

THE DEVELOPMENT OF LEARNING UNIT WITH CORPORATE SCIENTIFIC
EXPLANATION USING FADING SCAFFOLD TECHNIQUE
TO PROMOTE STUDENTS' REASONING SKILLS

DISSERTATION
BY
ARAYA PALACHOT

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University

October 2008

THE DEVELOPMENT OF LEARNING UNIT WITH CORPORATE SCIENTIFIC
EXPLANATION USING FADING SCAFFOLD TECHNIQUE
TO PROMOTE STUDENTS' REASONING SKILLS

DISSERTATION
BY
ARAYA PALACHOT

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University

October 2008

Copyright 2008 by Srinakharinwirot University

การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่สอดคล้องการอธิบายทางวิทยาศาสตร์
โดยใช้เทคนิค fading scaffold เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลของนักเรียน

บทคัดย่อ
ของ
อารยา ปาละโชติ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุขฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ตุลาคม 2551

อารยา ปาละโชติ. (2551). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่สอดคล้องหลักการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เทคนิค *fading scaffold* เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลของนักเรียน.

ปริญญาณิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: รองศาสตราจารย์ ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินดา แต่มบรรจง, ดร.ปรีชาญ เดชศรี.

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรื่องสารในชีวิตประจำวันเพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และศึกษาประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้ต่อทักษะการให้เหตุผล ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

หน่วยการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยเนื้อหาเรื่องสารและสมบัติของสาร การจำแนกสาร สารละลาย การแยกสาร และสารละลายกรด-เบส ตามสาระที่ 3 (สารและสมบัติของสาร) ของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 กิจกรรมเป็นไปตามวัฏจักรการเรียนรู้ที่สอดคล้องเทคนิคการปรับความซับซ้อนของงาน (*fading scaffold*) เพื่อส่งเสริมพัฒนาการในการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยการออกแบบกิจกรรมที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้แบบเปิดที่จะช่วยให้เกิดกระบวนการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีพื้นฐานอยู่บนความคิดเชิงเหตุและผล กิจกรรมทั้งหมดประกอบด้วย 7 กิจกรรมเป็นระยะเวลา 23 คาบเรียน เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลการวิจัยประกอบด้วยแบบวัดทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (ความเชื่อมั่น 0.63) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ความเชื่อมั่น 0.60) แบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (ความเชื่อมั่น 0.89) แบบสำรวจชั้นเรียน และแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่มีต่อหน่วยการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ถูกนำไปใช้ชั้นการศึกษาทดลองกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 49 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้และเก็บข้อมูลเพื่อใช้กำหนดเกณฑ์สำหรับการทดสอบสมมติฐานการวิจัย หน่วยการเรียนรู้ที่พัฒนาได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดถูกนำไปใช้ชั้นการศึกษายืนยันประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้กับนักเรียนจำนวน 43 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ข้อมูลที่ได้จากชั้นการศึกษายืนยันถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย

ผลการศึกษาในชั้นการศึกษายืนยันพบว่า 1) การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังจากเรียนโดยใช้หน่วยการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ผลการวิเคราะห์ข้อมูลไม่พบหลักฐานที่จะยืนยันได้ว่าการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มนี้สูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 2) การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ 3) เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากเรียนโดยใช้หน่วยการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและอยู่ในระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

THE DEVELOPMENT OF LEARNING UNIT WITH CORPORATE SCIENTIFIC
EXPLANATION USING FADING SCAFFOLD TECHNIQUE
TO PROMOTE STUDENTS' REASONING SKILLS

AN ABSTRACT
BY
ARAYA PALACHOT

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University

October 2008

Araya Palachot. (2008). *The Development of Learning Unit with Corporate Scientific Explanation Using Fading Scaffold Technique to Promote Students' Reasoning Skills*. Dissertation, Ed.D. (Science Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assoc. Prof. Dr. Somson Wongyounoi, Assist. Prof. Dr. Chinda Tambunchong, Dr. Precharn Dechsri.

The research objectives were to develop a learning unit titled "matter in daily life" to promote students' scientific reasoning skills and to study its effectiveness on scientific reasoning skills, learning achievement and attitude towards science of students.

The learning unit consisted of five main topics drawn from Sub-strand 3: Matters and Properties of Matters of the Thai Basic Education Curriculum of 2001 include matters and properties of matters, classification of matters, solutions, separation of matters and acid-base solutions. Learning cycle with incorporated fading scaffold technique, the technique to adjust instruction to promote learning development of a learner, was used to design learning activity focused on open-ended scientific inquiry, a potential way to promote scientific explanation which is based on a foundation of rational thought. There were 7 activities in the entire learning unit which lasted 23 periods. Research instruments consisted of a scientific reasoning test (reliability 0.63), a learning achievement test (reliability 0.60), an attitude towards science measure (reliability 0.89), a classroom observation form, and a teacher opinion towards the learning unit interview form. The learning unit was implemented in field trial study stage with 49 seventh grade students in the first semester of the 2007 academic year. This stage was to test effectiveness of the learning unit and collected data used to determine criteria for testing research hypotheses. The learning unit was used in confirmatory study stage with 43 students in the second semester of 2007 academic year. Data from the confirmatory study stage were analyzed to test the research hypotheses.

Results of the confirmatory study stage showed that 1) the students' score on scientific reasoning and learning achievement after the instruction was significantly higher than before the instruction. Nonetheless, there was no evidence to show that the scientific reasoning and the learning achievement post-test score were significantly higher than the determined criteria, 2) there was significant positive correlation between the scientific reasoning score and the learning achievement score, and 3) the attitude towards science mean score of the students after the instruction was significantly higher than before and it was at the high level significantly.

The dissertation titled
“The Development of Learning Unit with Corporate Scientific Explanation Using
Fading Scaffold Technique to Promote Students’ Reasoning Skills”

by
Araya Palachot

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)
..... October 2008

Dissertation Committee

..... Chair
(Assoc. Prof. Dr. Somson Wongyounoi)

..... Co-advisor

(Assist. Prof. Dr. Chinda Tambunchong)

..... Co-advisor
(Dr. Precharn Dechsri)

Oral Defense Committee

..... Chair
(Assist. Prof. Dr. Daungporn Pupaka)

..... Committee

(Assoc. Prof. Dr. Somson Wongyounoi)

..... Committee
(Assist. Prof. Dr. Chinda Tambunchong)

..... Committee
(Assist. Prof. Dr. Parin Chaivisuthangkura)

..... Committee
(Dr. Precharn Dechsri)

This study was financially supported by

**The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology
(IPST)**

ACKNOWLEDGEMENTS

This has been an undertaking that I surely could not complete without help, support, guidance and encouragement from a number of people.

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

My sincere gratefulness is also extended to Prof. Dr. Hans Andersen and Assist. Prof. Dr. Orvil White for their helps and suggestions during my study at Indiana University Bloomington (IUB), Assoc. Prof. Dr. Martin Hooper for proof reading this dissertation, Assoc. Prof. Dr. Prayaong Pongthongchareon, former Director of Science Education Center, Srinakharinwirot University, and all instructors in the Science Education Center for their advices and encouragement during the study, the Institute for Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) for the financial support of my study.

Also, I would like to extend my appreciation to Dr. Numphon Koocharoenpisal, Mrs. Nanthavan Hansawek, and Mrs. Areeya Buntawekoon whose perceptive comments and suggestions helped me to revise the learning unit and the research tools, Ms. Pratuengsook Maneelum and Mrs. Sukallaya Wongyai for their participation in the research, and principals at the schools in which I implemented the learning unit.

I would like to give a special thanks to these following people, Mr. Carthell Everette and his family, Mr. Yu-Hsiu Lee, and other doctoral students in the Science Education program for their support and encouragement.

To my beloved family, I owe them gratitude for their support and encouragement throughout the study.

