเข้าไปในกระบวนการเรียนรู้ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนค่อย ๆ เกิดการพัฒนา และการปรับปรุเปลี่ยนแปลงแนวคิดของตนเอง

2. การตีความหรือแปลความหมายแนวคิดของผู้เรียน (Interpretation) หลังจากการดึงความรู้ หรือดึงแนวคิดของนักเรียนแล้ว ครูจะตีความหรือแปลความหมายของสิ่งที่นักเรียนสะท้อนในกิจกรรมการดึงความรู้ว่านักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้อง หรือมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอย่างไร และมีนักเรียนในห้องจำนวนมากน้อยเพียงใดที่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในทำนองเดียว ซึ่งผลจากการตีความแนวคิดนี้ทำให้ครูได้ข้อมูลอย่างคร่าว ๆ ของแนวคิดของนักเรียนในห้องว่า ส่วนใหญ่แล้วมีความเข้าใจในเรื่องที่กำลังเรียนรู้ถูกต้องหรือไม่หรือถ้าไม่ถูกต้อง ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ครูควรที่จะมีบทบาทเพิ่มเติมเข้ามาเพื่อช่วยส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ที่ยังเป็นปัญหานั้น

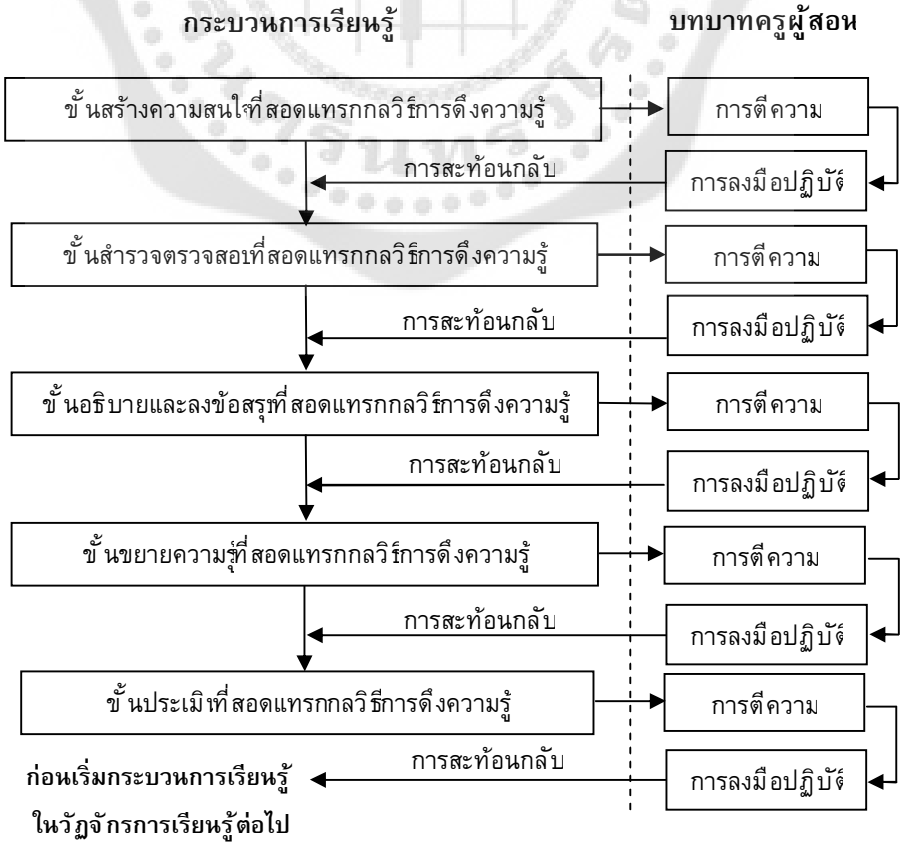
3. การลงมือปฏิบัติ (Action) เมื่อครูดึงแนวคิดและตีความหมายของสิ่งที่นักเรียนสะท้อนในกิจกรรมการดึงความรู้แล้ว บทบาทครูในขั้นต่อไปคือ การลงมือปฏิบัติต่อแนวคิดที่คลาดเคลื่อน หรือแนวคิดที่ยังไม่สมบูรณ์นั้น ๆ ของผู้เรียน ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้การลงมือปฏิบัติของครูโดย**การสะท้อนกลับ (Feedback)** แนวคิดเหล่านั้น การสะท้อนกลับนั้นจะชี้ให้ผู้เรียนเห็นว่าแนวคิดของผู้เรียนนั้นสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ และถ้าไม่สอดคล้องยังมีตรงไหนที่ผู้เรียนควรศึกษาเพิ่มเติมจากเอกสาร การถามเพื่อน หรือการถามครูผู้สอน เพื่อทำให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดนั้นมากขึ้น ข้อควรระวังในการสะท้อนกลับคือ<u>ไม่ใช่</u>การระบุว่าแนวคิดหรือคำอธิบายของผู้เรียนนั้น<u>ผิด</u> แต่การสะท้อนกลับที่ดีควรเป็นการชี้ให้เห็นข้อบกพร่องของแนวคิดที่

คลาดเคลื่อนดังกล่าว โดยอาจยกสถานการณ์ที่แนวคิดที่คลาดเคลื่อนนั้นไม่สามารถอธิบายได้ มาเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ให้ผู้เรียนเห็นถึงข้อบกพร่องของแนวคิดดังกล่าวด้วยตนเอง เนื่องจากฐานคิดของการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยมนั้นผู้เรียนเป็นเจ้าของของการเรียนรู้ของตัวเอง ผู้เรียนสามารถเลือกได้ว่าจะเชื่อแนวคิดใดเพราะเหตุใด ดังนั้นบทบาทของครูผู้สอน นอกจากจะเป็นผู้อำนวยความสะดวกต่อการเรียนรู้แล้ว ครูผู้สอนยังต้องเป็นผู้คอยล้อมกรอบ หากพบว่านักเรียนของตนเองกำลังหลงทาง โดยการสะท้อนกลับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนนั้น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้การสะท้อนกลับ 2 รูปแบบคือ

1. การสะท้อนกลับในห้องเรียนกลุ่มใหญ่ เพื่อให้นักเรียนทั้งห้องได้เห็นแนวคิดที่หลากหลายที่ถูกจัดกลุ่มไว้ (เช่น แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ แนวคิดที่ไม่สมบูรณ์ แนวคิดที่คลาดเคลื่อน และไม่มีแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าว) พร้อมระบุจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดดังกล่าวบนกระดานดำ การสะท้อนกลับในห้องเรียนนั้นเพื่อเป็นการลดระยะเวลา และลดภาระงานของครูผู้สอน

2. การสะท้อนกลับเป็นรายบุคคล โดยในหน่วยการเรียนรู้นี้ ครูผู้สอนจะใช้ Feedback Sheet เพื่อเป็นการสะท้อนกลับนักเรียนแต่ละคน เพื่อให้เห็นข้อบกพร่อง และจุดอ่อนของตนเอง ซึ่งการเขียนการสะท้อนกลับนี้จะใช้ระยะเวลามาก ดังนั้นจึงใช้เฉพาะกับแผนการจัดการเรียนรู้ท้ายของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ แผนภาพแสดงกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้และบทบาทของครูผู้สอนระหว่างกระบวนการเรียนรู้แสดงดังต่อไปนี้

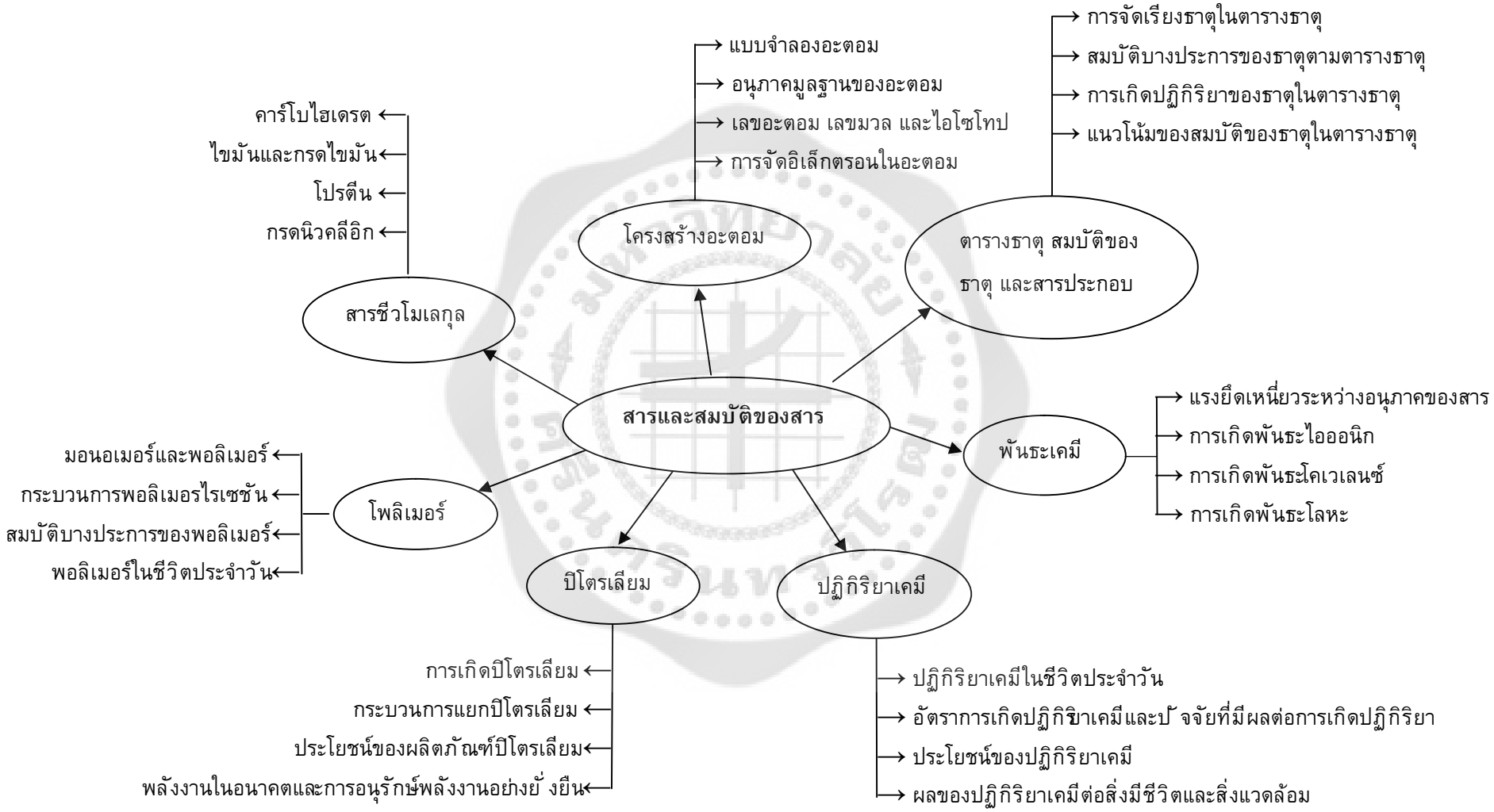
แผนภาพแสดงกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้
และบทบาทของครูผู้สอนระหว่างกระบวนการเรียนรู้



โครงร่างหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พันธะเคมี ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

สัปดาห์ที่	หน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้ที่	จำนวนคาบ	
1	การแนะนำหน่วยการเรียนรู้ และทดสอบก่อนเรียน	- - -	3	
2	หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค	1. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร	3	17 คาบ
3	หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง พันธะไอออนิก	1. พันธะไอออนิก	2	
3-4		2. สมบัติของสารประกอบไอออนิก	3	
4	หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พันธะโคเวเลนซ์	1. การเกิดพันธะโคเวเลนซ์	2	
5		2. รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนซ์	3	
6		3. สารโครงผลึกร่างตาข่ายและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	2	
6-7	หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง พันธะโลหะ	1. พันธะโลหะ	2	
7	การสรุปผลการใช้หน่วยการเรียนรู้ และทดสอบหลังเรียน	- - -	3	
รวม			**23**	

ผังมโนทัศน์สาระการเรียนรู้พื้นฐาน วิทยาศาสตร์(เคมี) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่4 - 6



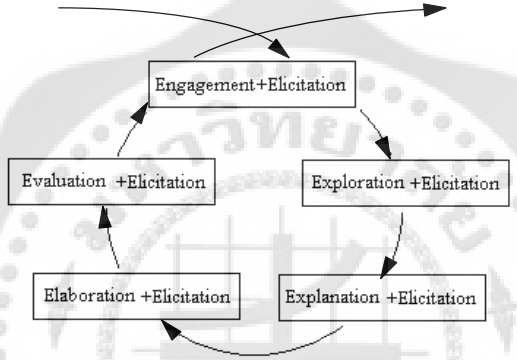
ตารางแสดงเค้าโครงเนื้อหาของหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมี (หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1)

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1
เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร

ความรู้และประสบการณ์เดิม

1. ขนาดอะตอมและไอออน
2. พลังงานไอออไนเซชัน (IE)
3. อิเล็กโทรเนกาติวิตี (EN)
4. การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม



กระบวนการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ความรู้และประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับ

1. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร
2. การเกิดไอออน
3. ความเสถียรทางเคมีที่อธิบายได้ด้วยกฎออกเตต

ลักษณะของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

แผนการจัดการเรียนรู้นี้จะนำนักเรียนเข้าสู่พันธะเคมี 3 ชนิด คือ พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนซ์ และพันธะโลหะ โดยนักเรียนจะได้ทำการทดลองวัดการนำไฟฟ้าของสาร 13 ชนิด เพื่อจำแนกออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ 1. สารที่นำไฟฟ้าในสถานะของแข็ง 2. สารที่เมื่อเป็นของแข็งไม่นำไฟฟ้าแต่เมื่อละลายน้ำแล้วนำไฟฟ้าและ 3. สารที่เมื่อเป็นของแข็งก็ไม่นำไฟฟ้าและเมื่อเป็นสารละลายก็ไม่นำไฟฟ้าเช่นกัน สาร(ส่วนใหญ่) ละลายน้ำแล้วนำไฟฟ้า คือ สารละลายไอออนิก เนื่องจากสารประกอบไอออนิกเมื่อละลายน้ำจะเกิดการแตกตัวเป็นไอออน ซึ่งการแตกตัวเป็นไอออนจะสามารถอธิบายได้ด้วยกฎออกเตต บทเรียนนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้เรื่องรายละเอียดเกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างไอออน การเกิดไอออนบวกและไอออนลบ ที่สามารถอธิบายได้ด้วยกฎออกเตต แผนการจัดการเรียนรู้นี้ใช้เป็นการนำเข้าพันธะเคมีทั้ง 3 ประเภท และเป็นพื้นฐานในการทำความเข้าใจการเกิดพันธะไอออนิกต่อไป

หมายเหตุ สารกลุ่มที่ 1 คือโลหะ ซึ่งโลหะนำไฟฟ้าได้ทั้งสถานะของแข็ง และของเหลว แต่จากการทดลองครั้งนี้วัดเฉพาะการนำไฟฟ้าของโลหะในสถานะของแข็งเท่านั้น

ตารางแสดงกิจกรรมและสื่อประกอบหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมี

กระบวนการเรียนรู้	หน่วยการเรียนรู้ที่ 1	หน่วยการเรียนรู้ที่ 2		หน่วยการเรียนรู้ที่ 3			หน่วยการเรียนรู้ที่ 4
	แผนการจัดการเรียนรู้ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ 2	แผนการจัดการเรียนรู้ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ 2	แผนการจัดการเรียนรู้ 3	แผนการจัดการเรียนรู้ 1
1. ขั้นสร้างความสนใจที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้	1.แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 1-1	1. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 2-1	1.แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 3-1	1. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 4-1	1. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 5-1 2. ฉลากผลิตภัณฑ์เทสโก้ก้อนดับกลิ่นและไล่แมลง	1.แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 6-1	1. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 7-1
2. ขั้นสำรวจตรวจสอบที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้	1. การทดลองที่ 1 เรื่อง การนำไฟฟ้าของสาร (คู่มือนักเรียนหน้า 2) 2. กิจกรรมที่ 1 แบบบันทึกผลการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง 3. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 1-2	1. การเกิดพันธะไอออนิก (คู่มือนักเรียนหน้า 17) 2. กิจกรรมที่ 1 แบบฝึกหัดเรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก (คู่มือนักเรียนหน้า 26) 3. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 2-2	1.การทดลองที่ 2 เรื่อง การละลายของสารประกอบไอออนิก (คู่มือนักเรียนหน้า 32) 2.กิจกรรมที่ 1 แบบบันทึกผลและ คำถามท้ายการ ทดลอง 3.แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 3-2	1.กิจกรรม การระดมความคิดในการสร้างคำอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนซ์ของโมเลกุลที่กำหนดให้ (คู่มือนักเรียนหน้า 48) 2.กิจกรรมที่ 1 แบบฝึกหัดเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนซ์ (คู่มือนักเรียนหน้า 61) 3.แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 4-2	1. การทดลองที่ 4 เรื่องการศึกษาความมีขั้วของโมเลกุล (คู่มือนักเรียนหน้า 68) 2. กิจกรรมที่ 1 แบบบันทึกผลและคำถามท้ายการทดลอง 3. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 5-2	1.การระดมความคิดในการบอกความแตกต่างของโมเลกุลโคเวเลนซ์และสารโครงผลึกร่างตาข่าย (คู่มือนักเรียนหน้า 82) 2. คู่มือนักเรียนเรื่องสารโครงผลึกร่างตาข่าย (หน้า 83-84) 3.แบบฝึกหัดเรื่องสารโครงผลึกร่างตาข่าย (คู่มือนักเรียนหน้า 94) 4.แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 6-2	1. กิจกรรมเหมือนอย่างไร ต่างตรงไหน (คู่มือนักเรียนหน้า 102) 2. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 7-2