Araya Palachot

TABLE OF CONTENTS

Chapter	Page
1 INTRODUCTION	1
Background.....	1
Objectives of the Study.....	4
Significance of the Study.....	5
Scope of the Study.....	5
Sources of Data.....	5
Variables.....	6
Operational Definitions.....	6
Theoretical Framework.....	8
Research Hypotheses.....	11
2 LITERATURE REVIEW	12
The Thai Basic Education Curriculum B.E. 2544 (A.D. 2001).....	12
Basic Education Curriculum Reform.....	12
National Science Curriculum Standards.....	13
Inquiry-based Instruction.....	14
Conceptualizing the Term “Inquiry-based Instruction”.....	15
Purposes of Inquiry-based Instruction.....	16
How does Inquiry-based Instruction Differ from Traditional Approach?.....	17
Openness Levels of Scientific Inquiry in a Classroom.....	18
5Es Instructional Model.....	19
Research Related to Inquiry-based Instruction.....	21
Scaffolding Technique.....	23
Conceptualizing the Term “Scaffolding Technique”.....	23
The Challenges of Scaffolding in Classroom Setting.....	25
Research Related to Scaffolding.....	26
Scientific Reasoning.....	27
Conceptualizing the Term “Scientific Reasoning”	27

TABLE OF CONTENTS (continued)

Chapter	Page
2 (continued)	
Research Related to Scientific Reasoning.....	30
Scientific Explanation.....	31
Conceptualizing the Term “Scientific Explanation”.....	32
The Advantages of Practicing Scientific Explanation	33
Research Related to Scientific Explanation.....	34
Educational Assessment.....	36
Conceptualizing the Term “Classroom Assessment”.....	36
Types of Education Assessment.....	36
Cut-Off Score.....	38
Bloom’s Taxonomy.....	43
3 METHODOLOGY.....	46
Sources of Data.....	46
Sources of Data of Field Trial Study.....	46
Sources of Data of Confirmatory Study.....	47
Research Procedures.....	47
Learning Unit Development.....	49
Learning Unit Implementation of Confirmatory Study Stage.....	53
Learning Unit Evaluation.....	55
Research Instruments.....	56
The Learning Unit.....	56
The Learning Unit Evaluation Form.....	56
The Scientific Reasoning Test.....	57
The Learning Achievement Test.....	58
The Attitude towards Science Measure.....	58
The Classroom Observation Form.....	59
The Teacher’s Opinion towards the Learning Unit Interview Form.....	59

TABLE OF CONTENTS (continued)

Chapter	Page
3 (continued)	
Statistical Analyses.....	60
Statistics for Testing Materials.....	60
Statistics for Testing Hypotheses.....	63
Roles of Individuals in the Study.....	65
4 RESULTS OF THE STUDY.....	67
The Results of the Learning Unit Development.....	67
The Results of Developing Drafts of the Learning Unit.....	68
The Results of Evaluating the Learning Unit by the Experts.....	77
The Results of Field Trial Study Stage.....	79
The Results of the Confirmatory Study Stage.....	85
The Result of Testing the First Hypothesis.....	86
The Result of Testing the Second Hypothesis.....	90
The Result of Testing the Third Hypothesis.....	95
The Result of Testing the Forth Hypothesis.....	95
The Result of Testing the Fifth Hypothesis.....	96
The Results of the Classroom Observation.....	96
The Result of the Teacher Interview.....	98
Summary of the Learning Unit Evaluation.....	101
5 CONCLUSIONS, DISCUSSION AND RECOMMENDATIONS.....	102
Methodology.....	102
Sources of Data.....	102
Design and Data Collection.....	103
Instruments.....	104
Statistical Analyses.....	105
Conclusions of the Findings.....	106

TABLE OF CONTENTS (continued)

Chapter	Page
5 (continued)	
Findings of the Learning Unit Development.....	106
Findings of the Confirmatory Study Stage.....	108
Discussions.....	113
The Results of Using the Learning Unit in Scientific Reasoning Skills.....	113
The Results of Using the Learning Unit in Learning Achievement.....	117
The Results of Using the Learning Unit in Attitude towards Science.....	120
Recommendations.....	122
Recommendations for Policy Makers.....	122
Recommendations for Science Teachers.....	123
Recommendations for Further Study.....	124
BIBLIOGRAPHY.....	125
APPENDIX.....	134
VITAE.....	318

LIST OF TABLES

Table	Page
1 The Differences between Inquiry-based Instruction and Traditional Approach.....	17
2 Openness Levels of Scientific Inquiry.....	19
3 Data Collection in the Confirmatory Study.....	55
4 Concept Flow and Prerequisite Content Knowledge.....	70
5 Instructional Topics and Expected Learning Outcomes.....	72
6 A Framework of the Instructional Plans.....	77
7 The Comparison of the Scientific Reasoning Mean Score of the Students Before and After Learning in the Field Trial Study.....	80
8 The Comparison of the Learning Achievement Mean Score of the Students Before and After Learning in the Field Trial Study.....	81
9 The Comparison of the Attitude towards Science Mean Score of the Students Before and After Learning in the Field Trial Study.....	82
10 Time Allocation of the Learning Unit.....	83
11 Time Schedule for the Learning Unit Implementation.....	86
12 The Scientific Reasoning Scores and Frequency of Each Score.....	87
13 Probability of Incorrect Decisions, Correct Decisions and Validity Coefficient for Each Possible Score.....	88
14 The Comparison of the Scientific Reasoning Mean Score of the Students before and after Learning in the Confirmatory Study.....	89
15 The Comparison of the Students' Scientific Reasoning Mean Score with the Scientific Reasoning Cut-off Score.....	90
16 The Learning Achievement Scores and Frequency of Each Score.....	91
17 Probability of Incorrect Decisions, Correct Decisions and Validity Coefficient for Each Possible Score.....	93
18 The Comparison of the Learning Achievement Mean Score of the Students before and after Learning in the Confirmatory Study.....	93
19 The Comparison of the Students' Learning Achievement Mean Score with the Learning Achievement Cut-off Score.....	94

LIST OF TABLES (continued)

Table	Page
20 The Comparison of the Attitude towards Science Mean Scores of the Students before and after Learning in Confirmatory Study.....	95
21 The Comparison of the Students' Attitude towards Science Mean Scores with the Test Value.....	96
22 The Results of Examining and Verifying the Learning Unit Drafts According to the Experts' Opinion.....	138
23 The Results of Assessing and Evaluating the Item Objective (IOC), Item Difficulty (p) and Item Discrimination (r) of the Scientific Reasoning Test....	139
24 The Results of Assessing and Evaluating the Item Objective (IOC), Item Difficulty (p) and Item Discrimination (r) of the Learning Achievement Test	140
25 Scientific Reasoning Scores from Field Trial and Confirmatory Study.....	142
26 Scientific Reasoning Average Pre-test and Post-test Scores from Confirmatory Study Classified by Type of Reasoning Skill.....	143
27 Learning Achievement Scores from Field Trial and Confirmatory Study.....	144
28 Learning Achievement Average Pre-test and Post-test Scores from Confirmatory Study Classified by Content.....	145
29 Learning Achievement Average Pre-test and Post-test Scores from Confirmatory Study Classified by Intellectual Skill.....	145
30 Attitude towards Science Pre-test Scores from Field Trial Study.....	146
31 Attitude towards Science Post-test Scores from Field Trial Study.....	148
32 Attitude towards Science Pre-test Scores from Confirmatory Study.....	150
33 Attitude towards Science Post-test Scores from Confirmatory Study.....	152
34 Attitude towards Science Average Pre-test and Post-test Scores from Confirmatory Study.....	154

LIST OF FIGURES

Figure	Page
1 Theoretical Framework of the Study.....	10
2 Vygotsky's Zone of Proximal Development	23
3 Predictor and Criterion Classification.....	40
4 Predictor and Criterion Classification of Students for Instructed and Uninstructed Group Score Distributions.....	41
5 Procedures of the Research Study.....	48
6 Five Steps of the Learning Cycle and Five Sub-tasks.....	74
7 Structure of Activities Based on the Fading Scaffold Technique.....	75
8 The Structure of Activities in Terms of Time and Openness Level of Inquiry.	84
9 Frequency Curves of the Scientific Reasoning Scores.....	88
10 Frequency Curves of the Learning Achievement Scores.....	93
11 Relationship between Age, Hypothetico-deductive Reasoning and Concept Understanding.....	115

CHAPTER 1

INTRODUCTION

1. Background

Contemporary science and society share a complicated interdependence. Scientific research is frequently based on the needs of a society and as well society often benefits from the scientific research output. As a result, the advance of science plays an important role in all dimensions of societies and shapes the development of social norms.

Almost all countries recognize science as important for their social and economic development. One crucial component in creating strength in science is the management of science education in order to prepare the citizens for living in the complex society as efficient producers and consumers (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). 2004: 1). Considering the knowledge-based society, people need to make personal and ethical decisions about a variety of controversial socio-scientific issues. These issues evolve today from the interactions of science and society and include cloning, genetically modified organisms (GMOs) and global warming (Sadler; & Zeidler. 2004: 5). These issues are difficult for individuals to make decision about because they are often open-ended, ill-structured problems with no definitive answers (Sadler. 2004: 514). Evaluating these issues requires an ability to assess the trustworthiness of the evidence, to distinguish among statistical correlations, causes and effects, hypotheses and observations, and to evaluate the extent of risk based on available information (Osborne; Simon; et al. 2001: 63). The impact of science on society makes it imperative that all individuals throughout the world become scientifically literate. Accordingly, countries all over the world require an on-going dynamic revision in the management of science education.

The Thai Basic Education Curriculum was also reformed as a result of the Thai National Education Act (TNEA) of 1999 in order to prepare students for the era of globalization (Office of The National Education Commission (ONEC). 1999: Online). As students become voting and empowered citizens after graduation, understanding of scientific concepts and scientific process will help them to make informed decisions about the complex issues facing them (Driver; Newton; & Osborne. 2000: 288).

Contrary to the goal of science education to prepare students to be rational thinkers, science is often portrayed from a “positivist perspective” as a subject in which there are clear “right answers” and where data lead students to accept conclusions without any questions (Kuhn. 1993: 320). In Thailand, Bhumirat (2001: Online) criticized that teaching and learning of science are based on the lecture approach where students typically focus on textbook-reading, note-taking and memorizing subject matter. Therefore, students tend to acknowledge the unproblematic collation of facts about the world without considering their origins or understanding the nature of constructing the knowledge.

Kuhn (Erduran; Simon; & Osborne. 2004: 917 ; citing Kuhn. 1962. The structure of scientific revolutions.) argued about the knowledge building process that science usually progresses through dispute, conflict and argumentation concerning the suitability of experimental design, the interpretation of evidence in the light of alternative theories and the validity of knowledge claims. Consequently, it is essential to reconceptualize the practices of science instruction to portray scientific knowledge as “socially constructed” because the function of a good science education is to accomplish the same thing in the context of science (Driver; Newton; & Osborne. 2000: 289; Osborne. 2004: Online). Previous studies have examined students’ scientific explanation and scientific reasoning, most of which uniformly indicated that students have difficulty in articulating and justifying their claims (e.g., Bell; & Linn (2000); Chinn; & Malhotra (2002); McNeill; & Krajcik (in press); Sadler (2004); Sandoval (2003); Jansawang (2005: 85)). As a result, establishing the authenticity of the knowledge building activity in classrooms is the crucial element in this study.

The researcher particularly recognizes the significance of scientific explanation or argumentation as a key component expressed during the process. Construction of scientific explanations requires students to use evidence from their inquiry to evaluate and revise their claims, and use relevant scientific principles to make the evidence more reliable. Students, therefore, need to pay more attention to all processes of their inquiry. That would be a foundation of rational thought for students to resolve scientific controversies that confront them in their everyday lives. Moreover, it is also an effective way to promote students’ achievement because a multitude of studies have shown significant relationships between formal reasoning ability and student achievement (Tobin. 2006: Online).

In classroom practice, most science teachers realize the importance of teaching and learning of science through scientific methods of inquiry. Hence, there are the efforts within constructivist rationales to engage students in the same thinking process and activities of scientists by placing them in investigative settings. Nevertheless, as described above, science instruction is still far from the real community of scientists since the problems to be investigated; the equipment to be used; the procedure; and the answer to the problems are all structured for the students by cookbook type laboratories (Furtak, 2006: 3), commonly called verification labs or traditional, direct instruction. This might partially affect students' articulation and justification of their claims because they lack understanding for the rationale of conducting experimental laboratories. Furthermore, they usually write conclusions following text books without fully understanding. As portrayed by Chinn; & Malhotra (2002: 186), text books or teachers usually present the theories, laws, or facts; therefore, students have no chance to experience constructing theoretical explanations on the basis of evidence.

This significant omission has also led to important shortcomings in the education that is provided about the epistemology of science (Lederman; & O'Malley. 1990: 236). As a result, a majority of studies found students' lack of views on nature of science (NOS) (e.g., Lederman; & O'Malley (1990); Sukjin; Scharmann; & Taehee (2005)). In order to better represent the nature of scientific inquiry, that is the heart of science, and help students improve their ability in scientific reasoning, the methods of scientific inquiry in a classroom should be more open-ended. The cookbook type laboratories should be replaced by non-structured inquiry so that rationales for doing such inquiry practices as identifying problems, planning and conducting experiments and drawing conclusions will be proposed ultimately by students themselves.

Implementing open-ended scientific inquiry at the beginning might be too difficult for students who are not familiar with these practices. Hackling (2005: Online) claimed that students need scaffolding as a way to get rid of the barriers in their learning. A teacher as a scaffolder will enable students to complete complex mental tasks that they could not complete without assistance (Pearson; & Fielding. 1991: 842). Hogan; & Pressley (1997: 85) suggest for a whole class scaffolding that the more students can regulate themselves, the more the teacher has time to scaffold other students in need. An effective way to help students internalize learning is via fading assistance over time. Students, therefore, need to think back how to complete the complex task by themselves. By this means, students

become more and more independent in deciding what to do next while they internalize the learning. As a result, the researcher considers the fading scaffold technique as an effective way to help students become familiar with open-ended scientific inquiry and to encourage student proposed scientific explanation within their class. Fading scaffold technique helps the students internalize learning and take more responsibility for their learning by gradually removing assistance over times to let them complete the complex task independently. The researcher believes that establishing open-ended activities which incorporate scientific explanation would not only make the classroom interactions much more like those of scientists, but also result in students' improvement in scientific reasoning, learning achievement and attitude towards science.

For the above reasons, it is crucial to improve instruction in science to reach the goals of science education. The researcher proposed to develop a learning unit which incorporated scientific explanation using the fading scaffold technique to promote middle school students' scientific reasoning skills. This learning unit titled "Matter in Daily Life" is based on the third strand of the Thai National Science Curriculum Standards.

2. Objectives of the Study

The research objectives include as follows.

1. To develop and implement a learning unit which incorporate scientific explanation to promote the scientific reasoning skills of middle school students;
2. To evaluate the result of this implementation with regard to the scientific reasoning skills of the students;
3. To evaluate the result of this implementation with regard to the learning achievement of the students; and
4. To evaluate the result of the implementation with regard to the students' attitude towards science.

3. Significance of the Study

The results of the study are to inform science teachers and educators in ways of providing a deeper understanding in the area of supporting open-ended scientific inquiry and promoting scientific explanation which support scientific reasoning skills of students. Participating teachers have opportunities to consider the extent to which their current instruction is consistent with this awareness and how it might be influential in their future planning of instruction. In addition, it is possible for other participants to incorporate the principles of the learning unit into their own thinking and teaching for other strands and skills.

4. Scope of the Study

4.1 Sources of Data

4.1.1 Sources of Data in Field Trial Study

4.1.1.1 Teacher

A science teacher who has six and half years experiences in teaching science and chemistry for middle school and high school students respectively at Khon Kaen University Demonstration School in Khon Kaen province.

4.1.1.2 Student

Population

Three classrooms of seventh grade students who studied science topics based on the third strand of the Thai National Science Curriculum Standards in the second half of the first semester of the 2007 academic year at Khon Kaen University Demonstration School in Khon Kaen province.

Sample

A classroom of seventh grade students (49 students) who studied science topics based on the third strand of the Thai National Science Curriculum Standards in the second half of the first semester of the 2007 academic year at Khon Kaen University Demonstration School in Khon Kaen province.

4.1.2 Sources of Data in Confirmatory Study

4.1.2.1 Teacher

A science teacher who has five and half years experiences in teaching science and chemistry for middle school and high school students respectively at Wattananakorn School in Srakaao province.

4.1.2.2 Student

Population

Four classrooms of seventh grade students who studied science topics based on the third strand of the Thai National Science Curriculum Standards in the first half of the second semester of the 2007 academic year at Wattananakorn School, Srakaao province.

Sample

A classroom of seventh grade students (43 students) who studied science topics based on the third strand of the Thai National Science Curriculum Standards in the first half of the second semester of the 2007 academic year at Wattananakorn School, Srakaao province.

4.2 Variables

4.2.1 Independent Variable

The instruction using the learning unit “Matter in Daily Life”

4.2.2 Dependent Variables

1. Scientific reasoning skills
2. Learning achievement
3. Attitude towards science

4.3 Operational Definitions

1. “The Learning Unit” The learning unit titled “Matter in Daily Life” was designed to promote middle school students’ scientific reasoning skills by applying the fading scaffold technique to support open-ended scientific inquiry and scientific explanation. Topics in the learning unit including matter and properties of matter, classification of matters, solution, separation of matters and acid-base solution are based on the third strand of the Thai National Science Curriculum Standards. The learning unit takes 23 periods of classroom participation (1 period = 50 minutes).