ตารางแสดงกิจกรรมและสื่อประกอบหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมี

กระบวนการเรียนรู้	หน่วยการเรียนรู้ที่ 1	หน่วยการเรียนรู้ที่ 2		หน่วยการเรียนรู้ที่ 3			หน่วยการเรียนรู้ที่ 4
	แผนการจัดการเรียนรู้ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ 2	แผนการจัดการเรียนรู้ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ 2	แผนการจัดการเรียนรู้ 3	แผนการจัดการเรียนรู้ 1
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุปที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้	1.เอกสารประกอบการเรียน เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร (คู่มือนักเรียนหน้า 3-7) 2. การสาธิตการเกิดไอออนในสารละลาย	1. เอกสารประกอบการเรียน เรื่องการเกิดพันธะไอออนิกและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก (คู่มือนักเรียนหน้า 17-24) 2. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 2-3	1. เอกสารประกอบการเรียนเรื่องสมบัติของสารประกอบไอออนิก (คู่มือนักเรียนหน้า 33-40) 2. กิจกรรมที่ 2 และ 3 แบบฝึกหัดเรื่องสมบัติของสารประกอบไอออนิก และการละลายของสารประกอบไอออนิก (คู่มือนักเรียนหน้า 42-44) 3. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 3-3	1.เอกสารประกอบการเรียน เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนซ์ การเรียกชื่อ ความยาวพันธะ พลังงานพันธะและการเกิดเรโซแนนซ์ (คู่มือนักเรียนหน้า 48-58) 2.กิจกรรมที่ 2 แบบฝึกหัดเรื่องการเขียนสูตรแบบจุดและสูตรแบบเส้น (คู่มือนักเรียนหน้า 63) 3.กิจกรรมที่ 3 แบบฝึกหัด เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนซ์ (คู่มือนักเรียนหน้า 64) 4.แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 4-3	1. เอกสารประกอบการเรียนเรื่องรูปร่างโมเลกุลและเรื่องสภาพขั้วของโมเลกุล (คู่มือนักเรียนหน้า 69-75) 2. กิจกรรมที่ 2 แบบฝึกหัดเรื่องรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนซ์ (คู่มือนักเรียนหน้า 77) 3. กิจกรรมที่ 3 แบบฝึกหัดเรื่องสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนซ์ (คู่มือนักเรียนหน้า 78) 4. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 5-3	1. เอกสารประกอบการเรียน เรื่อง สารโครงผลึกร่างตาข่ายและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล (คู่มือนักเรียนหน้า 83-91) 2. กิจกรรมที่ 2 แบบฝึกหัดเรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล (คู่มือนักเรียนหน้า 95) 3. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 6-3	1. เอกสารประกอบการเรียนเรื่อง พันธะโลหะและสมบัติของโลหะ (คู่มือนักเรียนหน้า 103-104) 2. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 7-3

ตารางแสดงกิจกรรมและสื่อประกอบหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมี

กระบวนการเรียนรู้	หน่วยการเรียนรู้ที่ 1	หน่วยการเรียนรู้ที่ 2		หน่วยการเรียนรู้ที่ 3			หน่วยการเรียนรู้ที่ 4
	แผนการจัดการเรียนรู้ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ 2	แผนการจัดการเรียนรู้ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ 2	แผนการจัดการเรียนรู้ 3	แผนการจัดการเรียนรู้ 1
4. ขั้นขยายความรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้	1. กิจกรรมที่ 2 แบบฝึกหัดเรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารและการเกิดไอออน (คู่มือนักเรียนหน้า 9)	1. กิจกรรมที่ 2 แบบฝึกหัดเรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก (คู่มือนักเรียนหน้า 27) 2. กิจกรรมที่ 3 แบบฝึกหัด เรื่อง การจัดเรียงอิเล็กตรอนและการเกิดสารประกอบไอออนิก (คู่มือนักเรียนหน้า 28)	1. กิจกรรมที่ 4 การทดลองที่ 3 เรื่อง ปฏิกิริยาของสารละลายไอออนิก 2. แบบบันทึกผลและคำถามท้ายการทดลอง 3. เอกสารประกอบการเรียน เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก (คู่มือนักเรียนหน้า 37) 4. กิจกรรมที่ 5 แบบฝึกหัดเรื่อง การเขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิ (คู่มือนักเรียนหน้า 45)	1. กิจกรรมเกมส์ การต่อรูปร่างโมเลกุลและคำนวณพลังงานพันธะ (คู่มือนักเรียนหน้า 60) 2. กิจกรรมที่ 4 แบบฝึกหัดเรื่องการคำนวณความยาวพันธะ และพลังงานพันธะของสารโคเวเลนซ์ (คู่มือนักเรียนหน้า 65)	1. กิจกรรมการต่อรูปโมเลกุลและอธิบายรูปร่างโมเลกุล โดยใช้เทคนิค Walk Gallery (คู่มือนักเรียนหน้า 75)	1. กิจกรรมการขยายความรู้ เรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสาร (คู่มือนักเรียนหน้า 92)	1. กิจกรรมที่ 1 แบบฝึกหัดท้ายบทตอนที่ 1 และตอนที่ 2 (คู่มือนักเรียนหน้า 107-113) 2. กระดาษชาร์ตที่เขียนคำตอบจากกิจกรรม “เหมือนอย่างไร ต่างตรงไหน”

ตารางแสดงกิจกรรมและสื่อประกอบหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมี

กระบวนการเรียนรู้	หน่วยการเรียนรู้ที่ 1	หน่วยการเรียนรู้ที่ 2		หน่วยการเรียนรู้ที่ 3			หน่วยการเรียนรู้ที่ 4
	แผนการจัดการเรียนรู้ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ 2	แผนการจัดการเรียนรู้ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ 2	แผนการจัดการเรียนรู้ 3	แผนการจัดการเรียนรู้ 1
5. ขั้นประเมินที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้	1.แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 1-4 2.สมุดบันทึกการเรียนรู้ของฉัน ตอนที่ 1 (คู่มือนักเรียนหน้า 15) 3.แบบประเมินการพัฒนาแนวคิดต่อเนื่อง 4.แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	1. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 2-4 2. สมุดบันทึกการเรียนรู้ของฉัน ตอนที่ 2 (คู่มือนักเรียนหน้า 30) **3.** แบบประเมินการพัฒนาแนวคิดต่อเนื่อง	1.แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 3-4 2.สมุดบันทึกการเรียนรู้ของฉัน ตอนที่ 3 (คู่มือนักเรียนหน้า 46) 3.แบบประเมินการพัฒนาแนวคิดต่อเนื่อง **4.**แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	1.แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 4-4 2.สมุดบันทึกการเรียนรู้ของฉัน ตอนที่ 4 (คู่มือนักเรียนหน้า 66) 3. แบบประเมินการพัฒนาแนวคิดต่อเนื่อง	1. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 5-4 2. สมุดบันทึกการเรียนรู้ของฉัน ตอนที่ 5 (คู่มือนักเรียนหน้า 80) 3 แบบประเมินการพัฒนาแนวคิดต่อเนื่อง 4 แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	1. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 6-4 2. สมุดบันทึกการเรียนรู้ของฉัน ตอนที่ 6 (คู่มือนักเรียนหน้า 100) 3. แบบประเมินการพัฒนาแนวคิดต่อเนื่อง	1. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 7-4 2. สมุดบันทึกการเรียนรู้ของฉัน ตอนที่ 7 (คู่มือนักเรียนหน้า 114) 3. แบบประเมินการพัฒนาแนวคิดต่อเนื่อง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1: แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (เคมี) **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร **เวลา 3 คาบ**

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของคำว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร พันธะเคมี ไอออนบวกและไอออนลบได้
2. บอกความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอมและแนวโน้มการเกิดไอออนของธาตุในขณะเกิดสารประกอบได้
3. อธิบายการเกิดไอออนบวกและไอออนลบของธาตุด้วยกฎออกเตตได้
4. อธิบายความแตกต่างระหว่างไอออนและอะตอมของธาตุได้
5. ตั้งสมมติฐานกำหนดตัวแปร ทำการทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง และสรุปผลจากการทดลองได้
6. เขียนแสดงการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องได้

สาระสำคัญ

1. อนุภาคขนาดเล็กของสารจะพบในรูปของ ไอออน อะตอม หรือโมเลกุล ซึ่งอนุภาคเหล่านี้จะอยู่รวมกันโดยมีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันที่เป็นพันธะเคมีซึ่งธาตุหรือสารประกอบที่เกิดพันธะเคมีต่อกันนั้น ยังสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ตามลักษณะของพันธะเคมีที่ยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสารเหล่านั้น คือ 1. สารที่ตัวมันเองเมื่ออยู่ในสถานะของแข็งไม่นำไฟฟ้า แต่เมื่อทำให้อยู่ในรูปสารละลายแล้วสามารถนำไฟฟ้าได้ 2. สารที่ตัวมันเองไม่นำไฟฟ้า และเมื่อละลายน้ำแล้วก็ยังไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ และ3. สารที่ตัวมันเองสามารถนำไฟฟ้า เนื่องจากมีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน ส่วนสารที่ตัวมันเองเมื่ออยู่ในสถานะของแข็งไม่นำไฟฟ้า แต่เมื่อทำให้อยู่ในรูปสารละลายแล้วสามารถนำไฟฟ้าได้ เนื่องจากเกิดการแตกตัวเป็นไอออนบวก และไอออนลบ
2. ไอออนบวกเกิดจากการที่อะตอมของธาตุสูญเสียอิเล็กตรอนไป ส่วนไอออนลบเกิดจากอะตอมของธาตุรับอิเล็กตรอนเพิ่มเข้ามาทำให้เกิดเป็นไอออนที่มีประจุบวกหรือประจุลบปรากฏเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนที่สูญเสียหรือได้รับมา ตามลำดับ ซึ่งการเกิดไอออนบวกและไอออนลบของธาตุนั้นสามารถอธิบายได้ด้วยกฎออกเตต
3. กฎออกเตต คือ กฎที่อธิบายการสูญเสีย หรือ การรับอิเล็กตรอนของธาตุโดยอะตอมของธาตุมีแนวโน้มที่จะรับหรือสูญเสียอิเล็กตรอนเพื่อให้อิเล็กตรอนวงนอกมีการจัดเรียงเช่นเดียวกับธาตุหมู่ 8

ความรู้และประสบการณ์เดิม

นักเรียนได้เรียนรู้ในบทเรียน เรื่อง อะตอมและตารางธาตุมาแล้ว ถึงสมบัติของธาตุตามหมู่และตามคาบในหัวข้อต่อไปนี้

1. ขนาดอะตอมบอกเป็นรัศมีอะตอมซึ่งมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของระยะระหว่างนิวเคลียสของอะตอมทั้งที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกันหรืออยู่ชิดกัน รัศมีอะตอมมีหลายแบบขึ้นอยู่กับชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม เช่น รัศมีโคเวเลนซ์ รัศมีแวนเดอร์วาลส์ รัศมีโลหะ เป็นต้น และขนาดอะตอมของธาตุในคาบเดียวกันมีแนวโน้มลดลงเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น ส่วนขนาดไอออนบอกเป็นค่ารัศมีไอออนซึ่งพิจารณาจากระยะระหว่างนิวเคลียสของไอออนคู่หนึ่ง ๆ ที่สร้างพันธะต่อกันในโครงผลึก เมื่ออะตอมของธาตุเกิดเป็นไอออนบวก จะมีรัศมีของไอออนบวกขนาดเล็กกว่ารัศมีอะตอมของธาตุนั้น และเมื่ออะตอมของธาตุเกิดเป็นไอออนลบจะมีรัศมีไอออนมากกว่ารัศมีอะตอมของธาตุนั้น
2. พลังงานไอออไนเซชัน เป็นพลังงานปริมาณน้อยที่สุดที่ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอมในสถานะแก๊ส พลังงานไอออไนเซชันเป็นข้อมูลที่บอกให้ทราบว่าอะตอมมีอิเล็กตรอนอยู่ในระดับพลังงานใดบ้าง และมีจำนวนอิเล็กตรอนในแต่ละระดับพลังงานเท่าใด พลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ ของธาตุในคาบเดียวกันมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น และอโลหะจะมีค่าพลังงานไอออไนเซชันสูงกว่าโลหะ
3. ค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี คือ ความสามารถของอะตอมในการดึงดูดอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันในการเกิดพันธะ ค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดระหว่างนิวเคลียสกับอิเล็กตรอนคู่ที่ใช้ร่วมกันของอะตอมคู่หนึ่ง ๆ ค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุในคาบเดียวกันมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น
4. การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอมสำหรับธาตุหมู่ A โดยจำนวนอิเล็กตรอนมากที่สุดที่มีได้ในแต่ละระดับพลังงาน มีค่าเท่ากับ $2n^2$ เมื่อ n แทนระดับพลังงาน

หน่วยการเรียนรู้ที่1: แผนการจัดการเรียนรู้ที่1 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร

จุดประสงค์การเรียนรู้	ลำดับแนวคิดต่อเนื่อง	กระบวนการเรียนรู้		สื่ออุปกรณ์	ตัวบ่งชี้	การวัดประเมินผล
		บทบาทนักเรียน	บทบาทครู			
		1. ขั้นสร้างความสนใจที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้				
- เขียนแสดงการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องได้ - อธิบายความหมายของคำว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร พันธะเคมี ไอออนบวกและไอออนลบได้	1. สารที่พบอยู่ทั่วไปทุกสถานะประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กในรูปของไอออนอะตอมหรือโมเลกุลจำนวนมากอยู่รวมกันโดยมีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันเรียกว่า พันธะเคมี	1.1 นักเรียนสะท้อนแนวคิดเดิมของตนจากคำถามใน “แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 1-1” 1.2 นักเรียนส่งคืนแบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 1-1 1.3 นักเรียนอ่านบทนำ แล้วร่วมกันใช้ความรู้และประสบการเดิมอภิปรายถึงคำตอบของตนกับเพื่อนในกลุ่ม	1.1 ครูแจก “แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 1-1” ให้นักเรียนทั้งห้องแล้วตั้งคำถามว่า“สารแต่ละชนิดมีจุดเดือด จุดหลอมเหลวแตกต่างกัน สารบางชนิดมีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูง ในขณะที่สารบางชนิดมีจุดเดือด จุดหลอมเหลวต่ำ จุดเดือด จุดหลอมเหลวของสารบ่งบอกสมบัติใดของสาร จงอธิบาย 1.2 ครูเก็บรวบรวมแบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคน 1.3 ครูให้นักเรียนเปิดคู่มือนักเรียนแล้วอ่านบทนำ จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายถึงคำตอบของตนกับเพื่อนในกลุ่ม	1. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 1-1 2. คู่มือนักเรียน หน้า 1	- นักเรียนเขียนแสดงแนวคิดเดิมของตนเองก่อนเรียนได้ - นักเรียนเขียนอธิบายความหมายของคำว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร พันธะเคมี ไอออนบวกและไอออนลบในแบบฝึกหัดเรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารและการเกิดไอออน	- ตรวจให้คะแนนแบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 1-1 - ตรวจให้คะแนนแบบฝึกหัดเรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารและการเกิดไอออน

* ดูบทบาทครูที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลระหว่างการเรียนรู้ หน้า43

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1: แผนการจัดการเรียนรู้ที่1 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ลำดับแนวคิดต่อเนื่อง	กระบวนการเรียนรู้		สื่ออุปกรณ์	ตัวบ่งชี้	การวัดประเมินผล
		บทบาทนักเรียน	บทบาทครู			
		2. ขั้นสำรวจตรวจสอบที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้				
- ตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร ทำการทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง และสรุปผลจากการทดลองได้ - เขียนแสดงการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องได้	2. ธาตุหรือสารประกอบที่เกิดพันธะเคมีต่อกันสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ตามลักษณะของพันธะเคมีที่ยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสารเหล่านั้น คือ1. สารที่ตัวมันเองเมื่ออยู่ในสถานของแข็งไม่นำไฟฟ้า แต่เมื่อทำให้อยู่ในรูปสารละลายแล้วสามารถนำไฟฟ้าได้2. สารที่ตัวมันเองไม่นำไฟฟ้าและเมื่อละลายน้ำแล้วก็ยังไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ และ	2.1 นักเรียนตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร ทำการทดลอง สังเกต ออกแบบตารางบันทึกผล บันทึกผลการทดลอง อภิปรายผลการทดลอง และตอบคำถามท้ายการทดลองที่ 1 เรื่อง การนำไฟฟ้าของสาร 2.2 นักเรียนสะท้อนแนวคิดของตนเองในแบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 1-2 **หมดเวลา 1 คาบ**	2.1 ครูกล่าวว่า “วันนี้เราจะได้ทำการทดลองวัดการนำไฟฟ้าของสาร แล้วดูว่าสารแต่ละชนิดนั้นมีความสามารถในการนำไฟฟ้าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร” 2.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายวิธีการทดลองตามการทดลองที่ 1 เรื่องการนำไฟฟ้าของสาร 2.3 ครูกล่าวว่าก่อนหมดชั่วโมงวันนี้ ครูอยากรู้แนวคิดของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการทดลองที่เพิ่งได้ทำจบไป จากนั้นครูแจกแบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ตอน 1-2	1. อุปกรณ์สำหรับการทดลองที่ 1 เรื่องการนำไฟฟ้าของสาร 2. วิธีการทำการทดลองตามคู่มือนักเรียนหน้า 2-3 3. กิจกรรมที่ 1 แบบบันทึกผลการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง 4. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ตอน 1-2	- นักเรียนตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร ทำการทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง และสรุปผลจากการทดลอง - นักเรียนเขียนแสดงแนวคิดของตนเองหลังจากได้เรียนรู้จากการทำการทดลอง	- ตรวจให้คะแนนจากแบบบันทึกผลการทดลอง และการตอบคำถามท้ายการทดลองที่ 1 - ตรวจให้คะแนนแบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 1-2

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1: แผนการจัดการเรียนรู้ที่1 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ลำดับแนวคิดต่อเนื่อง	กระบวนการเรียนรู้		สื่ออุปกรณ์	ตัวบ่งชี้	การวัดประเมินผล
		บทบาทนักเรียน	บทบาทครู			
		3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุปที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้				
- บอกความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอมและแนวโน้มการเกิดไอออนของธาตุในขณะเกิดสารประกอบได้ - อธิบายการเกิดไอออนบวกและไอออนลบของธาตุด้วยกฎออกเตตได้ - อธิบายความแตกต่างระหว่างไอออนและอะตอมของธาตุได้	(ต่อ) และ 3. สารที่ตัวมันเองสามารถนำไฟฟ้าเนื่องจากมีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน 3. สารที่ตัวมันเองเมื่ออยู่ในสถานะของแข็งไม่นำไฟฟ้า แต่เมื่อทำให้อยู่ในรูปสารละลายแล้วสามารถนำไฟฟ้าได้เนื่องจากเกิดการแตกตัวเป็นไอออนบวก และไอออนลบ	3.1 นักเรียนตระหนักถึงแนวคิดของตนเองว่าเข้าข่ายกลุ่มที่มีแนวคิดประเภทใด และแนวคิดของนักเรียนนั้นเหมือนหรือแตกต่างจากเพื่อนคนอื่น ๆ ร่วมห้องอย่างไร หรือยังมีความคลาดเคลื่อนตรงไหนบ้าง 3.2 นักเรียนอภิปรายผลการทดลองที่ได้และดูแบบบันทึกผลการทดลองตอนที่ 1 ประกอบการอภิปราย	3.1 สะท้อนกลับแนวคิดนักเรียนจากกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 1-1 และ 1-2 โดยแบ่งกระดานออกเป็น 4 ส่วน แล้วเขียนแนวคิดของนักเรียนที่จำแนกออกเป็นกลุ่ม จากแบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ทั้ง2 ตอน บนกระดานดำ ในช่องซ้ายสุด โดยเขียนแนวคิดนักเรียนที่จำแนกเป็น4 กลุ่ม ตามที่จำแนกแนวคิดนักเรียนออกเป็น 1. กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง สมบูรณ์ 2. กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ถูกต้อง แต่ยังไม่สมบูรณ์ 3. กลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน และ 4. กลุ่มที่ไม่มีแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องที่กล่าว 3.2 ครูทบทวนผลการทดลองที่นักเรียนค้นพบในคาบที่แล้ว ให้ได้ข้อสรุปว่า	1. กระดานดำ 2. ชอล์กเขียนกระดานดำ 3. กระดาษคำตอบจากกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 1-1 และ 1-2 4. แบบบันทึกผลและคำถามท้ายการทดลอง	- นักเรียนเขียนบอกความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเวเลนซ์ e ของอะตอมและแนวโน้มการเกิดไอออนของธาตุในขณะเกิดสารประกอบ - นักเรียนเขียนอธิบายการเกิดไอออนบวกและไอออนลบของธาตุ - นักเรียนเขียนอธิบายความแตกต่างระหว่างไอออนและอะตอมของธาตุ	- ตรวจให้คะแนนแบบฝึกหัดเรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารและการเกิดไอออน - ตรวจให้คะแนนแบบฝึกหัดเรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารและการเกิดไอออน - ตรวจให้คะแนนแบบฝึกหัดเรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารและการเกิดไอออน

สรุปหน่วยการเรียนรู้ที่1: แผนการจัดการเรียนรู้ที่1 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ลำดับแนวคิดต่อเนื่อง	กระบวนการเรียนรู้		สื่ออุปกรณ์	ตัวบ่งชี้	การวัดประเมินผล
		บทบาทนักเรียน	บทบาทครู			
		3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุปที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้(ต่อ)				
	4. ไอออนบวกเกิดจากการที่อะตอมของธาตุสูญเสียอิเล็กตรอนไป ส่วนไอออนลบเกิดจากอะตอมของธาตุรับอิเล็กตรอนเพิ่มเข้ามาทำให้เกิดเป็นไอออนที่มีประจุบวกหรือประจุลบปรากฏเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนที่สูญเสียหรือได้รับมาตามลำดับ		สารทั้ง 13 ชนิดสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ 1. พวกที่นำไฟฟ้าได้แก่ เส้นลวด 2. พวกที่เป็นของแข็งไม่นำไฟฟ้าแต่เมื่อละลายน้ำ แล้วนำไฟฟ้าได้ เช่นNaCl และ 3. พวกที่ไม่นำไฟฟ้าทั้งที่เป็นของแข็งและที่เป็นสารละลาย ได้แก่น้ำตาล **ครูย้ำว่า**การนำไฟฟ้าของสารในกลุ่มที่2 ไม่ได้เกิดจากน้ำ **เนื่องจากน้ำไม่นำไฟฟ้า**	5. ชุดสาธิตการพิสูจน์ว่าเกิดไอออนของสาร (คู่มือครูหน้า 41) 6. คู่มือนักเรียนหน้า 3-7 7. CD ประกอบการจัดการเรียนรู้ที่1 8. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอน 1-3		
			3.3 ครูสาธิตเพื่อพิสูจน์ว่าเมื่อสารบางชนิด (กลุ่มไอออนิก) ละลายน้ำ จะเกิดการแตกตัวเป็นไอออน			
		3.3 นักเรียนศึกษาเอกสารคู่มือนักเรียนหน้า 3-7	3.4 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร และการเกิดไอออน โดยใช้ CD ประกอบการอภิปราย			
- เขียนแสดงการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องได้		3.4 นักเรียนตอบคำถามใน “แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 1-3”	3.5 ครูดึงแนวคิดนักเรียนหลังได้เรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารโดยใช้กิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 1-3		- นักเรียนเขียนแสดงแนวคิดของตนเองหลังการเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	- ตรวจให้คะแนนแบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 1-3

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1: แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ลำดับแนวคิดต่อเนื่อง	กระบวนการเรียนรู้		สื่ออุปกรณ์	ตัวบ่งชี้	การวัดประเมินผล
		บทบาทนักเรียน	บทบาทครู			
	5. การเกิดไอออนบวกและไอออนลบของธาตุนั้นสามารถอธิบายได้ด้วยกฎออกเตต 6. กฎออกเตต คือ กฎที่อธิบายการสูญเสียหรือการรับอิเล็กตรอนของธาตุโดยอะตอมของธาตุมีแนวโน้มที่จะรับหรือสูญเสียอิเล็กตรอนเพื่อให้อิเล็กตรอนวงนอกมีการจัดเรียงเช่นเดียวกับธาตุหมู่ 8 7. เมื่อสารเกิดการละลาย อนุภาคที่เล็กที่สุดของสารไม่ได้สลายไป แต่จะเกิดเป็นอนุภาคที่เล็กที่สุดของสารนั้นที่จะรักษาสมบัติความเป็นสารนั้นไว้ได้	**3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุปที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้(ต่อ)**		9. กระดานดำและชอล์กเขียนกระดานดำ		
		3.5 นักเรียนอ่านคำตอบของตนเองจาก “แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 1-3” 3.6 นักเรียนตระหนักถึงแนวคิดของตนเองว่าเหมือนหรือแตกต่างจากเพื่อนคนอื่น ๆ อย่างไร และแนวคิดตนเองนั้นยังมีข้อบกพร่องอะไรอีก 3.7 นักเรียนส่งกระดาษคำตอบจากแบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 1-3 คืนครู	3.5 ครูตีความคำตอบของนักเรียนจากการให้นักเรียนอ่านคำตอบของตน แล้วถามหาว่ามีนักเรียนกี่คนที่ตอบในลักษณะเดียวกัน 3.6 ครูสะท้อนกลับแนวคิดนักเรียนโดยการจำแนกคำตอบออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ 4 ประเภท (ดูรายละเอียดในบทบาทครูที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลระหว่างการเรียนรู้) แล้วเขียนคำตอบนักเรียนโดยสรุปพร้อมระบุจำนวนนักเรียนที่ตอบในลักษณะเดียวกัน			
		4. ขั้นขยายความรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้				
		4.1 นักเรียนทำแบบฝึกหัดในกิจกรรมที่ 2 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารและการเกิดไอออน	4.1 ครูกล่าวว่า “หลังจากนักเรียนได้ทำการทดลอง และได้เรียนรู้เรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารและการเกิดไอออนที่จะเป็นไปตามกฎออกเตตแล้ว ให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจของตัวเอง โดยการทำกิจกรรมที่ 2	1. กิจกรรมที่ 2 (คู่มือนักเรียนหน้า 9-14)		

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1: แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ลำดับแนวคิดต่อเนื่อง	กระบวนการเรียนรู้		สื่ออุปกรณ์	ตัวบ่งชี้	การวัดประเมินผล
		บทบาทนักเรียน	บทบาทครู			
		4. ขั้นขยายความรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้				
		4.2 นักเรียนตรวจคำตอบพร้อมแก้ไขให้เพื่อนหากพบข้อผิดพลาด และอภิปรายหากคำตอบที่ได้ไม่ตรงกับที่นักเรียนคิดไว้	4.2 ครูให้นักเรียนแลกคู่มือกันแล้วตรวจคำตอบ โดยฟังครูเฉลย			
		5. ขั้นประเมินที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้				
		5.1 นักเรียนร่วมกันอภิปรายคำตอบที่จำแนกไว้บนกระดาน และร่วมกันบอกข้อบกพร่องของบางแนวคิดที่ยังไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเพิ่งได้เรียนผ่านมา 5.2 นักเรียนร่วมกับอภิปรายเพื่อแก้ไขบางแนวคิดที่เห็นว่ายังเป็นจุดอ่อนและไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ 5.3 นักเรียนติดกระดาษคำตอบของตนเองลงในสมุดบันทึกการเรียนรู้ของฉัน (คู่มือนักเรียนหน้า 15)	5.1 ครูให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาคำตอบบนกระดานคำที่จำแนกได้ 4 กลุ่มใหญ่ จากกิจกรรมการดึงความรู้แต่ละตอน แล้วให้นักเรียนพิจารณาถึงความเป็นไปได้ของคำตอบดังกล่าว 5.2 ครูคอยตรวจสอบความถูกต้องของแนวคิดนักเรียน เพื่อป้องกันการเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อน 5.3 ครูแจกกระดาษคำตอบจากกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 1-1 ถึง 1-3 คืนนักเรียน และให้นักเรียนติดกระดาษคำตอบลงในสมุดบันทึกการเรียนรู้ของฉัน			

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1: แผนการจัดการเรียนรู้ที่1 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ลำดับแนวคิดต่อเนื่อง	กระบวนการเรียนรู้		สื่ออุปกรณ์	ตัวบ่งชี้	การวัดประเมินผล
		บทบาทนักเรียน	บทบาทครู			
		5. ขั้นประเมินที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ (ต่อ)				
- เขียนแสดงการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องได้		5.4 นักเรียนอ่านคำตอบของตนเองจากกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 1-1 ถึง 1-3 แล้วสะท้อนแนวคิดของตนเองถึงสิ่งที่ตนเองอยากจะกลับไปแก้ไขในกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 1-4 5.5 นักเรียนฟังเพื่อนอ่านสิ่งที่เพื่อนได้เรียนรู้ แล้วเปรียบเทียบกับตนเองว่าตนเองนั้นได้เรียนรู้สิ่งใดไป และมีแนวคิดใดที่อยากจะเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขหรือไม่ 5.6 นักเรียนตระหนักถึงแนวคิดของตนเองที่เปลี่ยนไป และประเมินการเรียนรู้ของตนเอง จากการเปรียบเทียบแนวคิดของตนเองในการตอบคำถามในกิจกรรมการดึงความรู้ แต่ละตอนว่ามีการพัฒนาไปอย่างไร เพราะเหตุใด และนักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง	5.4 ครูดึงแนวคิดนักเรียนหลังจากได้ผ่านกระบวนการเรียนรู้แล้ว โดยใช้กิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 1-4 5.5 ครูตีความแนวคิดนักเรียนว่าได้เรียนรู้อะไรไปโดยสุ่มนักเรียน 4-5 คน ยืนและอ่านคำตอบของตนเองจากกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 1-4 ให้เพื่อนในห้องฟัง 5.6 ครูสะท้อนกลับแนวคิดนักเรียนโดยยกตัวอย่างนักเรียนที่เคยมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (อาจมีปรากฏบนกระดานจากกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 1-1 ถึง 1-3) และหลังจากได้ผ่านกระบวนการเรียนรู้แล้วเปลี่ยนแนวคิดจากแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์	1. กระดานดำและชอลก์เขียนกระดานดำ 2. สมุดบันทึกการเรียนรู้ของฉัน ตอนที่ 1 (คู่มือนักเรียนหน้า 15) 3. กาวน้ำ 4. แบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 1-4	- นักเรียนเขียนแสดงแนวคิดของตนเองเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการเรียนรู้	- ตรวจให้คะแนนแบบบันทึกกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 1-4
		---------- **หมดเวลา 2 คาบ** ----------				

การทดลองที่ 1 เรื่อง การนำไฟฟ้าของสาร

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการนำไฟฟ้าและจำแนกสารจากการนำไฟฟ้าทั้ง13 ชนิด

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาการนำไฟฟ้าของสารชนิดเดียวกัน เมื่ออยู่ในสถานะของแข็งและเมื่ออยู่ในรูปสารละลาย
2. จำแนกสารออกเป็นหมวดหมู่ ตามคุณสมบัติการนำไฟฟ้าของสารที่สถานะต่าง ๆ
3. อธิบายสมบัติของสารที่สามารถนำไฟฟ้าได้เมื่ออยู่ในรูปของสารละลาย

เวลาที่ใช้

อภิปรายก่อนการทดลอง	10	นาที
ทำการทดลอง	20	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	10	นาที

อุปกรณ์ (ต่อกลุ่ม)