2. “Scientific Reasoning Skills” These are skills used to explain any phenomenon and based on hypothetical-deductive (HD) thinking patterns that enable students to imagine possible relations of factors, deduce the consequences of these relations, and then empirically verify which of those consequences actually occurs. Students’ scientific reasoning skills were assessed by a scientific reasoning test. This test assesses four HD thinking patterns: identification and the control of variables, proportional thinking, probabilistic thinking and correlational thinking.

3. “Fading Scaffold Technique” The technique to adjust instructional support to promote learning development of a student. Namely, structure of inquiry activity is withdrawn gradually while complexity of the inquiry tasks is faded in simultaneously with the aims of helping students internalize scientific inquiry process and becoming less dependent on the teacher’s help for what to do next. It aims also to facilitate in the transfer of these newly gained scientific inquiry skills and knowledge to a new context. Finally, the students should be able to conduct and complete independently scientific inquiries.

4. “A Scientific Explanation” This is a written or oral response to a question that requires students to use evidence from their inquiry to evaluate and revise their claims, and to connect the evidence to the relevant scientific principles. Scientific explanation framework was drawn from Kuhn; & Reiser (2004: 7-9). It includes three components: namely, claim, evidence and reasoning.

4.1. “Claim” An assertion or testable statement that answers the question posed.

4.2. “Evidence” Scientific information that supports the claim; these data (both qualitative and quantitative data) come from the students’ investigations or other sources, such as reading materials, learning resources, etc. To effectively support the claim, the data need to be appropriate, relevant to the question and related to the given claim, and sufficient, using the necessary quantity of evidence to convince audiences.

4.3. “Reasoning” A justification which includes scientific principles to show why the evidence supports the claim.

5. “Learning Achievement” Ability in learning through the learning unit, assessed by a learning achievement test. This test assesses four categories of behavior: knowledge, comprehension, science process skills and application.

6. “Attitude towards Science” Feelings that the student has about science based on their beliefs about science. Students’ attitude towards science in this study was assessed by an attitude towards science measure. The attitude towards science measure aimed to examine the students’ cognitive and emotional opinions about six aspects of science; learning science in school, self-concept in science, practical work in science, science outside of school, future participation in science and importance of science.

7. “Teacher’s Opinion towards the Learning Unit” The expression of the participating teacher’s feeling regarding the learning unit. This expression is assessed by the teacher’s opinion towards the learning unit interview form.

8. “Cut-off Score” The score used as a criterion to distinguish students to be master or non-master in scientific reasoning and learning achievement after learning through the learning unit. The cut-off score is determined by Berk’s method (Berk. 1976: 4-9).

5. Theoretical Framework

According to the knowledge-based society, people usually face a multitude of controversial socio-scientific issues. Good science education, therefore, should prepare students for living in a complex society (IPST. 2004: 1). The Thai Basic Education Curriculum was revised and modernized as a result of the TNEA of 1999 in order to prepare students for this era (ONEC. 1999: Online). Well prepared students will be able to use their understanding of scientific concepts and scientific process to make informed decisions about the complex issues confronting them in their daily life. At this point of time, rational thinking is considered as a crucial skill for students, but unfortunately classroom practices usually portray a “positivist perspective” of science as a subject in which there are clear “right answers” (Driver; Newton; & Osborne. 2000: 288; Kuhn. 1993: 320).

Moreover, most scientific inquiry is typically in the form of cookbook type laboratories leading students to accept conclusions without any questions. These practices are not consistent to the goal of science education as dictated above. Students tend to memorize facts, laws and theories in textbooks for taking a test or making a conclusion of their inquiry. As a consequence, a multitude of previous studies found that most students had difficulty with scientific explanation and scientific reasoning (e.g., Bell; & Linn (2000); McNeill; & Krajcik (in press); Sadler (2004); Sandoval (2003); Jansawang (2005: 85)).

These findings reflected scientific reasoning of the students.

As a result, these reasons lead directly to the development of a learning unit which incorporates scientific explanation by increasing non-structured inquiry practice gradually. Implementing non-structured scientific inquiry with scientific explanation, using information from their inquiry to articulate and justify their claims, would be a foundation of rational thought to promote scientific reasoning skills of a student. To enable the student to complete these challenge tasks, the fading scaffold technique would be helpful to design learning activity. Applying this technique to design the activity which is changed from being structured to non-structured over time would be effective to familiarize the student gradually with the new tasks. In doing so, the students can learn primarily how to think from the structured or teacher-directed activity. Then, they internalize and apply these thinking skills in a next lesson which is more student-directed activity. An open-ended scientific inquiry allows the students to choose a topic that interests them also. Scientific explanation is also an evidence for the teacher to scaffold the students' thinking. The researcher believes that these processes are potential in improvement of the students' scientific reasoning skills, learning achievement and attitude towards science. The scheme for the theoretical framework is depicted in Figure 1.

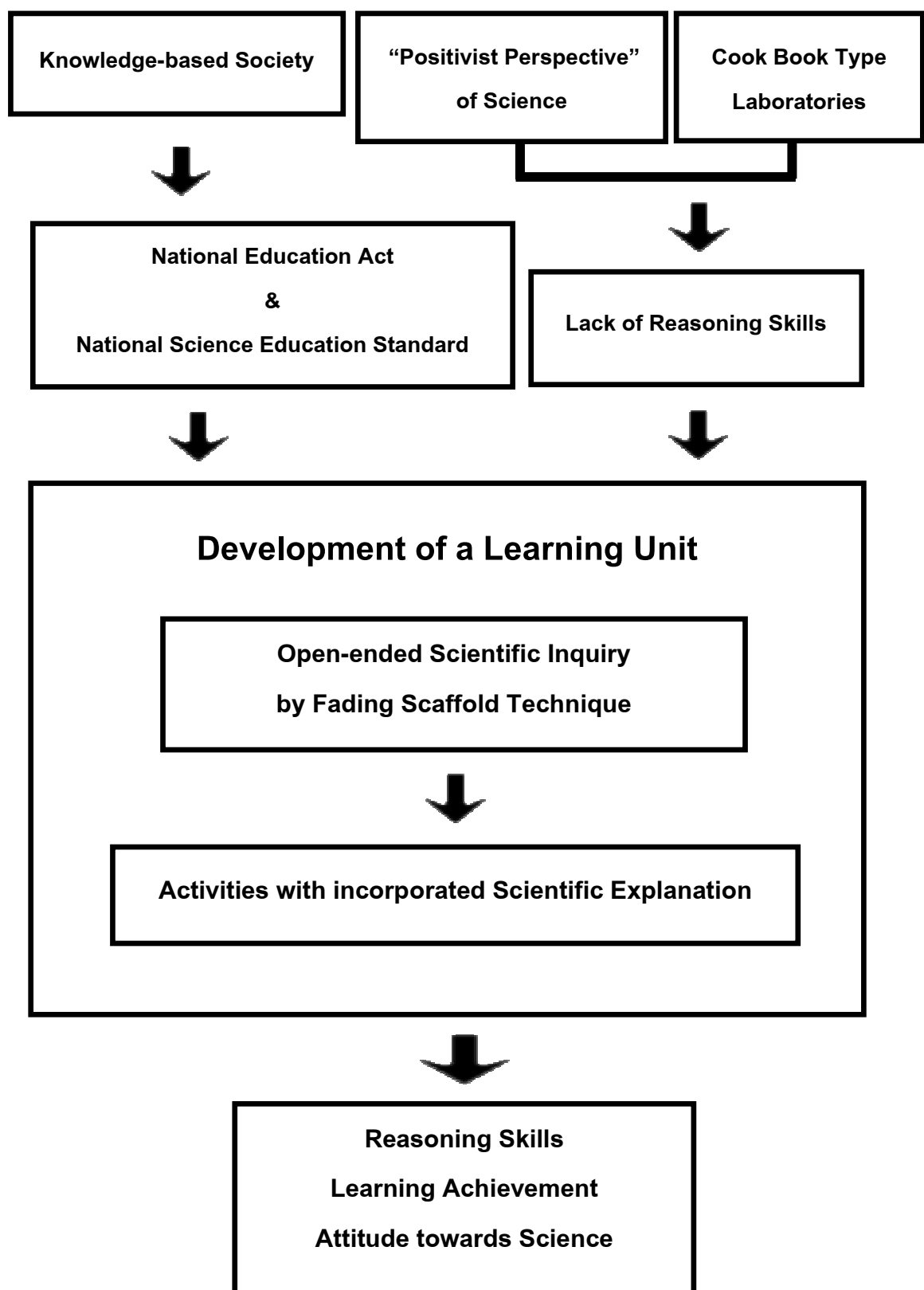


FIGURE 1 THEORETICAL FRAMEWORK OF THE STUDY

6. Research Hypotheses

The hypotheses of this study are as follows.