1. บีกเกอร์ขนาด 50 cm^3 จำนวน 11 ใบ
2. แท่งแก้ว
3. เครื่องชั่ง
4. ลวดทองแดง (Cu) ยาว 2 cm 1 เส้น
5. ลวดเหล็ก (Fe) ยาว 2 cm 1 เส้น
6. กระดาษทรายชนิดละเอียด 1 แผ่น
7. กระบอกตวง
8. ชุดวัดการนำไฟฟ้า (แอมมิเตอร์)

สารเคมี

1. โพแทสเซียมซัลเฟต [K_2SO_4]
2. แอมโมเนียมคลอไรด์ [NH_4Cl]
3. โซเดียมคลอไรด์ [NaCl]
4. น้ำตาลซูโครส [$C_{12}H_{22}O_{11}$]
5. แคลเซียมไฮดรอกไซด์ [$Ca(OH)_2$]
6. โซเดียมซัลเฟต [Na_2SO_4]
7. โพแทสเซียมคลอไรด์ [KCl]
8. โซเดียมคาร์บอเนต [Na_2CO_3]
9. เลด (II) ไนเตรต [$Pb(NO_3)_2$]
10. น้ำ [H_2O]
11. เอทิลแอลกอฮอล์ 95% [C_2H_5OH]

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 วัดการนำไฟฟ้าของน้ำ (H_2O)

1. ตวงน้ำกลั่น 25 cm^3 ใส่บีกเกอร์ขนาด 50 cm^3
2. ต่อขั้วทั้งสองของชุดวัดการนำไฟฟ้าเข้ากับน้ำในบีกเกอร์ สังเกตและบันทึกผลการทดลอง

ตอนที่ 2 วัดการนำไฟฟ้าของสารในสถานะของแข็ง

1. ชั่งโพแทสเซียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำมา 1 g ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 cm^3
2. ต่อขั้วทั้งสองของชุดวัดการนำไฟฟ้าเข้ากับสารในบีกเกอร์ สังเกตและบันทึกผลการทดลอง
3. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ1-2 แต่ใช้สารเคมีหมายเลข 2 - 9 แทนโพแทสเซียมซัลเฟต
4. ใช้กระดาษทรายขัดลวดทองแดง (Cu) ให้คราบที่เกาะที่เส้นลวดออก แล้ววัดการนำไฟฟ้า สังเกตและบันทึกผลการทดลอง
5. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ4 แต่เปลี่ยนเป็นเส้นลวด (Fe) สังเกตและบันทึกผลการทดลอง

ตอนที่ 3 วัดการนำไฟฟ้าของสารในรูปสารละลาย

1. ชั่งโพแทสเซียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำมา 1 g ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 cm^3
2. ใส่น้ำกลั่นลงในบีกเกอร์ที่บรรจุโพแทสเซียมซัลเฟต 25 cm^3 ใช้แท่งแก้วคนให้ละลาย
3. ต่อชุดวัดการนำไฟฟ้าเข้ากับสารละลายในบีกเกอร์ สังเกตและบันทึกผลการทดลอง
4. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ1-3 แต่ใช้สารเคมีหมายเลข 2 - 9 แทนโพแทสเซียมซัลเฟต

การทดลองที่ 1 เรื่อง การนำไฟฟ้าของสาร

การเตรียมล่วงหน้า

1. เส้นลวด (Fe) ควรใช้ขนาดเดียวกับเส้นลวดทองแดง (Cu) จากนั้นตัดให้ลวดยาว 2 cm จำนวน 5-10 เส้น

การอภิปรายก่อนการทดลอง

ครูอภิปรายว่าการจำแนกสารมีหลายประเภท อาจใช้เกณฑ์ในการจำแนกที่แตกต่างกัน เช่น สถานะที่อุณหภูมิห้อง การนำไฟฟ้า การนำความร้อน การหักเหแสง การละลายในตัวทำละลายบางชนิด แต่การทดลองครั้งนี้จะใช้การนำไฟฟ้าเป็นเกณฑ์ จากความรู้เดิมของนักเรียน นักเรียนรู้มาว่าสารที่แบ่งตามการนำไฟฟ้านั้น สามารถจำแนกเป็นพวกที่นำไฟฟ้า ไม่นำไฟฟ้า และพวกกึ่งนำไฟฟ้า เป็นต้น แต่การทดลองครั้งนี้ให้นักเรียนมุ่งความสนใจไปที่**การนำหรือไม่นำไฟฟ้าของสารเมื่อสารชนิดเดียวกันแต่มีสถานะแตกต่างกัน** และให้นักเรียนคิดถึงเหตุผลของการนำหรือไม่นำไฟฟ้าของสารบางชนิด ที่เมื่อเป็นของแข็งไม่นำไฟฟ้า แต่เมื่อละลายน้ำแล้ววัดการนำไฟฟ้าได้ แต่สารบางชนิดไม่ว่าจะอยู่ในสถานของแข็งหรือสารละลายก็ไม่นำไฟฟ้า

การอภิปรายหลังการทดลอง

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายให้ได้ข้อสรุปว่าสารทั้ง 13 ชนิดนี้หลังจากวัดการนำไฟฟ้า สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

การอภิปรายหลังการทดลอง (ต่อ)

พวกที่สามารถนำไฟฟ้าได้ดี คือ เส้นลวด และลวดทองแดง พวกที่ 2 คือ พวกที่เป็นของแข็งวัดการนำไฟฟ้าไม่ได้ แต่ถ้าทำให้ละลายน้ำสามารถนำไฟฟ้าได้ คือ โพแทสเซียมซัลเฟต แอมโมเนียมคลอไรด์ โซเดียมคลอไรด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมซัลเฟต โพแทสเซียมคลอไรด์ โซเดียมคาร์บอเนต เลด(II) ไนเตรต และพวกที่ 3 คือ พวกที่ไม่นำไฟฟ้าทั้งที่เป็นของแข็งและเป็นสารละลาย (ซูโครส) และสารที่ไม่นำไฟฟ้า เช่น น้ำและเอทิลแอลกอฮอล์

การนำไฟฟ้าของสารละลายกลุ่มไอออนิกนั้นมิได้เกิดจากการมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง เนื่องจากเมื่อวัดการนำไฟฟ้าของน้ำ พบว่าน้ำนำไฟฟ้าได้น้อยมากจนถือว่าไม่นำไฟฟ้า ดังนั้นการนำไฟฟ้าของสารละลายไอออนิกเกิดจากการแตกตัวเป็นไอออนของสารประกอบไอออนิก และไอออนเคลื่อนที่ได้ในสารละลาย จึงเกิดการนำไฟฟ้าขึ้น

ตัวอย่างผลการทดลอง

สาร	การนำไฟฟ้า
NaCl (ของแข็ง)	ไม่นำ
NaCl (สารละลาย)	นำ
$C_{12}H_{22}O_{11}$ (ของแข็ง)	ไม่นำ
$C_{12}H_{22}O_{11}$ (สารละลาย)	ไม่นำ
น้ำกลั่น	ไม่นำ

คำอธิบายการสาธิตเพื่อพิสูจน์ว่าเมื่อสารบางชนิด(กลุ่มไอออนิก) ละลายน้ำ จะเกิดการแตกตัวเป็นไอออน

อุปกรณ์

1. แบตเตอร์รี ขนาด 3 โวลต์ 1 ก้อน
2. บีกเกอร์ขนาด 500 mL
3. ขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว
4. สายไฟสำหรับต่อวงจรไฟฟ้า 2 เส้น

สารเคมี

1. $KMnO_4$
2. น้ำกลั่น

การสาธิต



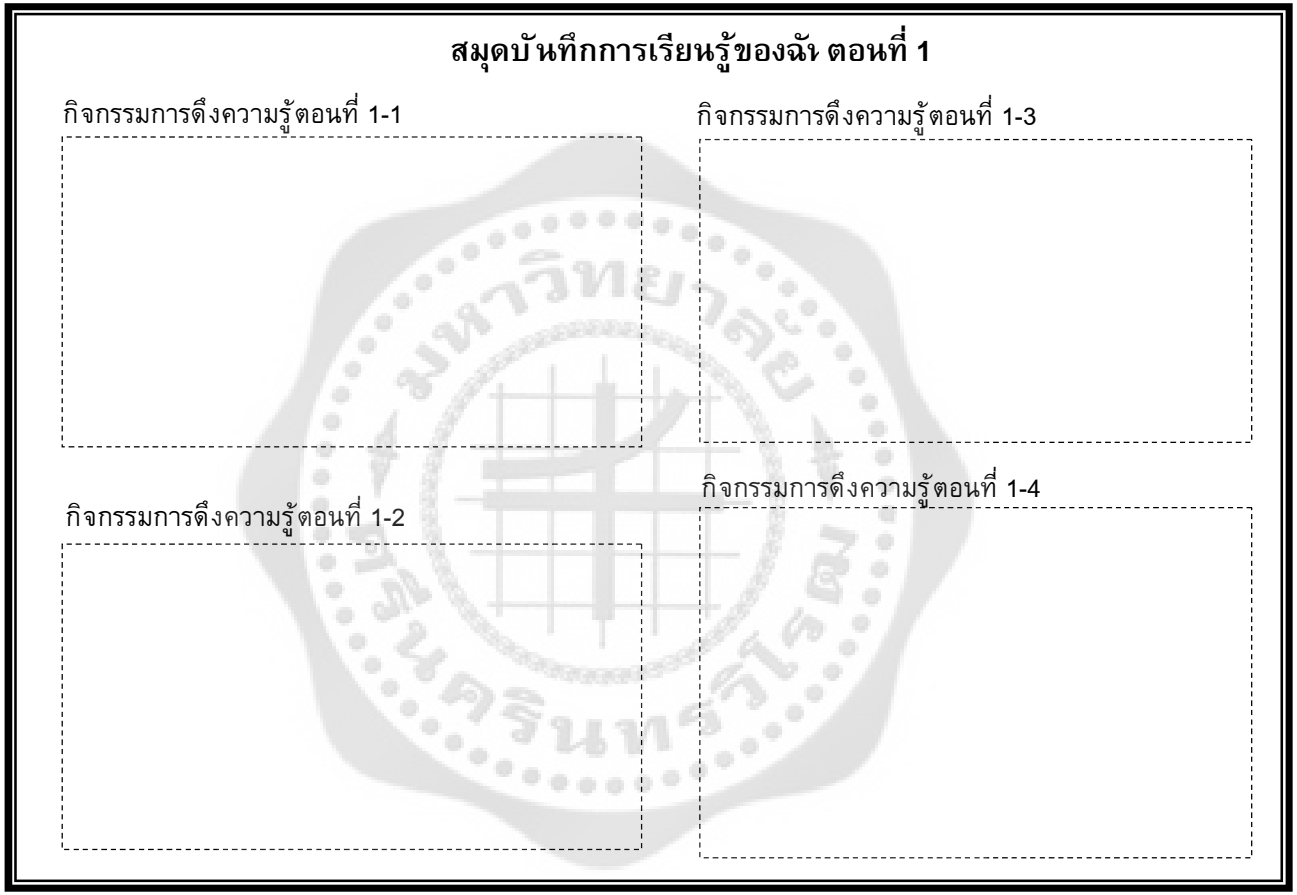
1. ใส่น้ำกลั่นลงในบีกเกอร์ขนาด 500 mL ประมาณครึ่งบีกเกอร์
2. ต่อวงจรไฟฟ้าให้เป็นดังรูป
3. ใส่เกล็ดด่างทับทิม($KMnO_4$) ลงในบีกเกอร์ที่ต่อวงจรไฟฟ้าเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

การอภิปรายหลังการสาธิต



เมื่อนำ $KMnO_4$ ไปละลายน้ำ สารจะแตกตัวให้ไอออนบวก และไอออนลบ ไอออนบวกจะวิ่งเข้าหาขั้วลบ ส่วนไอออนลบจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วบวก ดังรูป สิ่งที่นักเรียนจะสังเกตเห็นคือ สีม่วงของ MnO_4^- จะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วบวก เป็นการพิสูจน์ได้ว่าเมื่อสารประกอบไอออนิกละลายในน้ำ จะเกิดการแตกตัวเป็นไอออน และสสารไม่ได้สูญหายไปไหน ทั้งนี้ครูต้องเน้นนักเรียนว่าโลหะหมู่ 1 และ 2 ไม่ทำให้สารประกอบเกิดสี แต่การเห็นโพแทสเซียมเปอร์มังกาเนตเป็นสีม่วงนั้น เกิดจาก ธาตุแทรนซิชัน(Mn) ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้ในบทเรียนต่อไป ๆ เกี่ยวกับสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ

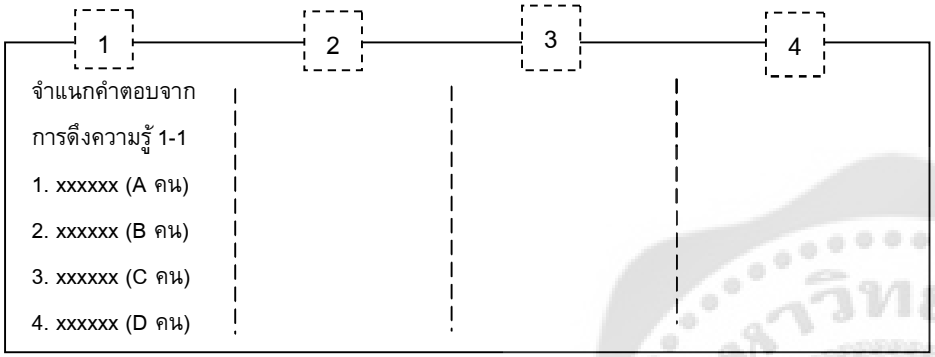
ตัวอย่างการติดคำตอบจากแบบบันทึกจากกิจกรรมการดึงความรู้ ลงในสมุดบันทึกการเรียนรู้ของฉัน



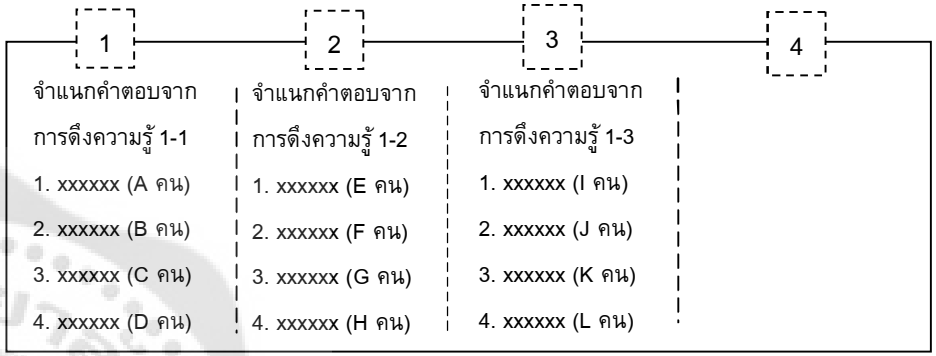
ตารางสรุปบทบาทของครูที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลระหว่างการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้

บทบาทครูที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลระหว่างการเรียนรู้	
1. ขั้นสร้างความสนใจที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้	**3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุปที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้**
การดึงความรู้ (Elicitation): นักเรียนสะท้อนแนวคิดเดิมของตนเองเกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคในแบบบันทึกการดึงความรู้ ตอนที่ 1-1 **การตีความ (Interpretation)**: ครูจำแนกแนวคิดของนักเรียน โดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นบรรทัดฐาน เป็น 4 แบบคือ 1. ลักษณะคำตอบที่สมบูรณ์มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง 2. คำตอบที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์ 3. คำตอบมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน และ 4. คำตอบที่แสดงว่านักเรียนไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ **การลงมือปฏิบัติ (Action)**: ครูสะท้อนกลับโดยให้นักเรียนเห็นว่าตนเองมีความเชื่อแบบใด โดยเขียนบนกระดานดำ พร้อมระบุจำนวนนักเรียนที่ตอบแต่ละคำตอบ แล้วให้นักเรียนอภิปรายพร้อมแสดงเหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบของตนเอง	**การดึงความรู้ (Elicitation)**: นักเรียนสะท้อนแนวคิดตนเองในแบบบันทึกการดึงความรู้ ตอนที่ 1-3 **การตีความ (Interpretation)**: ครูจำแนกแนวคิดของนักเรียน โดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นบรรทัดฐาน เป็น 4 แบบคือ 1. ลักษณะคำตอบที่สมบูรณ์มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง 2. คำตอบที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์ 3. คำตอบมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและ 4. คำตอบที่แสดงว่านักเรียนไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ **การลงมือปฏิบัติ (Action)**: ครูสะท้อนกลับโดยให้นักเรียนเห็นว่าตนเองมีความเชื่อแบบใด โดยเขียนบนกระดานดำ พร้อมระบุจำนวนนักเรียนที่ตอบแต่ละคำตอบ แล้วให้นักเรียนอภิปรายพร้อมแสดงเหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบของตนเอง
2. ขั้นสำรวจตรวจสอบที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้	**4. ขั้นประเมินที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้**
การดึงความรู้ (Elicitation): นักเรียนสะท้อนแนวคิดตนเองในแบบบันทึกการดึงความรู้ ตอนที่ 1-2 คำถามจะให้นักเรียนบอกความเชื่อมโยงระหว่างผลการทดลองที่เกิดขึ้น กับแนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าได้ของนักเรียน ว่าการนำไฟฟ้าได้หรือไม่ได้นั้น ขึ้นอยู่กับสาเหตุใด **การตีความ (Interpretation)**: ครูจำแนกแนวคิดของนักเรียน โดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นบรรทัดฐาน เป็น 4 แบบคือ 1. ลักษณะคำตอบที่สมบูรณ์มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง 2. คำตอบที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์ 3. คำตอบมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและ 4. คำตอบที่แสดงว่านักเรียนไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ **การลงมือปฏิบัติ (Action)**: ครูสรุปแนวคิดนักเรียนที่จำแนกได้ พร้อมเขียนคำตอบ และจำนวนนักเรียนที่ตอบแบบเดียวกันบนกระดานดำ ส่วนที่ 2 พึงระลึกว่าครูไม่ควรชี้ว่าแนวคิดใดถูก หรือผิดเพื่อให้นักเรียนตระหนักถึงแนวคิดแบบต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบกับแนวคิดตนเอง	**การดึงความรู้ (Elicitation)**: นักเรียนสะท้อนสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้ในแบบบันทึกการดึงความรู้ ตอนที่ 1-4 พร้อมทั้งกลับไปแก้ไข ส่วนที่คิดว่าตนเองผิดแล้วอยากแก้ไขตามความเข้าใจให้ถูกต้อง **การตีความ (Interpretation)**: ครูจำแนกนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่พบที่ผิดแต่ก็ไม่ไปแก้ไข และนักเรียนที่พบที่ผิดและกลับไปแก้ไข **การลงมือปฏิบัติ (Action):** ครูสะท้อนบนกระดานดำ ถึงกระบวนการเรียนที่ผ่านมานั้น นักเรียนเริ่มต้นเข้าห้องเรียนมาด้วยความเชื่อแบบใด และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการเรียนรู้ นักเรียน นักเรียนมีแนวคิดเปลี่ยนไปอย่างไร สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นหรือไม่ แต่หากนักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดไปในทางที่ก่อให้เกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อน หรือมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่ถูกต้อง ครูควรชี้ให้เห็นถึงจุดบกพร่องของนักเรียนคนนั้น

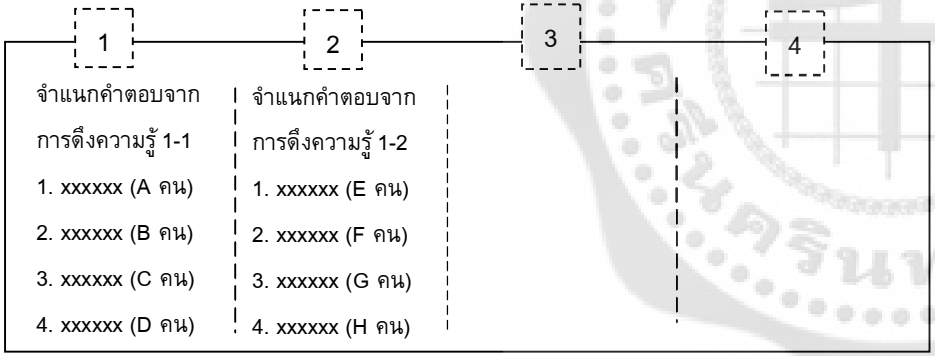
ตัวอย่างการตีความและการสะท้อนกลับแนวคิดของนักเรียนจากกิจกรรมการดึงความรู้



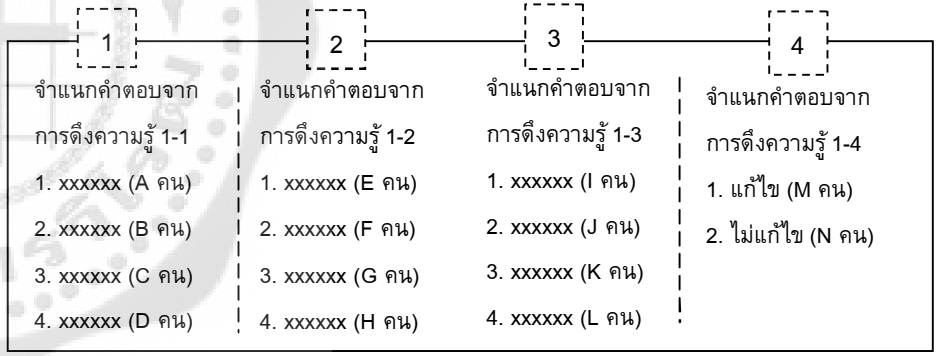
การสะท้อนกลับแนวคิดของนักเรียนจากกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่1-1



การสะท้อนกลับแนวคิดของนักเรียนจากกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 1-3



การสะท้อนกลับแนวคิดของนักเรียนจากกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่1-2



การสะท้อนกลับแนวคิดของนักเรียนจากกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่1-4

หมายเหตุ จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดทั้ง **4** กลุ่ม จาก 4 กิจกรรม ไม่จำเป็นต้องมีจำนวนเท่ากัน แต่ครูควรคาดหวังว่าจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่**ถูก**ต้องสมบูรณ์จากกิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่1 จนถึง ตอนที่ 4 ควรมีแนวโน้ม**เพิ่มขึ้น** ในขณะเดียวกัน จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน และจำนวนนักเรียนที่ไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ควรมี**แนวโน้มลดลง**

ตารางสรุปเวลาที่ใช้ในกระบวนการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้

การจัดการเรียนรู้นี้ใช้วัฏจักรการเรียนรู้ ที่ประกอบด้วย 5 ขั้น คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจตรวจสอบ ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมิน โดยแต่ละขั้นของวัฏจักรการเรียนรู้นั้นได้สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ (Elicitation Strategy) เข้าไปทุกขั้น ดังแสดงในตารางแสดงเวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการเรียนรู้

คาบ	กระบวนการเรียนรู้	เวลา (นาที)	กิจกรรมการดึงความรู้	เวลา (นาที)
1	ขั้นสร้างความสนใจ	5	การดึงความรู้	5
1	ขั้นสำรวจตรวจสอบ	35	การดึงความรู้	5
2	ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	45	การดึงความรู้	5
3	ขั้นขยายความรู้	30	-	-
3	ขั้นประเมิน	10	การดึงความรู้	5

สื่อประกอบการจัดการเรียนการสอนหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 (แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค)

กิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่1-1

สารแต่ละชนิดมีจุดเดือด จุดหลอมเหลวแตกต่างกัน สารบางชนิดมีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูง ในขณะที่สารบางชนิดมีจุดเดือดจุดหลอมเหลวต่ำ จุดเดือด จุดหลอมเหลวของสารบ่งบอกสมบัติใดของสาร จงอธิบาย

กิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่1-2

จากการทดลองที่ 1 สารกลุ่มที่เมื่ออยู่ในสถานะของแข็งไม่นำไฟฟ้า แต่เมื่อละลายในน้ำสามารถวัดการนำไฟฟ้าได้ นักเรียนคิดว่าการนำไฟฟ้าของสารกลุ่มนี้เกิดจากสาเหตุใด จงอธิบาย

กิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่1-3

ถ้ามีผู้กล่าวว่า “เมื่อนำ NaCl มาละลายในน้ำ สภาพความเป็นสารนั้นจะหมดไป เนื่องจากไอออนของสารถูกละลายไปหมดแล้ว” นักเรียนคิดว่าคำกล่าวนี้ ถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด จงอธิบาย พร้อมวาดรูปประกอบ

กิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่1-4

ให้นักเรียนกลับไปอ่านคำตอบของกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่1-1 ถึง 1-3 อีกครั้ง มีคำตอบจากกิจกรรมการดึงความรู้ตอนใด ที่นักเรียนต้องการแก้ไขหรือไม่ (จงกาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียน)

☐ มี ☐ ไม่มี

เนื่องจาก

😐 ฉันเคยเชื่อว่า

.....

.....

.....

😊 ตอนนี้ฉันเชื่อว่า

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน			
	3 ดีเยี่ยม	**2 ดี**	**1 พอใช้**	**0 ต้องปรับปรุง**
1. การตั้งสมมติฐาน	ตั้งสมมติฐานถูกต้อง สอดคล้องกับตัวแปรต้นและตัวแปรตามที่จะทำการศึกษา	ตั้งสมมติฐานถูกต้อง แต่ยังไม่สอดคล้องกับตัวแปรต้นหรือตัวแปรตามบางตัวที่จะทำการศึกษา	ตั้งสมมติฐานไม่ถูกต้อง และยังไม่สอดคล้องกับตัวแปรต้นและตัวแปรตามที่จะทำการศึกษา	ไม่มีการตั้งสมมติฐานก่อนทำการทดลอง
2. การกำหนดและควบคุมตัวแปร	ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมถูกต้องทั้ง3 ตัวแปร	ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม หรือตัวแปรควบคุมถูกต้องเพียง2 ตัวแปร	ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม หรือตัวแปรควบคุมถูกต้องเพียง1 ตัวแปร	ไม่มีการระบุตัวแปร หรือระบุแต่ผิดทุกตัวแปร
3. การทำการทดลอง	ทำการทดลองตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้อย่างถูกต้องคล่องแคล่ว เสร็จทันเวลาที่กำหนด	ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้โดยครูเป็นผู้แนะนำในบางส่วน เสร็จทันเวลาที่กำหนด	ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้หรือดำเนินการข้ามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ครูชี้แนะในหลายส่วน อาจเสร็จทันหรือไม่ทันเวลาที่กำหนด	ไม่ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้ หรือดำเนินการข้ามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ครูชี้แนะเกือบทุกส่วน และเสร็จไม่ทันเวลาที่กำหนด
4. การรวบรวมข้อมูล	มีการค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลอื่นตรงและสอดคล้องในการสนับสนุนหรือหักล้างกับข้อมูลที่ได้จากการทดลองครบทุกด้าน	มีการค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลอื่น ตรงแต่อาจยังไม่ค่อยสอดคล้องกับการสนับสนุนหรือหักล้างกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง	มีการค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลอื่น แต่ไม่ตรงและไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง	ไม่มีการค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลอื่นเพื่อสนับสนุนหรือหักล้างข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
5. การจัดกระทำข้อมูลและการนำเสนอข้อมูล	จัดกระทำข้อมูลอย่างเป็นระบบและนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ อย่างชัดเจน ถูกต้อง	จัดกระทำข้อมูลอย่างเป็นระบบ นำเสนอด้วยแบบต่าง ๆ แต่ยังไม่ถูกต้องบางส่วน	มีการจัดกระทำข้อมูลแต่ไม่เป็นระบบ มีการนำเสนอแต่ไม่สื่อความหมายหรือไม่ชัดเจน ยังมีส่วนไม่ถูกต้องอยู่มาก	ไม่มีการจัดกระทำข้อมูล และมีการนำเสนอไม่สื่อความหมาย ไม่ชัดเจนและไม่ถูกต้อง
6. การสรุปผลการทดลอง	สรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง กระชับ ชัดเจน และครอบคลุมข้อมูลจากการวิเคราะห์ทั้งหมด	สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง กระชับ ชัดเจน แต่ยังไม่ครอบคลุมข้อมูลจากการวิเคราะห์ทั้งหมด	สรุปผลการทดลองบางจุดประสงค์ยังไม่ถูกต้องตรงประเด็น และไม่ครอบคลุมข้อมูลจากการวิเคราะห์ทั้งหมด	สรุปผลการทดลองจากความคิดเห็น ไม่ได้ใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการทดลอง

เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินการพัฒนาแนวคิดต่อเนื่อง

ช่วงเวลาการสะท้อนแนวคิด	ระดับคะแนน			
	3 ดีเยี่ยม	2 ดี	1 พอใช้	0 ต้องปรับปรุง
1.การสะท้อนแนวคิดที่เป็นความเชื่อหรือประสบการณ์เดิมก่อนกระบวนการเรียนรู้ (กิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 1-1)	นักเรียนสะท้อนแนวคิดของตนเองที่เป็นความรู้หรือประสบการณ์เดิมอย่างชัดเจน ครบถ้วน และตรงกับที่โจทย์ถาม	นักเรียนสะท้อนแนวคิดของตนเองที่เป็นความรู้หรือประสบการณ์เดิมอย่างชัดเจน และตรงกับที่โจทย์ถาม แต่ไม่ครบถ้วน	นักเรียนสะท้อนแนวคิดของตนเองที่เป็นความรู้หรือประสบการณ์เดิมอย่างชัดเจน ครบหรือไม่ครบ แต่ไม่ตรงกับที่โจทย์ถาม	นักเรียนไม่ตอบ หรือตอบว่า “ไม่รู้” “จำไม่ได้” “ไม่แน่ใจ” หรือประโยคอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับโจทย์ถาม
2.การสะท้อนแนวคิดระหว่างกระบวนการเรียนรู้ (กิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 1-2)	นักเรียนสะท้อนแนวคิดของตนเองที่เป็นความรู้หรือประสบการณ์เดิมอย่างชัดเจน ครบถ้วน และตรงกับที่โจทย์ถาม	นักเรียนสะท้อนแนวคิดของตนเองที่เป็นความรู้หรือประสบการณ์เดิมอย่างชัดเจน และตรงกับที่โจทย์ถาม แต่ไม่ครบถ้วน	นักเรียนสะท้อนแนวคิดของตนเองที่เป็นความรู้หรือประสบการณ์เดิมอย่างชัดเจน ครบหรือไม่ครบ แต่ไม่ตรงกับที่โจทย์ถาม	นักเรียนไม่ตอบ หรือตอบว่า “ไม่รู้” “จำไม่ได้” “ไม่แน่ใจ” หรือประโยคอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับโจทย์ถาม
3.การสะท้อนแนวคิดหลังการเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (กิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 1-3)	นักเรียนสะท้อนแนวคิดของตนเองที่เป็นความรู้หรือประสบการณ์เดิมอย่างชัดเจน ครบถ้วน และตรงกับที่โจทย์ถาม	นักเรียนสะท้อนแนวคิดของตนเองที่เป็นความรู้หรือประสบการณ์เดิมอย่างชัดเจน และตรงกับที่โจทย์ถาม แต่ไม่ครบถ้วน	นักเรียนสะท้อนแนวคิดของตนเองที่เป็นความรู้หรือประสบการณ์เดิมอย่างชัดเจน ครบหรือไม่ครบ แต่ไม่ตรงกับที่โจทย์ถาม	นักเรียนไม่ตอบ หรือตอบว่า “ไม่รู้” “จำไม่ได้” “ไม่แน่ใจ” หรือประโยคอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับโจทย์ถาม
4.การสะท้อนแนวคิดเมื่อสิ้นสุดกระบวนการเรียนรู้ (กิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 1-4)	นักเรียนมีการกลับไปแก้ไขแนวคิดที่ยังคลาดเคลื่อนหรือไม่ถูกต้อง พร้อมทั้งระบุอย่างชัดเจนว่าตนเองเคยมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือไม่สมบูรณ์อย่างไร และระบุสิ่งที่ได้เรียนรู้ใหม่ซึ่งเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น	นักเรียนมีการกลับไปแก้ไขแนวคิดที่ยังคลาดเคลื่อนหรือไม่ถูกต้อง พร้อมทั้งระบุอย่างชัดเจนว่าตนเองเคยมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือไม่สมบูรณ์อย่างไร และระบุสิ่งที่ได้เรียนรู้ใหม่แต่ยังเป็นแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือไม่สมบูรณ์	นักเรียนไม่มีการกลับไปแก้ไขแนวคิดที่ยังคลาดเคลื่อนหรือไม่ถูกต้องแม้จะพบที่ผิดอยู่ระบุคลุมเคลือว่าตนเองเคยมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือไม่สมบูรณ์อย่างไร และระบุสิ่งที่ได้เรียนรู้ใหม่ซึ่งอาจเป็นแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือไม่สมบูรณ์/เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์	นักเรียนไม่มีการกลับไปแก้ไขแนวคิดที่ยังคลาดเคลื่อนหรือไม่ถูกต้องแม้จะพบที่ผิดอยู่อาจระบุหรือไม่ระบุว่าตนเองเคยมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือไม่สมบูรณ์อย่างไร และไม่ระบุสิ่งที่ได้เรียนรู้ใหม่