1. The students' scientific reasoning mean score after the instruction using the learning unit is higher than the scientific reasoning cut-off score at the 0.05 level of significance.
2. The students' learning achievement mean score after the instruction using the learning unit is higher than the learning achievement cut-off score at the 0.05 level of significance.
3. The students' scientific reasoning post-test scores positively correlate to the students' learning achievement post-test scores at the 0.05 level of significance.
4. The students' attitude towards science mean score after the instruction using the learning unit is higher than before at the 0.05 level of significance.
5. The students' attitude towards science after the instruction using the learning unit is at the high level at the 0.05 level of significance.

CHAPTER 2

LITERATURE REVIEW

To frame the research study, it is important to review all related documents. These references provide the framework for the research questions: namely 1) whether the activities in the learning unit support students' scientific reasoning skills, 2) whether the activities in the learning unit support students' learning achievement, 3) whether the activities in the learning unit support students' attitude towards science, and 4) whether the activities in the learning unit positively affect the participating teacher's opinion towards the learning unit. This literature review provides an appropriate explanation for the following topics.

1. The Thai Basic Education Curriculum B.E. 2544 (A.D. 2001)
2. Inquiry-based Instruction
3. Scaffolding Technique
4. Scientific Reasoning
5. Scientific Explanation
6. Educational Assessment

1. The Thai Basic Education Curriculum B.E. 2544 (A.D. 2001)

1.1 Basic Education Curriculum Reform

Rapid advancements in society result in on-going economic, social and cultural changes. These changes call for frequent revision of the national education curriculum to prepare all individuals to become productive members of the knowledge-based society. Educational research has highlighted some limitations and weakness within the Curriculum B.E. 2521 (revised B.E. 2533). Hence, the National Education Act was promulgated in B.E. 2542 (A.D. 1999) for the first time of Thailand's education history (Office of The National Education Commission (ONEC): Thailand. 1999). Various facets of education such as education management and the basic education curriculum were reformed as a result of the National Education Act. The ultimate goals of the reform are to foster morality, intellectual development, happiness, competitive potential and creative/positive competition in the new world arena. The basic education curriculum takes 12 years to complete, covering 4 key stages: A) primary education grades 1-3, B) primary education grades 4-6, C) secondary

education grades 7-9 and D) secondary education grades 10-12. Additionally, it has been organized at two levels: 1) national level and 2) institutional level. The purposes at national level are to preserve Thai identity, good citizenship, a desirable way of life, livelihood and for further education. At institutional level, educational institutions are required to develop a curricular substance relating to the needs of the community and society, local wisdom and attributes of desirable members of the family, community, society and nation. Teachers, learners, educational administrators, parents and all concerned are urged to be appreciative and involved in learning reform based on a learner-centered approach so that learning will be focused on real life. Through a lifelong process, the new culture of learning will lead to the development of learners in all respects: physical, emotional, social and intellectual. All Thai people will have the opportunity to access lifelong learning and keep up with the changing world of new knowledge and information technology with Thai wisdom as an essential basis for human development. There are 8 subject areas in the Basic Education Curriculum: 1) Thai Language, 2) Mathematics, 3) Science, 4) Social Studies, 5) Religion and Culture, 6) Health Education and Physical Education, 7) Art, Career and Technology-Related Education and 8) Foreign Languages. The details about the science subject area are explained in the next section.

1.2 National Science Curriculum Standards

Science is one of the major subject groups in the Basic Education Curriculum B.E. 2544 (A.D. 2001) (Ministry of Education. 2002) because of its significant role in all dimensions of the society such as economy, medicines and medical procedures, and current modes of living. The subject matter of Science Curriculum Standards encompasses the following 8 main sub-strands for all learners in basic education.

Sub-strand 1: Living Things and Living Processes

Sub-strand 2: Life and Environment

Sub-strand 3: Matter and Properties of Matter

Sub-strand 4: Forces and Motion

Sub-strand 5: Energy

Sub-strand 6: Processes that Shape the Earth

Sub-strand 7: Astronomy and Space

Sub-strand 8: Nature of Science and Technology

Sub-strand 3 covers two standards as follows.

This research study will focus on Sub-strand 3: Matter and Properties of Matter which is composed of two standards shown below.

Standard Sc 3.1: The student should be able to understand (1) properties of matter, (2) relationship between properties and structures and (3) forces among particles. The student should have a scientific mind and have mastery of investigative processes. The student should have the ability to communicate knowledge acquired and apply it positively.

Standard Sc 3.2: The student should be able to understand the principles and nature of (1) changes of state of matter, (2) formation of solutions and (3) chemical reactivity. The student should have a scientific mind and have mastery of investigative processes. The student should have the ability to communicate knowledge acquired and apply it positively.

In practice, these two standards will be interpreted into specific learning standards for each key stage depending on individual school. In this study, some parts of the above standards which are proper for middle school students will be used to determine expected learning outcomes for development of the learning unit.

2. Inquiry-based Instruction

Developing adequate understanding of scientific inquiry has been a long-standing instructional objective of science education (Bell; et al. 2003: 502). DeBoer (1991: 206) said that "if a single word had to be chosen to describe the goals of science education during the 30-year period that began in the late 1950s, it would have to be INQUIRY". Although there is a reform in science education in many countries, science educators at present still emphasize the importance of developing students' inquiry practices because most traditional instruction does not promote a cycle of inquiry skills such as asking questions, seeking answers and reflecting on findings. Instead, our schools rely primarily on mastery of content. Students are conditioned not to question, but simply listen and supply the expected answers. Additionally, assessment is normally based on students repeating the right answer while the steps taken to reach that final stage are often overlooked. Brown, et al. (2006: Abstract) unexpectedly found in their study that even college science faculty members hold an "all-or-nothing" view of inquiry. Lacking of understanding about inquiry is one of the barriers influencing the success of inquiry-based

instruction. Consequently, the researcher essentially reviewed literatures about inquiry-based instruction in order to gain deeply understanding and then successfully apply the idea. Next section elaborates various conceptions of inquiry-based instruction.

2.1 Conceptualizing the Term “Inquiry-based Instruction”

The term “scientific inquiry” is a well known term among scientists, science educators and science teachers. The definitions are divided into two major groups: 1) scientific inquiry is the way of doing science, and 2) scientific inquiry is the method in teaching and learning of science. This part will provide conception of this term in both views. The National Research Council (NRC) (1996: 23) defines inquiry as

a multifaceted activity that involves making observations; posing questions; examining books and other sources of information to see what is already known; planning investigations; reviewing what is already known in light of experimental evidence; using tools to gather, analyze and interpret data; proposing answers, explanations and predictions and communicating the results. Inquiry requires identification of assumptions, use of critical and logical thinking and consideration of alternative explanations.

The above definition seems to be an epistemological view. In an instructional view, scientific inquiry refers to the activities of students in which they develop knowledge and understanding of scientific ideas, and understanding of scientific practices. Similar to Sandoval’s definition (2005: 636), scientific inquiry is as

a process of asking questions, generating and pursuing strategies to investigate those questions by generating data, analyzing and interpreting those data, drawing conclusions from them, communicating those conclusions, applying conclusions back to the original question, and perhaps following up on new questions that arise.

Sandoval defines scientific inquiry in an instructional view as a way of organizing activities in the classroom. Likewise, the National Science Foundation (NSF) (2000: 2) defines scientific inquiry as an approach to exploring the natural or material world. The process involves asking questions, making discoveries and rigorously testing those discoveries in the search for new knowledge. NSF additionally proposes that inquiry in science education should mirror as closely as possible the real scientific knowledge building processes. In addition, Deboer (2005: 17-18) refers scientific inquiry to the general

processes of investigation that scientists use to explore the natural world and inquiry teaching involves pedagogical approaches that mirror the scientists' community in classrooms by emphasizing questioning, investigating and problem solving. Furtak (2006: 2) similarly defines scientific inquiry as a method of science teaching that engages students in the same thinking processes and activities of scientists in investigative settings. Students design and conduct investigations to find answers on their own rather than being told by their teacher.