เฉลยแบบฝึกหัด

กิจกรรมที่ 2

แบบฝึกหัดเรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารและการเกิดไอออน

1. จงบอกความหมายของคำว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร

แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมหรือไอออนของธาตุ แบ่งเป็น3 ประเภทคือ พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนซ์ และพันธะโลหะ และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสาร แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แรงแวนเดอร์วาลส์ (แรงลอนดอนและแรงดึงดูดระหว่างขั้ว) และพันธะไฮโดรเจน

2. จงบอกความหมายของคำว่าไอออนบวก และยกตัวอย่างอะตอมของธาตุ 3 อะตอมที่มีแนวโน้มจะเกิดเป็นไอออนบวก พร้อมทั้งให้เหตุผล

- ไอออนบวก หมายถึง อะตอมของธาตุที่ไม่เป็นกลางทางไฟฟ้า โดยมีจำนวนไอออนบวก (จำนวนโปรตอน) มากกว่าไอออนลบ (จำนวน e^-)
- ตัวอย่างธาตุที่มีแนวโน้มจะเกิดเป็นไอออนบวก คือ ธาตุหมู่ 1, 2, หรือ 3 เนื่องจากธาตุดังกล่าวมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่ำ จึงสูญเสียอิเล็กตรอนได้ง่าย

3. จงบอกความหมายของคำว่าไอออนลบ และตัวอย่างอะตอมของธาตุ3 อะตอมที่มีแนวโน้มจะเกิดเป็นไอออนลบ พร้อมทั้งให้เหตุผล

- ไอออนลบ หมายถึง อะตอมของธาตุที่ไม่เป็นกลางทางไฟฟ้า โดยมีจำนวนไอออนลบ (จำนวนอิเล็กตรอน) มากกว่าไอออนบวก (จำนวนโปรตอน)
- ตัวอย่างธาตุที่มีแนวโน้มจะเกิดเป็นไอออนลบ คือ ธาตุหมู่5, 6, หรือ 7 เนื่องจากธาตุดังกล่าวมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูง จึงรับอิเล็กตรอนจากธาตุอื่นได้ง่าย

4. จงบอกเหตุผลถึงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอมและแนวโน้มการเกิดไอออนของธาตุในขณะเกิดสารประกอบ

- ไอออนบวกเกิดจาก อะตอมของธาตุที่สูญเสียอิเล็กตรอน ธาตุหมู่1, 2, และ 3 จะสูญเสียอิเล็กตรอนวงนอก(เวเลนซ์อิเล็กตรอน) ไปเท่ากับ 1, 2, และ 3 ตามลำดับ เพื่อให้มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเช่นเดียวกับธาตุหมู่8 ดังนั้นธาตุหมู่ 1, 2, และ 3 จึงมีแนวโน้มที่จะเกิดเป็นไอออน+1, +2, และ +3 ตามลำดับ
- ไอออนลบเกิดจาก อะตอมของธาตุที่รับอิเล็กตรอน ธาตุหมู่5, 6, และ 7 จะรับอิเล็กตรอนเข้ามาเท่ากับ3, 2, และ 1 ตามลำดับ เพื่อให้มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเช่นเดียวกับธาตุหมู่8 ดังนั้นธาตุหมู่5, 6, และ 7 จึงมีแนวโน้มที่จะเกิดเป็นไอออน -3, -2, และ -1 ตามลำดับ

5. จงบอกความแตกต่างระหว่าง Na^+ และอะตอมของธาตุ Na

- การจัดเรียงอิเล็กตรอนแตกต่างกัน Na^+ มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนแบบ2, 8 ส่วน Na มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนแบบ2, 8, 1
- ขนาดแตกต่างกัน โดย Na^+ มีขนาดเล็กกว่า Na เนื่องจากมีการสูญเสียอิเล็กตรอนวงนอกไป 1 อิเล็กตรอน
- ความเสถียรแตกต่างกัน โดย Na^+ มีความเสถียรมากกว่า Na เนื่องจากโซเดียมไอออน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนแบบเดียวกับธาตุหมู่8 และในธรรมชาติมักพบโซเดียมไอออนมากกว่าโซเดียมอะตอม

เฉลยแบบฝึกหัด (ต่อ)

เลขออกซิเดชันและไอออนลบ

1. เพราะเหตุใดธาตุในหมู่ 2 ของตารางธาตุ จึงมีเลขออกซิเดชันเป็น 2+

ธาตุหมู่ 2 มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 2 เมื่อเสียไป 2 อิเล็กตรอนแล้ว ทำให้มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนแบบเดียวธาตุหมู่8 ดังนั้นจึงปรากฏเป็น2+

2. เพราะเหตุใดธาตุในหมู่ 7 ของตารางธาตุ จึงมีเลขออกซิเดชันเป็น 1-

ธาตุหมู่ 7 มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 7 เมื่อรับ 1 อิเล็กตรอนแล้ว ทำให้มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนแบบเดียวธาตุหมู่8 ดังนั้นจึงปรากฏเป็น1-

3. โครงสร้างแบบจุดของ S และ Ca คือ



โครงสร้างแบบจุดแสดงสิ่งใดต่อนักเรียน แสดงจำนวนเวเลนซ์ e^- ของธาตุ

ธาตุซัลเฟอร์มีจำนวน p เท่ากับ 16, n เท่ากับ 16, e เท่ากับ 16
เมื่อซัลเฟอร์เกิดเป็นไอออนจะเกิดเป็นไอออนชนิดใด S^{2-}
ซัลไฟด์ไอออนจะมีจำนวนp เท่ากับ 16, n เท่ากับ 16, e เท่ากับ 18

ธาตุแคลเซียมมีจำนวน p เท่ากับ 20, n เท่ากับ 20, e เท่ากับ 20
เมื่อแคลเซียมเกิดเป็นไอออนจะเกิดเป็นไอออนชนิดใด Ca^{2+}
แคลเซียมไอออนจะมีจำนวน p เท่ากับ 20, n เท่ากับ 20, e เท่ากับ 18

1. การตอบคำถามจากแผนภาพแสดงอะตอมและไอออนของโซเดียม

1.1 จงทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่นักเรียนคิดว่าถูกต้องพร้อมแสดงเหตุผลในช่องว่างที่กำหนดให้

- ☑ Na^+ มีความเสถียรมากกว่า Na
- ☐ Na^+ และ Na มีความเสถียรเท่ากัน
- ☐ Na^+ มีความเสถียรน้อยกว่า Na
- ☐ ไม่แน่ใจ

เนื่องจากการจัดเรียงอิเล็กตรอนของ Na^+ เป็นแบบเดียวกับธาตุหมู่ 8 (กฎออกเตต)

1.2 จงทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่นักเรียนคิดว่าถูกต้องพร้อมแสดงเหตุผลในช่องว่างที่กำหนดให้

- ☐ Na มีความเสถียรมากกว่า Na^{7-}
- ☑ Na และ Na^{7-} มีความเสถียรเท่ากัน
- ☑ Na มีความเสถียรน้อยกว่า Na^{7-}
- ☐ ไม่แน่ใจ

- Na เสถียรน้อยกว่า Na^{7-} เนื่องจาก Na^{7-} มีการจัดเรียง e แบบเดียวกับธาตุหมู่ 8
- ไม่แน่ใจ เนื่องจาก ไม่ทราบว่า Na^{7-} จะมีอยู่จริงในธรรมชาติ

1.3 จงทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่นักเรียนคิดว่าถูกต้องพร้อมแสดงเหตุผลในช่องว่างที่กำหนดให้

- ☐ Na^{7-} มีความเสถียรมากกว่า Na^+
- ☐ Na^{7-} และ Na^+ มีความเสถียรเท่ากัน
- ☑ Na^{7-} มีความเสถียรน้อยกว่า Na^+
- ☑ ไม่แน่ใจ

- Na^+ และ Na^{7-} เสถียรเท่ากัน เนื่องจากทั้งคู่มีการจัดเรียง e แบบเดียวกับธาตุหมู่ 8
- ไม่แน่ใจ เนื่องจาก ไม่ทราบว่า Na^{7-} จะมีอยู่จริงในธรรมชาติ

เฉลยแบบฝึกหัด (ต่อ)

2. การตอบคำถามจากแผนภาพแสดงอะตอมและไอออนของคลอรีน

2.1 จงทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่นักเรียนคิดว่าถูกต้องพร้อมแสดงเหตุผลในช่องว่างที่กำหนดให้

- ☑ Cl^{7+} มีความเสถียรมากกว่า Cl
- ☐ Cl^{7+} และ Cl มีความเสถียรเท่ากัน
- ☐ Cl^{7+} มีความเสถียรน้อยกว่า Cl
- ☑ ไม่แน่ใจ

- Cl^{7+} เสถียรมากกว่า Cl เนื่องจาก Cl^{7+} มีการจัดเรียง e แบบเดียวกับธาตุหมู่ 8
- ไม่แน่ใจ เนื่องจาก ไม่ทราบว่า Cl^{7+} จะมีอยู่จริงในธรรมชาติ

2.2 จงทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่นักเรียนคิดว่าถูกต้องพร้อมแสดงเหตุผลในช่องว่างที่กำหนดให้

- ☐ Cl มีความเสถียรมากกว่า Cl^-
- ☐ Cl และ Cl^- มีความเสถียรเท่ากัน
- ☑ Cl มีความเสถียรน้อยกว่า Cl^-
- ☐ ไม่แน่ใจ

เนื่องจากการจัดเรียงอิเล็กตรอนของ Cl เป็นแบบเดียวกับธาตุหมู่ 8 (กฎออกเตต)

2.3 จงทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่นักเรียนคิดว่าถูกต้องพร้อมแสดงเหตุผลในช่องว่างที่กำหนดให้

- ☑ Cl^- มีความเสถียรมากกว่า Cl^{7+}
- ☐ Cl^- และ Cl^{7+} มีความเสถียรเท่ากัน
- ☐ Cl^- มีความเสถียรน้อยกว่า Cl^{7+}
- ☐ ไม่แน่ใจ

แม้ว่า Cl และ Cl^{7+} จะมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนแบบเดียวกับธาตุหมู่8 แต่ธาตุคลอรีนเป็นธาตุที่ มีค่าEN สูง ดังนั้นจึงสูญเสียอิเล็กตรอนได้ยาก ซึ่งการรับ1 อิเล็กตรอนจะเกิดได้ง่ายกว่าการสูญเสียถึง 7 อิเล็กตรอน จึงเชื่อว่าCl มีความเสถียรมากกว่า Cl^{7+}

3. การตอบคำถามจากแผนภาพแสดงอะตอมและไอออนของเบริลเลียม

3.1 จงทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่นักเรียนคิดว่าถูกต้องพร้อมแสดงเหตุผลในช่องว่างที่กำหนดให้

- ☑ Be^{2+} มีความเสถียรมากกว่า Be
- ☐ Be^{2+} และ Be มีความเสถียรเท่ากัน
- ☐ Be^{2+} มีความเสถียรน้อยกว่า Be
- ☐ ไม่แน่ใจ

เนื่องจากการจัดเรียงอิเล็กตรอนของ Be^{2+} เป็นแบบเดียวกับธาตุหมู่ 8 (กฎออกเตต)

3.2 จงทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่นักเรียนคิดว่าถูกต้องพร้อมแสดงเหตุผลในช่องว่างที่กำหนดให้

- ☐ Be มีความเสถียรมากกว่า Be^{6-}
- ☐ Be และ Be^{6-} มีความเสถียรเท่ากัน
- ☑ Be มีความเสถียรน้อยกว่า Be^{6-}
- ☑ ไม่แน่ใจ

- Be เสถียรน้อยกว่า Be^{6-} เนื่องจาก Be^{6-} มีการจัดเรียง e แบบเดียวกับธาตุหมู่8
- ไม่แน่ใจ เนื่องจาก ไม่ทราบว่า Be^{6-} จะมีอยู่จริงในธรรมชาติ

3.3 จงทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่นักเรียนคิดว่าถูกต้องพร้อมแสดงเหตุผลในช่องว่างที่กำหนดให้

- ☐ Be^{6-} มีความเสถียรมากกว่า Be^{2+}
- ☐ Be^{6-} และ Be^{2+} มีความเสถียรเท่ากัน
- ☑ Be^{6-} มีความเสถียรน้อยกว่า Be^{2+}
- ☑ ไม่แน่ใจ

ไม่แน่ใจว่า Be^{6-} จะเกิดได้จริงตามธรรมชาติ

- Be^{6-} เสถียรน้อยกว่า Be^{2+} แม้ว่าทั้งคู่มีการจัดเรียง e แบบเดียวกับธาตุหมู่ 8 แต่ Be เป็นธาตุที่ มีค่าEN ต่ำ ดังนั้นจึงไม่สามารถที่ จะดึงอิเล็กตรอนของอะตอมได้ถึง 6 อิเล็กตรอนเพื่อทำให้ตนเองเสถียร

เฉลยแบบฝึกหัด (ต่อ)

4. การตอบคำถามจากแผนภาพแสดงอะตอมและไอออนของออกซิเจน

4.1 จงทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่นักเรียนคิดว่าถูกต้องพร้อมแสดงเหตุผลในช่องว่างที่กำหนดให้

- ☐ O มีความเสถียรมากกว่า O^-
- ☐ O และ O^- มีความเสถียรเท่ากัน
- ☐ O มีความเสถียรน้อยกว่า O^-
- ☑ ไม่แน่ใจ

- เนื่องจาก ทั้งคู่ต่างมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนที่ไม่เป็นแบบเดียวกับธาตุหมู่ 8

4.2 จงทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่นักเรียนคิดว่าถูกต้องพร้อมแสดงเหตุผลในช่องว่างที่กำหนดให้

- ☐ O^- มีความเสถียรมากกว่า O^{2-}
- ☐ O^- และ O^{2-} มีความเสถียรเท่ากัน
- ☑ O^- มีความเสถียรน้อยกว่า O^{2-}
- ☐ ไม่แน่ใจ

เนื่องจากการจัดเรียงอิเล็กตรอนของ O^{2-} เป็นแบบเดียวกับธาตุหมู่ 8 (กฎออกเตต) ส่วน O^- ยังขาดอีก 1 อิเล็กตรอนจึงจะเป็นไปตามกฎออกเตต

4.3 จงทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่นักเรียนคิดว่าถูกต้องพร้อมแสดงเหตุผลในช่องว่างที่กำหนดให้

- ☑ O^{2-} มีความเสถียรมากกว่า O
- ☐ O^{2-} และ O^{2-} มีความเสถียรเท่ากัน
- ☐ O^{2-} มีความเสถียรน้อยกว่า O
- ☐ ไม่แน่ใจ

เนื่องจากการจัดเรียงอิเล็กตรอนของ O^{2-} เป็นแบบเดียวกับธาตุหมู่ 8 (กฎออกเตต) ส่วน O ยังขาดอีก 2 อิเล็กตรอนจึงจะเป็นไปตามกฎออกเตต

บันทึกผลการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1

1. ผลการเรียนรู้

---

2. ปัญหาและอุปสรรค

---

3. ข้อเสนอแนะ

ผู้สอน.....

...../...../.....

APPENDIX G

A Letter to Permit for Using the TIPS II

Letter from the author of the Test of Integrated Process Skills II (TIPS II)

4/9/10

Dear Patcharee:

Enclosed are TIPS II, the answer key, and a blank answer sheet. Please let me know if you have questions or if I can be of assistance.