The above definitions in instructional view might lead to the mistaken belief that inquiry-based instruction is only done in laboratory. In fact, it can also be done in lectures that provoke students' thinking and questioning. If teachers focus more on how we know things by presenting evidence and information and encouraging students' questioning, then talks can even become powerful inquiry for students. In other words, collaborative meaning making can take place through discourse (Thirteen WNET New York. 2004: Online). In conclusion, inquiry-based instruction is an effective pedagogical approach to help students develop knowledge and understanding in scientific concepts and understanding of scientific practices by placing them in the same thinking processes and activities as scientists do to find out answers for particular questions.

2.2 Purposes of Inquiry-based Instruction

Deboer (2005: 19) specified the purposes of inquiry-based instruction as follows.

1. Preparation of Future Scientists: Prospect scientists need to engage in scientific practices to understand the nature of scientific works and gain experiences in the discipline such as familiarity with the methodologies, equipment, taking and recording measurement, collecting and analyzing data, supporting and refuting scientific claims.

2. Preparation of Citizens for the New Era: People who may not become scientists still need to develop inquiring attitude and inquiry skills needed to search for answers for many issues facing them in the era of globalization. The practices will make them become rational thinkers.

3. Strengthening Learning of Science: Inquiry-based instruction is an effective method to strengthen not only scientific knowledge but also an understanding of the methods of science since, as described by Furtak above, it is a way to engage students in the same thinking processes and practices of scientists.

4. Increasing Motivation and Effort: Inquiry-based instruction can increase students' intrinsic motivation and efforts to be more effective and meaningful because they have more control over their own learning in an investigative way rather than being told by their teacher. Learning becomes almost effortless when something fascinates students and reflects their interests and goals.

Inquiry-based instruction seems to be a key useful method for science education because it is the teaching method for not only prospective scientists but also for all. Furthermore, it helps students gain not only scientific knowledge, but also understanding of scientific practices. Next section highlights the differences between inquiry-based instruction and traditional approach.

2.3 How does Inquiry-based Instruction Differ from the Traditional Approach?

Thirteen WNET New York (2004: Online) illustrates the differences between inquiry-based instruction and traditional approach in many aspects as follows.

TABLE 1 THE DIFFERENCES BETWEEN INQUIRY-BASED INSTRUCTION AND TRADUTIONAL APPROACH

Inquiry-based Instruction	Traditional Approach
Inquiry-based instruction is more focused on using and learning content as a means to develop information processing and problem solving skills.	Traditional approach is focused on mastery of content with less emphasis on the development of science process skills and scientific mind.
Arrangement is more student-centered with the teacher as a facilitator of learning. Students are more involved in the knowledge construction rather than being told by the teacher.	Arrangement is teacher-centered. Students are the receivers of what is already known.
Assessment is focused on determining the progress of skill development in addition to content understanding.	Assessment is only focused on determining the ability to memorize facts and information from text books or what the teacher said.
Inquiry-based instruction has concern equally with in-school success and helping students learn to learn throughout their life.	Traditional approach is more concerned with preparation for the next grade level and in-school success than preparation for life-long learning.

TABLE 1 (Continued)

Inquiry-based Instruction	Traditional Approach
Inquiry-based instruction is an opened system where students are encouraged to search and make use of resources beyond the classroom and the school.	Traditional approach is a closed system where students are limited to using what is available in the classroom or within the school.
Teachers use technology to connect students with local and world communities which are rich sources of learning and learning materials.	Teachers focus on learning about technology rather than its application to enhance student learning.
Teachers replace lesson plans with facilitated learning plans that account for slight deviations while still keeping an important learning outcome in focus. They usually respond "how do you suggest we investigate that question?" to questions from students.	Lesson plans are used to organize learning processes for the whole class and the teachers usually respond "we will get to that later" to students' questions.

From: Thirteen WNET New York. (2004). *Inquiry-Based Learning*. (Online).

The above information shows that inquiry-based instruction is considerable different from the traditional approach. Although it seems to be a superior way for teaching of science, inquiry-based instruction might be superior if this kind of instruction is integrated into any other techniques to enhance student learning. However, inquiry-based instruction can be applied by degree and the teachers, therefore, need to adjust their instruction to be the most suitable for their students. Various degrees of scientific inquiry in a classroom are illustrated in next section.

2.4 Openness Levels of Scientific Inquiry in a Classroom

In using the ideal scientific inquiry approach, students have opportunities to raise their own questions, plan and design experimentation and conduct investigations to find out answers. They are given ample time to reflect their own ideas, to engage in dialogue for developing their conceptual ideas, and to defend their findings to others. However, implementing inquiry-based instruction in a real setting can vary in the degree of openness which can be classified by the following levels and criteria in Table 2 (Hackling. 2005: 2).

The degrees of openness are sorted by levels depending on who (the teacher or student) decides the problem to be investigated, the equipment to be used, the procedure to find answers and the conclusions to be drawn. Unfortunately, most science practices in a classroom are usually lab verifications or cookbook type laboratories. From Lederman; & O'Malley's study (1990: 236), students felt that scientific investigations can not be the best way to promote their perspectives on the nature of science (NOS) because these practices "always come out the same". Previous statement refers to the cookbook type laboratories. Consequently, there is a need to change style of teaching if we would like to enhance students' understanding in scientific concepts, scientific practices and scientific mind. The teacher might have a good idea of what scientific concepts students should learn; then allows for a lot of variation in the students' investigations, and recognizes that there might be many solutions to the same problem.

TABLE 2 OPENNESS LEVELS OF SCIENTIFIC INQUIRY

Level	Problem	Equipment	Procedure	Answer	Common name
0	Given	Given	Given	Given	Verification
1	Given	Given	Given	Open	Guided inquiry
2a	Given	Given	Open	Open	Open-guided inquiry
2b	Given	Open	Open	Open	Open-guided inquiry
3	Open	Open	Open	Open	Open-ended inquiry

From: Mark W. Hackling. (2005). *Working Scientifically: Implementing and Assessing Open Investigation Work in Science*. p. 2.

2.5 5Es Instructional Model

In the late 1980s, the Biological Sciences Curriculum Study (BSCS) developed an instructional model, the 5E Instructional Model (5Es) for framing a sequence and organization of programs, units and lessons. The model was adapted from the Science Curriculum Improvement Study (SCIS) learning cycle, the model for science teaching, initially developed by J. Myron Atkin and Robert Karplus. Karplus began connecting the developmental psychology of Jean Piaget to the design of instructional materials and science teaching by 1961. He subsequently collaborated with Atkin in 1961 on a model of guided discovery in instructional materials and continued refining his ideas and the

instructional model from his studies. By 1967, Karplus and Herbert publicized the SCIS learning cycle by using the original terms consisting of the sequence: exploration, invention and discovery to identify the phases and sequence of the model.

In the 1980s, Anton E. Lawson and others slightly modified the terms used for the learning cycle. The modified terms are exploration, term introduction and concept application. Although there were changes in terminology, the conceptual foundation of the learning cycle remained essentially the same (BSCS. 2006: Online). A number of studies have shown that the SCIS learning cycle has many advantages when compared with other approaches to instruction. The learning cycle encourages learners to think creatively and critically, facilitates a better understanding of scientific concepts, develops positive attitude towards science, improves science process skills and cultivates advanced reasoning skills (Lawson. 1995: 418–431). Moreover, it has been applied successfully in different educational settings.

The 5Es which was innovated by BSCS has five elements, three of which are fundamentally equivalent to the three phases of the SCIS learning cycle. Each phase has a specific function and contributes to the teacher's coherent instruction and to the learner's formulation of a better understanding of scientific and technological knowledge, attitude and skills. Details for each part are described below (BSCS. 2006: Online).

Engagement: A teacher or a curriculum task accesses the students' prior knowledge and helps them become engaged in a new concept through the use of short activities that promote curiosity and elicit prior knowledge. The activities should connect past and present learning experiences, expose prior conceptions and organize students' thinking towards the learning outcomes of current activities.

Exploration: Exploration experiences provide students with activities within which current concepts (i.e., misconceptions), processes and skills are identified and conceptual change is facilitated. The students may complete the activities by using their prior knowledge to generate new ideas, explore questions and possibilities, and design and conduct a preliminary investigation.

Explanation: This phase focuses students' attention on a particular aspect of their engagement and exploration experiences and provides opportunities to demonstrate their conceptual understanding, process skills, or behaviors. The teacher also has opportunities to directly introduce a concept, process, or skill guiding the students towards a deeper understanding, which is a critical part of this phase.

Elaboration: The teacher challenges and extends students' conceptual understanding and skills through new situations. The students develop deeper and broader understanding, more information and adequate skills by applying their understanding of the concept in conducting additional activities.

Evaluation: This phase encourages students to assess their understanding and abilities and also provides opportunities for the teacher to evaluate students' progress towards the learning objectives.

The BSCS summarized successful uses of the 5Es in three categories: 1) documents that frame larger pieces of work such as curriculum frameworks, assessment guidelines, or course outlines, 2) curriculum materials of various lengths and sizes, and 3) adaptations for teacher professional development, informal education settings and disciplines other than science. The BSCS's report shows that the 5Es is an efficient instructional model for science education.

2.6 Research Related to Inquiry-based Instruction

Many researchers focused their attempts on improving students' learning of science by using inquiry-based instruction. A multitude of studies have been supportive generally of inquiry approaches. Inquiry-based programs at the middle-school level have been found to enhance generally student performance, particularly related to laboratory skills and skills of graphing and interpreting data. Moreover, many studies show that inquiry-based instruction is effective in fostering scientific literacy and understanding of science processes, vocabulary knowledge and conceptual understanding, critical thinking, positive attitude towards science, higher achievement and construction of logico-mathematical knowledge (Haury. 1993: Online). The following studies are some examples that have shown benefits of inquiry-based instruction.

Lord; & Orkwiszewski (2006: 343-345) studied the results of inquiry-based activities with 100 college students enrolled in non-majors introductory biology classes. The students were divided into 4 groups. They all attended the same class and utilized the same materials to meet the same objectives in the course but the investigative procedures were different. Two of the groups followed laboratory manual, control group. The other two followed inquiry-based activities prepared by their instructors, experimental group. This study has shown that the students from inquiry-based labs learn more biology than the other two groups, and they enjoy the investigations more than the control group. Besides,

the study revealed that the inquiry approach enhanced the students' science attitude and reasoning skills during the year.

Tanaprayothsak (2005: 100) developed a science curriculum on natural resources and environmental pollution related to real-life issues for tenth graders by using inquiry cycle. The results indicated that inquiry-based instruction enables students to develop thinking processes, creative thinking skill, scientific skill and communication skill. In addition, it is claimed that inquiry-based instruction is an effective way to promote students' responsibilities in their learning. As shown in Hofstein; Shore; & Kipnis's study (2004: 58-59), they provided high school students with opportunities to learn in an authentic environment by conducting the experiments. The students were able to practice inquiry skills such as asking questions, hypothesizing, suggesting a further question and planning their own investigation. The analysis of students' laboratory reports showed clearly that the experienced students not only improved their ability to ask better and more relevant questions than less experienced students, but also they suggested better organized experiments and more sophisticated and reliable equipment.

Gibson; & Chase (2002: 703) examined the long-term impact of the Summer Science Exploration Program (SSEP), a 2-week inquiry-based science camp, on middle-school students. They found that SSEP students maintained a more positive attitude towards science and a higher interest in science careers than students who applied to the program but were not selected to attend the program. The findings suggest that teaching science by using an inquiry-based approach is helpful for students to remain interest and become motivated to put more effort on their studies. From Smith; et al.'s study (2000: 402-403), sixth graders who actively participated in the constructivist classroom had developed a sophisticated constructivist epistemology of science. In contrast, students in the more traditional science classroom had developed a knowledge unproblematic epistemology of science.

In summary, inquiry-based instruction is recognized as an efficient method for science education. Memorizing facts and information is no longer the most important skill in today's world. Information is readily available; therefore, skills for seeking new knowledge and using existed data critically are vital. As a result, the main goal of this research study is an attempt to promote these skills for children by the inquiry practices in a classroom.

3. Scaffolding Technique

Scaffolding is not a totally new approach to teaching. It is simply a framework that unifies elements of responsive teaching which is a powerful technique enabling students to complete complex mental tasks. The next section outlines and discusses the origin and concept of the scaffolding technique.

3.1 Conceptualizing the Term “Scaffolding Technique”

Scaffolding instruction originates from Lev Vygotsky’s sociocultural theory and his concept, zone of proximal development (ZPD). The ZPD is “the distance between the actual developmental level as determined by independent problem solving and the level of potential development as determined through problem solving under adult guidance or in collaboration with more capable peers” (Vygotsky. 1978: 86). Shifting of boundaries of a student’s ZPD when he/she receives appropriate support is depicted in Figure 2.

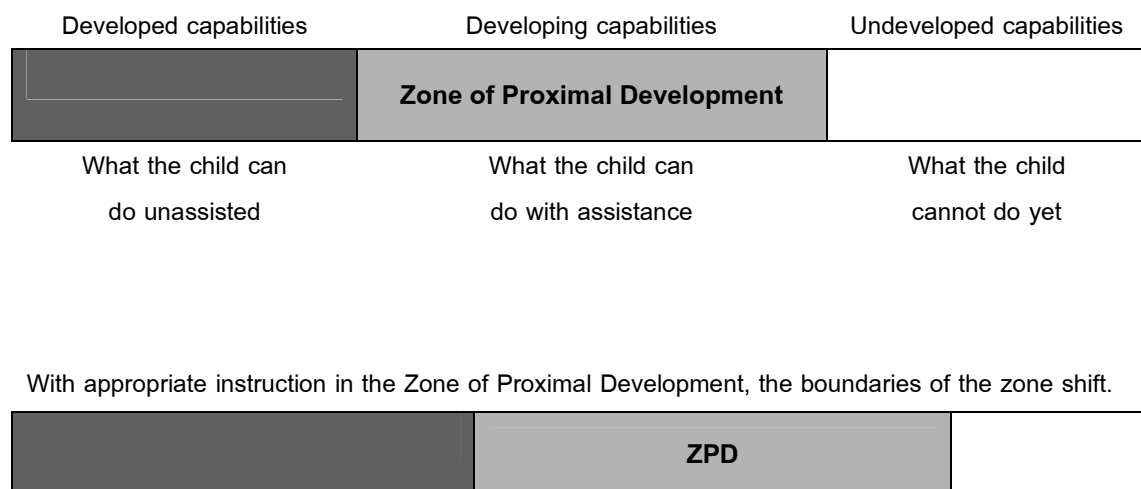


FIGURE 2 VYGOTSKY’S ZONE OF PROXIMAL DEVELOPMENT (Vygotsky. 1978: 86)

From: Lev S. Vygotsky. (1978). *Mind in society: The Development of Higher Psychological Processes*. p. 86.

Providing assistance to bridge the ZPD refers to elements of scaffolding, a strategy that helps reducing learning ambiguity and increasing growth opportunities. Hogan (1997: 1-2) purposes that scaffolding is not only a tool for acculturating students into the

thinking patterns of experts, but also an effective way to help students carry out discrete learning tasks. Gaskins; et al. (1997: 47) define scaffolding as “explaining, demonstrating and jointly constructing an idealized version of a performance. Scaffolding elements involve recruiting student’s interest, reducing the number of steps so that the task is manageable, maintaining students’ persistence towards the goal, making critical features evident and controlling frustration and risk”.

The scaffolding metaphor was originally developed to describe the support given by a more knowledgeable person in a one-to-one interaction. Afterwards, the technique has been applied, transformed and generalized in schooling. In a classroom, a teacher or more capable peer serves as a social partner who provides the less advanced student with guidance or assistance to enable him/her to complete a complicated cognitive task. The role of social interaction in determining its precise boundaries is very important because providing help too far in advance of the child would not be helpful (Driscoll. 2005: 254-257). Additionally, the assistance should be gradually removed over times to let students take more responsibility for their learning until they could complete independently the tasks. Hogan; & Pressley (1997: 78) identify similar roles of psychological scaffolding for a student and physical scaffolding for a builder as follows.

1. it helps ensure the student’s accomplishment
2. it extends the student’s capability into a higher level, and
3. it can be faded away as the student becomes more responsible.