Best Wishes,

Joe Burns

Joe Burns
School of Education
University of Alabama at Birmingham
Birmingham, AL 35294-1250

jburns@uab.edu
205-934-7895

APPENDIX H

Sample of opinions towards the learning units

แบบสอบถามความคิดเห็นของครูผู้สอนต่อหน่วยการเรียนรู้

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้มีจุดประสงค์เพื่อรวบรวมความคิดเห็นของครูผู้สอนต่อหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมี สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มุ่งส่งเสริมการมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เมตาคอกนิชัน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และการมีเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมีของผู้เรียน ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามนี้จะใช้ในการแก้ไขปรับปรุงหน่วยการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น

----- **ขอขอบพระคุณที่ท่านกรุณาสละเวลาอันมีค่าในการตอบแบบสอบถาม** -----

ความคิดเห็นต่อหน่วยการเรียนรู้ในด้านรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้

1. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรต่อการจัดการเรียนการสอนที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ ในขั้นตอนต่อไปนี้

1.1 กิจกรรมการดึงความรู้ที่สอดแทรกเข้าไปในขั้นสร้างความสนใจ เพื่อให้ผู้เรียนสะท้อนแนวคิดเดิมของตนก่อนกระบวนการเรียนรู้

การสร้างความรู้ในขั้นสร้างความสนใจ จะทำให้ผู้สอนทราบถึงความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่ในตัว ณ บริบทนั้นๆ และยังเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ดีด้วย

1.2 กิจกรรมการดึงความรู้ที่สอดแทรกเข้าไปในขั้นสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้ผู้เรียนสะท้อนความรู้ความเข้าใจของตนเองหลังจากการทำกิจกรรมขั้นสำรวจตรวจสอบ

การสร้างความรู้ในขั้นสำรวจตรวจสอบ หลังจากได้รับความรู้อีกขั้นหนึ่งเพิ่มเติม จะทำให้ผู้สอนทราบว่านักเรียนสามารถนำความรู้นี้ไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆได้หรือไม่ อย่างไร

1.3 กิจกรรมการดึงความรู้ที่สอดแทรกเข้าไปในขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เพื่อให้ผู้เรียนสะท้อนความรู้ความเข้าใจของตนเองหลังจากได้เรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์

การสร้างความรู้ในขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ทำให้ผู้สอนทราบว่าความรู้ที่ใช้ในบทนี้ สามารถนำความรู้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมได้หรือไม่ มีการปรับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องหรือไม่

1.4 กิจกรรมการดึงความรู้ที่สอดแทรกเข้าไปในขั้นประเมิน เพื่อให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบความเข้าใจของตนเองก่อนและหลังจากแสร็จสิ้นกระบวนการเรียนรู้

การสร้างความรู้ในขั้นประเมินผล จะทำให้ผู้สอนได้ทราบถึงความคิดรวบยอดที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ไปแล้วว่าเป็นอย่างไร เปรียบเทียบกับความรู้ตอนเริ่มต้นของการเรียนรู้ในขั้นสร้างความสนใจว่าเป็นอย่างไร ถ้านักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่ ผู้สอนจะได้ทราบและสามารถแก้ไขได้ทันท่วงที ถึงแม้ว่าผู้เรียนจะสามารถแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ด้วยตนเองก็ตาม แต่ผู้สอนก็ยังสามารถเข้าไปช่วยเหลือได้ในกรณีที่ผู้เรียนไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยตนเอง

2. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรต่อการดึงความแนวคิดของผู้เรียนหลังจากกิจกรรมการดึงความรู้

การสร้างความรู้ในขั้นประเมินผล ทำให้ผู้สอนสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินผู้เรียนมาปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียนได้ ทำให้ผู้สอนทราบว่าผู้เรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่หรือไม่ ถ้ามีก็สามารถแก้ไขได้ทันที

3. ท่านเห็นด้วยหรือไม่ ในการดึงความแนวคิดของผู้เรียน แล้วจำแนกแนวคิดของผู้เรียน ออกเป็น 4 ประเภท คือ 1. แนวคิดที่สมบูรณ์สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ 2. แนวคิดที่ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ 3. แนวคิดที่คลาดเคลื่อน และ 4. ไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ต้องการวัด

เห็นด้วย เพราะการดึงความแนวคิดของผู้เรียน เป็นการประเมินผู้เรียนอย่างหนึ่ง ซึ่งจะทำให้ผู้สอนทราบถึงความรู้เบื้องต้นของนักเรียนก่อนเรียน ทำให้ผู้สอนสามารถนำข้อมูลนี้ไปปรับปรุงการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียนได้ แต่ไม่จำเป็นว่าเราจะมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมดก็ได้ เพราะนักเรียนบางคนก็ยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนอยู่ ซึ่งผู้สอนจะได้ทราบและแก้ไขได้ทันท่วงที

4. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร ต่อการสะท้อนกลับแนวคิดของผู้เรียนเป็นรายห้อง (การสะท้อนกลับบนกระดาน) เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนเป็นไปตามเวลาที่ตั้งไว้

ไม่ค่อยเป็นข้อดีนัก แต่มีความจำเป็นเพราะจะได้สะท้อนให้นักเรียนเห็นคำตอบของเพื่อนๆ ไม่เพียงแต่ของตนเองเท่านั้น ทำให้ไม่เสียเวลาในการสอน และได้ผลดีอีกด้านหนึ่งคือ สามารถนำข้อบกพร่องของนักเรียนมาปรับปรุงการเรียนการสอนในครั้งต่อไปได้ ถึงแม้ว่าการสะท้อนกลับบนกระดานจะไม่เหมาะสมก็ตาม แต่ก็ยังมีความจำเป็นที่ต้องทำ

5. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร ต่อการสะท้อนกลับแนวคิดของผู้เรียนเป็นรายบุคคล โดยการใช้ feedback sheet เพื่อให้ผู้เรียนได้ตระหนักถึงข้อบกพร่องของตนเอง

ควรสะท้อนกลับแต่ละคนที่ทำเป็นรายบุคคล เพื่อจะได้ทราบถึงข้อบกพร่องของนักเรียนแต่ละคนที่มีแตกต่างกันไป นักเรียนจะได้รับทราบถึงข้อบกพร่องของตนเองและสามารถนำไปปรับปรุงแก้ไขได้ถูกต้องตามหลักและตามความเข้าใจของตนเองมากขึ้น มีนักเรียนบางคนที่เข้าใจดีขึ้น แต่ก็มีนักเรียนบางคนที่ไม่เข้าใจ -ความหมายเปลี่ยนเมื่อเทียบกับวิธีสอนแบบเดิมๆ ที่ไม่ได้เกิดความเข้าใจอย่างแท้จริง นักเรียนสามารถนำไปใช้ได้ในชีวิตประจำวันได้ แต่ก็ยังมีบางส่วนที่ยังไม่เข้าใจ ยังต้องการคำอธิบายเพิ่มเติม

ความคิดเห็นต่อหน่วยการเรียนรู้ด้านการส่งเสริมผลการเรียนรู้ของผู้เรียน มีประโยชนมากขึ้น

6. ท่านคิดว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมีที่ถูกต้อง ได้จริงหรือไม่ เพราะเหตุใด

ได้จริง เพราะ การใช้แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนทำให้ทราบว่านักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องนี้มากน้อยเพียงใด ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ยังมีความเข้าใจที่ผิดอยู่ประมาณ 90% ของแต่ละห้องเรียน และประมาณ 99% ของนักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากขึ้น ส่วนที่จะระบุเหตุผลที่ทำให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้นนั้นคงจะไม่ได้ เพราะนักเรียนแต่ละคนมีการเรียนรู้ที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับความสามารถ ความสนใจ และปัจจัยอื่นๆ ประกอบด้วย ซึ่งการที่นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรมด้วยตนเอง ได้ทดลองด้วยตนเอง ได้ร่วมอภิปรายกันในกลุ่มย่อย ได้นำเสนอผลงานของกลุ่มตนเองต่อเพื่อนๆ ในชั้นเรียน ได้ซักถามข้อสงสัยต่างๆ จากครูผู้สอน ล้วนแต่เป็นการเรียนรู้ที่ดีทั้งสิ้น

7. ท่านคิดว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

ช่วยได้เพราะ ที่ผ่านมาในการจัดการเรียนการสอนในขั้นบูรณาการนี้ ครูมีข้อจำกัดหลายๆ อย่าง ทั้งเรื่องของเวลาที่มีน้อย ทำให้ไม่สามารถที่จะให้นักเรียนได้ทำการทดลองได้ครบทุกคน ทุกกลุ่ม ได้ครบทุกขั้นตอน ได้ทำการทดลองซ้ำๆ เพื่อให้เกิดความชำนาญ ความแม่นยำ ความถูกต้องแม่นยำ ได้ทำการทดลองด้วยตนเองอย่างเต็มที่ ได้ทำการทดลองตามความสนใจของตนเอง ได้ทำการทดลองตามความถนัดของตนเอง ได้ทำการทดลองตามความเข้าใจของตนเอง ได้ทำการทดลองตามความรู้ความสามารถของตนเอง ได้ทำการทดลองตามความคิดของตนเอง ได้ทำการทดลองตามความต้องการของตนเอง ได้ทำการทดลองตามความพอใจของตนเอง ได้ทำการทดลองตามความพึงพอใจของตนเอง ได้ทำการทดลองตามความพึงพอใจของตนเอง

8. ท่านคิดว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถด้านเมตาคอกนิชัน (กระบวนการรู้คิดของตนเอง) ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

ได้เพราะ ในการจะช่วยนักเรียนในการคิดของตนแต่ละขั้นตอน ช่วงแรกๆ ที่ทำก็ยังมีนักเรียนที่มีทักษะการคิดที่ยังไม่ดีพอ ยังตอบคำถามหรือเสนอความคิดเห็นที่ยังไม่ถูกต้องนัก แต่เมื่อมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันในกลุ่มย่อย และในชั้นเรียน นักเรียนก็สามารถที่จะปรับความคิดของตนเองได้ดีขึ้น และสามารถที่จะตอบคำถามได้ถูกต้องมากขึ้น

9. ท่านคิดว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมีได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

ได้ระดับหนึ่ง เนื่องจากนักเรียนมีความคิดเห็นว่าเคมีเป็นวิชาที่ยากมากๆ เวลาทดลองจะเกิดความเบื่อหน่าย และมีเนื้อหาที่เป็นนามธรรมมาก ไม่สามารถเห็นด้วยตาเปล่าได้ ไม่สามารถสัมผัสได้ ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ผิดๆ ได้ง่าย แต่ถ้าครูผู้สอนมีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ดี มีการใช้สื่อการสอนที่ดี มีการใช้เทคนิคการสอนที่ดี ก็จะทำให้นักเรียนมีความรู้สึกที่ดีต่อวิชาเคมีมากขึ้น

ความคิดเห็นต่อหน่วยการเรียนรู้ในภาพรวม

10. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรต่อหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมี ในภาพรวม

ในหน่วยการเรียนรู้นี้มีความเหมาะสมในระดับหนึ่ง ถ้าเป็นห้องเรียนที่เน้นการเรียนการสอนที่ไม่ค่อยเน้นการปฏิบัติการทดลองมากนัก ก็จะเหมาะสมมาก เพราะนักเรียนจะได้ทำการทดลองด้วยตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ได้ทำการทดลองซ้ำๆ เพื่อให้เกิดความชำนาญ ความแม่นยำ ความถูกต้อง ความเข้าใจที่ถูกต้องมากขึ้น แต่ถ้าเป็นห้องเรียนที่เน้นการปฏิบัติการทดลองมากๆ ก็จะทำให้นักเรียนเสียเวลาในการทำการทดลองมากเกินไป ทำให้เสียเวลาในการเรียนการสอนในเนื้อหาอื่นๆ ที่สำคัญๆ ได้ ดังนั้นจึงควรที่จะมีการปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับสภาพของนักเรียนแต่ละห้องเรียนด้วย

11. ระหว่างการจัดการเรียนรู้ ท่านประสบปัญหาอะไรบ้าง และท่านมีข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหานั้นอย่างไร

ปัญหาที่พบระหว่างการจัดการเรียนรู้ คือ ระยะเวลาที่มีน้อยเกินไป ครูผู้สอนจึงไม่สามารถที่จะให้นักเรียนได้ทำการทดลองได้ครบทุกขั้นตอน ได้ทำการทดลองซ้ำๆ ได้ทำการทดลองด้วยตนเองอย่างเต็มที่ ได้ทำการทดลองตามความสนใจของตนเอง ได้ทำการทดลองตามความถนัดของตนเอง ได้ทำการทดลองตามความเข้าใจของตนเอง ได้ทำการทดลองตามความรู้ความสามารถของตนเอง ได้ทำการทดลองตามความคิดของตนเอง ได้ทำการทดลองตามความต้องการของตนเอง ได้ทำการทดลองตามความพอใจของตนเอง ได้ทำการทดลองตามความพึงพอใจของตนเอง ได้ทำการทดลองตามความพึงพอใจของตนเอง

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

ขอเสนอแนะให้มีการปรับเปลี่ยน หรือเพิ่มเติมการสอนในหน่วยนี้ ให้มีการทดลองมากขึ้น เพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสได้ทำการทดลองด้วยตนเองมากขึ้น ได้ทำการทดลองซ้ำๆ เพื่อให้เกิดความชำนาญ ความแม่นยำ ความถูกต้องมากขึ้น ได้ทำการทดลองตามความสนใจของตนเองมากขึ้น ได้ทำการทดลองตามความถนัดของตนเองมากขึ้น ได้ทำการทดลองตามความเข้าใจของตนเองมากขึ้น ได้ทำการทดลองตามความรู้ความสามารถของตนเองมากขึ้น ได้ทำการทดลองตามความคิดของตนเองมากขึ้น ได้ทำการทดลองตามความต้องการของตนเองมากขึ้น ได้ทำการทดลองตามความพอใจของตนเองมากขึ้น ได้ทำการทดลองตามความพึงพอใจของตนเองมากขึ้น ได้ทำการทดลองตามความพึงพอใจของตนเองมากขึ้น

ลงชื่อผู้ตอบแบบสอบถาม .....

(นายนาลี ชลสาขา)

วันที่ 19 ก.พ. 53

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนต่อหน่วยการเรียนรู้

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้มีจุดประสงค์เพื่อรวมรวมความคิดเห็นของผู้เรียนต่อหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมี สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มุ่งส่งเสริมการมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เมตาคอกนิชัน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และการมีเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมีของผู้เรียน ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามนี้จะใช้ในการแก้ไขปรับปรุงหน่วยการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น

----- ขอขอบคุณที่กรุณาสละเวลาในการตอบแบบสอบถาม -----

ความคิดเห็นต่อหน่วยการเรียนรู้ในด้านรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้

1. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรต่อการจัดการเรียนการสอนที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ในขั้นตอนต่อไปนี้

1.1 กิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ X-1 ที่ท่านต้องสะท้อนแนวคิดเดิมของตนเองก่อนเรียน ส่งผลต่อการเรียนรู้ของท่านหรือไม่ จงอธิบาย

ทำให้ได้เริ่มได้เรียนรู้ก่อนที่จะเรียนในชั้นเรียน ทำให้ได้ทบทวนสิ่งที่เคยเรียนมาแล้ว ทำให้ได้ทบทวนความรู้ เพราะตั้งแต่เรียนมาตอนแรกก็แค่เรียนแล้วก็ผ่านไป ไม่ได้กลับมาดูอีกเลย ทำให้ได้ความรู้แบบนี้ แต่พอได้ถูกถามแล้วนึกไม่ออกเลย (ที่อาจารย์ถามก็เพราะไม่อ่านหนังสือมาก่อนด้วย) ทำให้ได้ความรู้เพิ่มขึ้นจากเดิม

1.2 กิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ X-2 ที่ท่านต้องสะท้อนแนวคิดหลังการทำกิจกรรม (เช่น การทดลองวัดการนำไฟฟ้าของสาร) ส่งผลต่อการเรียนรู้ของท่านหรือไม่ จงอธิบาย

ทำให้ในกิจกรรมการดึงความรู้ที่ X-2 ทำให้ได้เริ่มอ่านหนังสือเพื่อให้ได้ความรู้ และตอบคำถามได้ถูกต้อง และจากการทดลองวัดการนำไฟฟ้าของสาร ก็ทำให้รู้ว่าคำตอบที่ถูกต้อง และนำไปใช้ตอบคำถามได้ถูกต้อง

1.3 กิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ X-3 ที่ท่านต้องสะท้อนแนวคิดของตนหลังครูอธิบายทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ อธิบายและลงข้อสรุปจากการทำกิจกรรม ส่งผลต่อการเรียนรู้ของท่านหรือไม่ จงอธิบาย

หลังจากที่ได้ทำกิจกรรมการดึงความรู้ที่ 2 แล้ว ก็จะได้รับคำอธิบายถึงเหตุผลและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ได้ทราบถึงความเข้าใจของนักเรียนและเพื่อได้ทำกิจกรรมการดึงความรู้ที่ 3 เสร็จ ก็ทำให้การเรียนในหน่วยนี้มีความเข้าใจมากขึ้น

1.4 กิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ X-4 ที่ท่านต้องสะท้อนแนวคิดตนเองหลังเสร็จสิ้นกระบวนการเรียนรู้ ส่งผลต่อการเรียนรู้ของท่านหรือไม่ จงอธิบาย

การได้ทำกิจกรรมการดึงความรู้ที่ X-4 เป็นการทำที่สำคัญที่สุด เพราะเป็นการทำที่จะแก้ไขสิ่งที่เข้าใจผิดในตอนแรก แต่เมื่อได้รับความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง แล้วก็จะมาแก้ไขในใบที่ X-4

2. การตีความแนวคิดของผู้เรียน โดยการจำแนกแนวคิดออกเป็น 4 ประเภท คือ 1. แนวคิดที่สมบูรณ์สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ 2. แนวคิดที่ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ 3. แนวคิดที่คลาดเคลื่อน และ 4. ไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ต้องการวัด ส่งผลต่อการเรียนรู้ของท่านเองอย่างไร จงอธิบาย

ทำให้รู้ว่างานที่เราได้ทำไปได้รับอยู่ในประเภทใด ตัวอยู่ในประเภทที่ 1 คือตอบคำถามได้ถูกต้อง ประเภทที่ 2 คือถูกต้องแต่ไม่ถึงที่สุด ประเภทที่ 3 คลาดเคลื่อนแก้ไข และถ้าประเภทที่ 4 คลาดเคลื่อนแก้ไขให้ถูกต้อง ซึ่งการจำแนกแนวคิด 4 ประเภทนี้ ทำให้รู้ถึงเกณฑ์การถูกต้องของคำตอบ

3. หลังจากการดึงความรู้แต่ละครั้ง ท่านจะทราบว่าเพื่อนร่วมห้องมีแนวคิดอย่างไร จากการตีความแนวคิดและสะท้อนกลับจากครูผู้สอน ท่านคิดว่าการกระทำดังกล่าวส่งผลต่อการเรียนรู้ของท่านหรือไม่ จงอธิบาย

เมื่อได้รับใบกิจกรรมการดึงความรู้จากครูผู้สอน เพื่อนร่วมกลุ่ม หรือร่วมห้องก็จะนำมาแชร์ความรู้กัน เมื่อเพื่อนทำผิดในเกณฑ์ที่ไม่ดี ก็จะช่วยกันแก้ไขเพื่อให้ได้ความรู้ที่ถูกต้องที่สุด

4. การสะท้อนกลับแนวคิดของผู้เรียนเป็นรายบุคคล โดยการใช้กระดาษเขียนสะท้อนกลับจากครู (feedback sheet) การทำกระดังกล่าว ส่งผลต่อการเรียนรู้ของท่านหรือไม่ จงอธิบาย

การสะท้อนกลับแนวคิดของผู้เรียน เป็นการสะท้อนถึงว่านักเรียนรู้สึกสงสัยในส่วนใดที่ยังไม่เข้าใจ ทำให้ผู้เรียนได้เข้าใจความคิดเห็นของตนเองมากขึ้น

ความคิดเห็นต่อหน่วยการเรียนรู้ด้านการส่งเสริมผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

5. ท่านคิดว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ ช่วยให้ท่านพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมีที่ถูกต้อง ได้จริงหรือไม่ เพราะเหตุใด

จริง เพราะการดึงความรู้ เป็นการสามารถดึงความเข้าใจในเรื่องนั้นๆ ว่านักเรียนแต่ละคน มีความเข้าใจในเรื่องที่เรียนรู้หรือไม่ ซึ่งเราสามารถนำมาดึงความรู้ที่ผิดนั้นมาแก้ไขให้ถูกต้อง ตามการดึงความรู้

6. ท่านคิดว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ ช่วยให้ท่านพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

ได้ แต่ไม่ดีเท่าขั้นขยายความ กลวิธีการดึงความรู้เป็นการนำทักษะที่ลึกซึ้งถึงเนื้อหาครูสอนรู้ถึงว่านักเรียนมีความเข้าใจเรื่องที่ถูกต้องหรือเปล่า

7. ท่านคิดว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ ช่วยให้ท่านพัฒนาความสามารถด้านเมตาคอกนิชัน (กระบวนการรู้คิดของตนเอง) ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

ได้ เพราะการดึงความรู้ ถ้าหากถูกก็ให้ครูรู้ถึง ความรู้ความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคนว่าที่ความเข้าใจมากน้อยเปล่า ซึ่งจะใช้เทคนิคและแนวทางที่ความเข้าใจของนักเรียนเพื่อนำนักเรียนถึงจะทำเกณฑ์คะแนนมาประเมินผลแก้ไขให้ถูกต้อง และทำให้ครูเข้ารู้ว่าเราเข้าใจเรื่องนี้มากน้อยเปล่า

8. ท่านคิดว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ ช่วยส่งเสริมให้ท่านมีเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมีได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

ไม่ เพราะการดึงความรู้ เป็นการที่แสดงให้เห็นถึงว่านักเรียนเข้าใจในเรื่องที่ถึงจะศึกษาหาความเปล่า ไม่ใช่เป็นการแสดงออกถึงการที่มีเจตคติของวิชาเคมีแต่อย่างใด

ความคิดเห็นต่อหน่วยการเรียนรู้ในภาพรวม

9. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรต่อหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมี ในภาพรวม

ที่ผมก็ได้รองกิจกรรมการดึงความรู้นี้เลย เพราะว่าเป็นเรื่องที่อยากรู้ยังไม่ที่ความเข้าใจผิดๆของเราอยู่ไหนถึงความรู้อยู่เรื่อยๆก็ทำให้ของมากขึ้นเพราะว่าเป็นสิ่งที่ช่วยให้เราพัฒนาตนเองในการที่ควรจะศึกษาและที่ความเข้าใจถ่อน ถึงจะดึงให้ความรู้ที่ถูกต้องได้

10. ระหว่างการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ เรื่อง พันธะเคมี ท่านประสบปัญหาอะไรบ้าง และมีข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหาอย่างไร

ที่ประสบปัญหาบ่อยๆ ก็น่าจะเป็นการที่ไม่ศึกษาหรือที่ความเข้าใจมากน้อนที่ในการดึงความรู้เป็นเรื่องที่ยาก ดังนั้นก็ควรศึกษาและที่ความรู้และความเข้าใจถ่อนจะได้ดึงความรู้ได้ถูกต้อง

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

อยากให้มีการจัดในการเรียนการสอนแบบนี้บ่อยๆ และอยากที่การทดลองมากขึ้นด้วย เพื่อให้เข้าใจได้อย่างลึกซึ้งและถูกต้อง

ลงชื่อผู้ตอบแบบสอบถาม .....

(.....)

วันที่ 19 / ก.ค. / 53

APPENDIX I

Sample of students' responses on the elicitation activity

สมุดบันทึกการเรียนรู้ของฉัน ตอนที่ 1

กิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 1-1

สารแต่ละชนิดมีจุดเดือด จุดหลอมเหลวแตกต่างกัน สารบางชนิดมีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูง ในขณะที่สารบางชนิดมีจุดเดือด จุดหลอมเหลวต่ำ จุดเดือด จุดหลอมเหลวของสารบ่งบอกคุณสมบัติใดของสาร จงอธิบาย

จุดเดือด และ จุดหลอมเหลว สามารถบอกเราได้ว่า สารนั้น มี คุณสมบัติในการอยู่ในสถานะใด ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือด และจุดหลอมเหลวสูงกว่าอุณหภูมิ

C-1

กิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 1-2

จากการทดลองที่ 1 สารกลุ่มที่อยู่ในสถานะของแข็งไม่นำไฟฟ้า แต่เมื่อละลายในน้ำสามารถวัดการนำไฟฟ้าได้ นักเรียนคิดว่าการนำไฟฟ้าของสารกลุ่มนี้เกิดจากสาเหตุใด จงอธิบาย

เกิดจากสาร กลุ่มนี้เป็นสารละลายที่ละลายน้ำได้ดีและสามารถนำไฟฟ้าได้ เพราะมีไอออนเป็นองค์ประกอบ

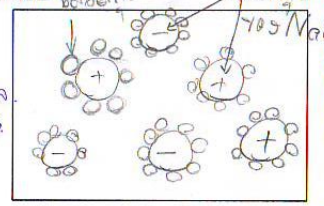
C-1

กิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 1-3

ถ้ามีผู้กล่าวว่า **"เมื่อนำ NaCl มาละลายในน้ำ สภาพความเป็นสารนั้นจะหมดไป เนื่องจากไอออนของสารถูกละลายไปหมดแล้ว"** นักเรียนคิดว่าคำกล่าวนี้ ถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด จงอธิบาย พร้อมวาดรูปประกอบ

ไม่เพราะสิ่งนี้ไม่ได้ถูกละลาย และเกิดการแตกตัวของไอออนไอออนจะถูกล้อมรอบด้วยน้ำ กระจายไปทั่วสารจนหมด

B-1



กิจกรรมการดึงความรู้ ตอนที่ 1-4

ให้นักเรียนกลับไปอ่านคำตอบของกิจกรรมการดึงความรู้ตอนที่ 1-1 ถึง 1-3 อีกครั้ง มีคำตอบจากกิจกรรมการดึงความรู้ตอนใด ที่นักเรียนต้องการแก้ไขหรือไม่ (จงกาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียน)

☑ มี ☐ ไม่มี

เนื่องจาก (A-1 และ B-1) ทำให้ A-1

ฉันเคยเชื่อว่า

- จุดเดือด จุดหลอมเหลว เป็นคุณสมบัติทางความร้อน
- สารที่นำไฟฟ้าได้ ไม่น่าจะเป็นสารที่มีจุดเดือดสูงได้ เพราะไฟฟ้าได้เกิดจากการแตกตัวเป็นไอออน

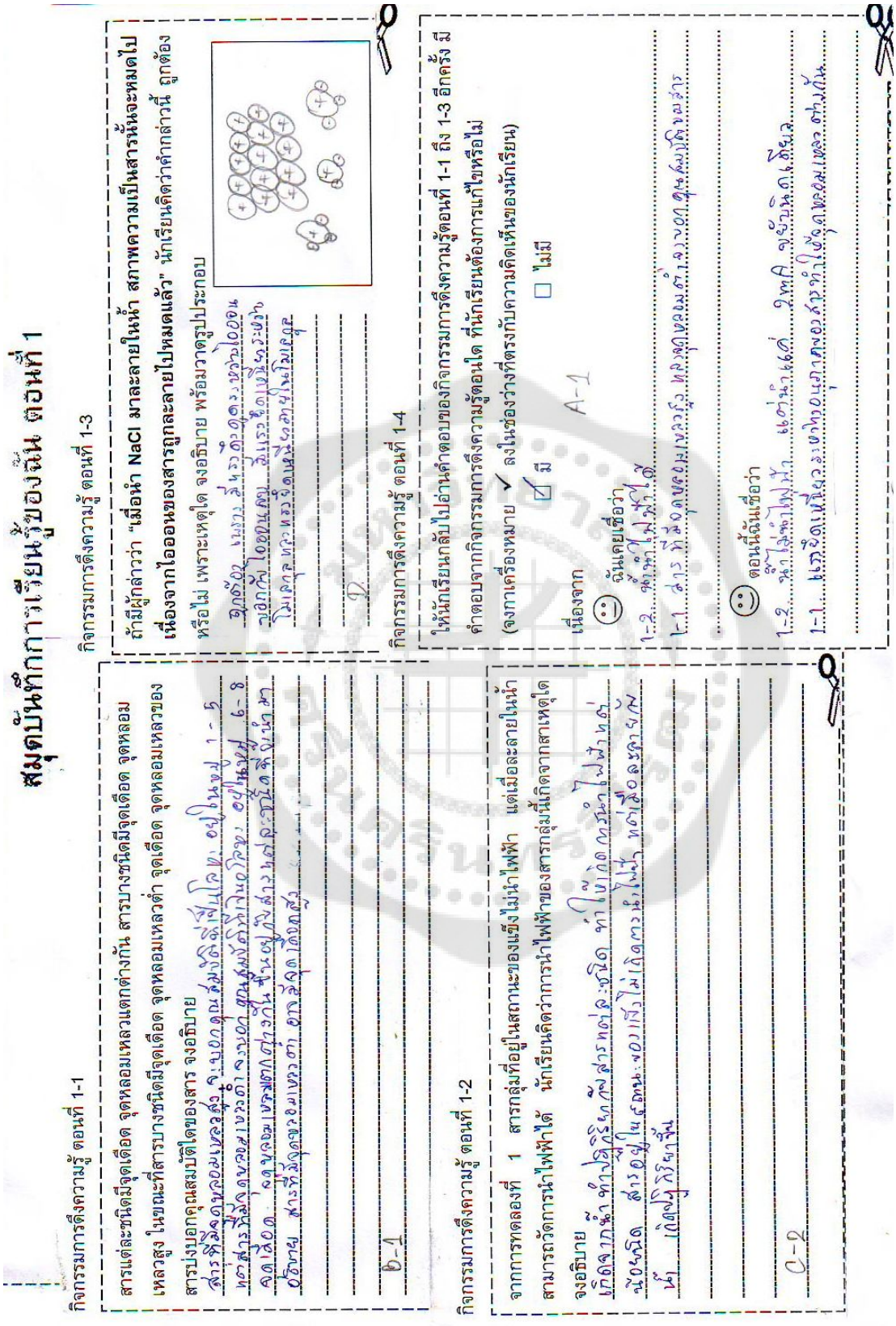
ตอนนี้ฉันเชื่อว่า

- จุดเดือด จุดหลอมเหลว เป็นคุณสมบัติทางความร้อนของสาร - สารที่นำไฟฟ้าได้ โมเลกุลต้องแตกตัวเป็นไอออนจึงจะนำไฟฟ้าได้

Sample of Students' response on the Elicitation Activity

Sample of Students' response on the Elicitation Activity

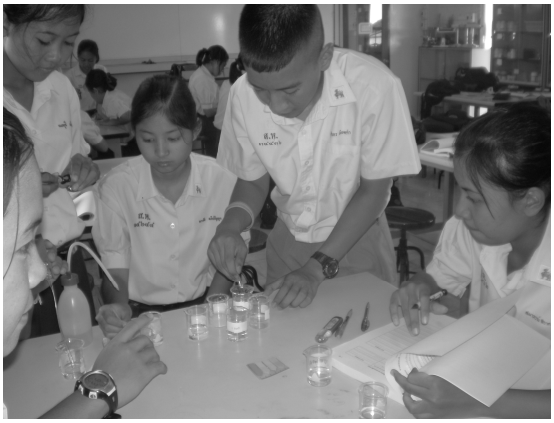
Sample of Students' response on the Elicitation Activity

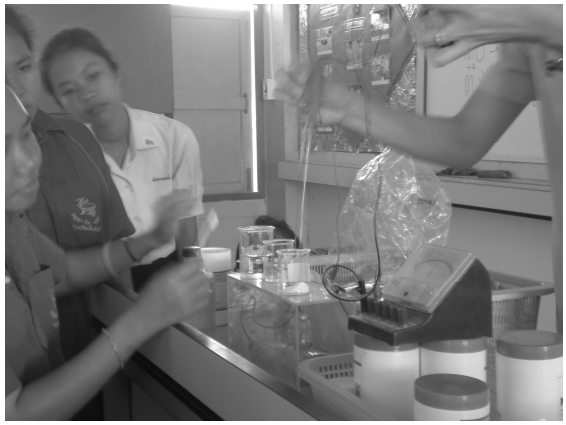


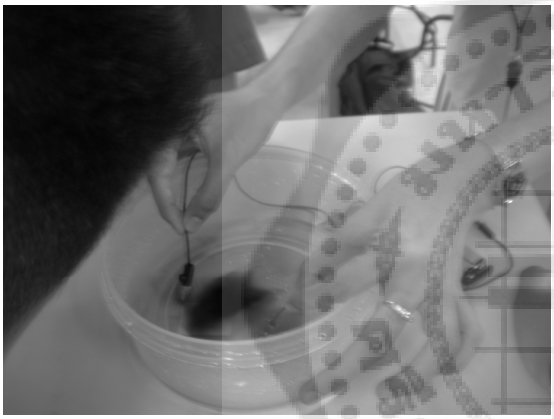
APPENDIX J

Pictures of the learning activity

Pictures from the preparatory stage













Pictures from the confirmatory stage













VITAE

VITAE

Name: Miss Patcharee Rompayom

Date of Birth: August 15th, 1981

Place of Birth: Khoksamrong, Lopburi province

Address: 15 Moo 1 Tumbol Klonggate, Amphur Khoksamrong
Lopburi province 15120, Thailand
E-mail: patcharee_swu@hotmail.com

Educational Background

2003	B.Sc. (Chemistry), Srinakharinwirot University
2004	Cert. (Teaching Profession), Srinakharinwirot University
2010	Ed.D. (Science Education), Srinakharinwirot University