Effective scaffolding requires extensive insights into individual student; therefore the teacher needs to have solid content knowledge and solid pedagogical knowledge. In this sense, the technique of scaffolding is as inquiry teaching. As described by Rankin (2000: 36-37), the teacher's role in the inquiry classroom as a facilitator is very active and dynamic. During the inquiry practices, the teacher walks around the room, interacts with students during experimentation, listens to their questions and ideas, continuously assesses their progress and determines the appropriate next steps for their learning. In conclusion, scaffolding instruction provides supports based on individual student’s ZPD through a more knowledgeable person, the teacher or peer. The assistance facilitates the learner in accomplishment of learning tasks which are beyond the level of what the learner can do alone by building on his/her prior knowledge and internalizing new information. In order to provide proper assistance, the teacher needs to know what a student already knows, what competencies are within his/her reach, what his/her misconceptions are, and what the sources of the problems are. To be successful,

scaffolding requires the teacher to make students feel safe to communicate their ideas. The teacher should not evaluate their ideas, but encourage them to explore and develop their thoughts aloud. Sustained across an entire school day, this approach takes a great deal of energy and commitment.

3.2 The Challenges of Scaffolding in Classroom Setting

There has been little research done on scaffolding academic tasks in whole class settings because of many challenges. Big challenges for a teacher in whole class scaffolding are dealing with time constraint, the complexity of each individual student's ZPD, and difference in the amount of prompting each student's need. Because of varying place in each student learning, the teacher needs to provide varying amounts of scaffolding for some students as they are struggling to internalize new knowledge. Moreover, an individual's need for assistance differs from task to task (Hogan; & Pressley. 1997: 84). As a result, the process of scaffolding demands a full range of good teaching skills requiring a teacher's full awareness, insight, knowledge, abilities and sensitivity (p. 76) as described above. However, what follow are some means that might help to diminish these problems (pp. 84-85).

1. Organizing Students to Work in Groups: If students are organized to work in groups, the teacher scaffolds groups of students rather than all students, which makes it possible for each group to receive the teacher's attention during a class period. In addition, it takes less time than scaffolding a whole class setting. This refers to cooperative learning which is the way to encourage students to become actively involved with their learning by working together, sharing their ideas and providing assistance to their peers. This method fits nicely within the social constructivist view.

2. Providing Students a Written Scaffold: Another approach to decrease the problems in scaffolding a whole class setting is to provide students with tools such as cue cards or question cards which are temporary supporting structures that help the students complete the tasks.

3. Fostering Self-regulated Learning: The more students can regulate themselves; the more the teacher has time to scaffold other students in need. A ways to help the student internalize learning and take more responsibility of their learning is gradually removing assistance over times to help him/her complete the complex task independently. Due to fading assistance over time, students need to develop the ability to

think back on their own on how to complete the task. As a result, students become more and more independent in what to do next while they internalize the learning. This is contrary to most classroom tasks that emphasize the rote memorization and recall of facts and skills. These tasks do not promote the acquisition of metacognitive processes necessary for independent learning skills.

3.3 Research Related to Scaffolding

Although there are many challenges in scaffolding a whole class setting, many studies have shown that scaffolding is an effective way to promote students' learning. What follow are some researches which successfully used scaffolding technique in a large scale setting.

McNeill; et al. (2006: 181) investigated the effects of scaffolds in instructional materials to support the construction of scientific explanation in seventh grade students during 8-weeks project-based chemistry unit. Two types of written scaffolds were studied: 1) continuous support, providing detailed support for every investigation, and 2) faded support, providing less support over time. The analyses have shown that fading scaffold better prepared students to construct scientific explanations when they were no longer provided with the support and the students gained significant learning in all components of scientific explanation (i.e., claim, evidence and reasoning). Hogan; Nastasi; & Pressley (2000: 380) examined the discourse components, interaction patterns and reasoning complexity of eighth grade students in science classrooms. The teachers engaged in thoughtful dialogue with students, like novice-expert interaction and prompted students by using Socratic questioning as instructional scaffolding to expand and clarify their thinking without directly providing information. The study revealed that the discussion affected students on the management of ideas, use of thinking tactics, and adherence to intellectual standards such as clarity and coherence. In summary, the students reached higher levels of reasoning and explanations.

As described in former section, Smith, et al. (2000: 350) successfully developed sixth graders' epistemological view towards science by using elements of a constructivist pedagogy. In depth, the teacher guided and scaffolded the students during their investigation of scientific ideas and their reflection on their inquiry. In addition, many researchers successfully used technology-based scaffolds for large scale settings. As benefits of advanced technology, scaffolders can save both their energy and their time. For

instance, Land; & Zembal-Saul (2003: 79) provided college students enrolled in a physical science course various technology-based scaffolds to help them develop and revise evidence-based explanations about the nature of light during a long term project based learning experience. Findings have shown that the computer-based scaffolds were useful to support articulation, reflection and revision of explanations. However, the utility of the computer scaffolds was dependent on the extent to which the kinds of processing they supported were accessible to the learners. In addition to science classes, Rittle-Johnson; & Koedinger (2005: 336) studied the results of scaffolding in mathematics classes. Computer-based scaffolding is designed to elicit conceptual, contextual and procedural knowledge for sixth grade students to improve their ability in adding and subtracting fractions. The results have shown that the scaffolds facilitated the students' learning. Students were more accurate across a range of problems, less made common errors, less needed the scaffolds, and more correctly used the conventional procedure. These studies are evident to prove that scaffolding technique is a potential strategy for improving students' learning.

4. Scientific Reasoning

The development of a scientific style reasoning ability is a prime goal of science education worldwide. Especially in the current era, people are confronted by a multitude of socio-scientific issues which impact directly on their lives. For this reason, people need to be well prepared to be more effective thinkers and assessors of information. This concern for being adequately prepared has lead to an increase into research on children's scientific reasoning across the past several decades (Zimmerman. 2005: 3). Various concepts covering scientific reasoning are outlined and discussed in following section.

4.1 Conceptualizing the Term "Scientific Reasoning"

In general, reasoning refers to the process of evaluating and generating logical arguments for people in their everyday life (Anderson. 1990: 290). Similarly, Ellis; & Hunt (1989: 239-243) specified that reasoning is about how people reach a conclusion from either explicit or implicit premises. Two basic kinds of reasoning: deductive reasoning and inductive reasoning are described below.

1. Deductive reasoning involves reaching a conclusion based upon general assumptions (premises) that are known to be true.

2. Inductive reasoning involves drawing a conclusion based upon the basis of past experience. This kind of reasoning is usually used in our daily life because each person reasons about situations based on his/her prior knowledge of what is likely to be the case. Nevertheless, there is actually no guarantee that it will be absolutely right.

In science education, Sadler (2004: 514) indicates that scientific reasoning historically referred to formal reasoning, both deduction or induction, characterized by rules of logic and mathematics leading thinkers to conclusions. According to Steussy's study (1984: 2), the conception of scientific reasoning stemming from the concepts of Piaget's formal operations stage is as follows.

"Scientific reasoning is used to denote consistent, logical thought patterns which are employed during the process of scientific inquiry that enable individuals to propose relationships between observed phenomena; to design experiments which test hypotheses concerning the proposed relationships; to determine all possible alternatives and outcomes; to consider probabilities of occurrences; to predict logical consequences; to weight evidence, or proof; and to use a number of instances to justify a particular conclusion".

In addition, Zimmerman (2005: Abstract) broadly defined scientific reasoning (SR) which "includes the thinking skills involved in inquiry, experimentation, evidence evaluation, inference and argumentation that are done in the service of conceptual change or scientific understanding". Additionally, he claimed that many researchers traditionally have limited their scope of studies in scientific reasoning by focusing on either the conceptual or procedural aspects because of broadly definitions of the term scientific investigation. As a result, there are two approaches to studying the development of scientific reasoning as follows (pp. 6-10).

1. The Domain-Specific Approach: Knowledge about Scientific Concepts: The primary goal in this approach is to determine the domain-specific theories that students hold about scientific phenomena in various content domains of science. Such studies have been labeled as scientific reasoning because the tasks used to assess such knowledge often require students to reason about situations, answer questions, or solve problems. The studies were based on students' current understanding and their learning progress with instruction without investigation. Therefore, investigation skills typically are not included in the studies.

2. The Domain-General Approach: Knowledge and Skills of Scientific Investigation: Another approach to understanding scientific reasoning has focused on the development of domain-general reasoning. It involves the application of the methods or principles of scientific inquiry to reasoning or problem-solving situations. Contrary to the conceptual development approach, participants are engaged in scientific inquiry practices, such as designing experiments, evaluating the findings from experiments and making inferences in the service of forming and/or revising claims about the phenomenon under their investigation.

Besides, Lawson (1995: 42-62) explains that scientific reasoning refers to logical thinking patterns based on rules of logic and mathematics and used all along the process of scientific inquiry such as proposing relationships between observed phenomena, determining all possible alternatives, considering probabilities of events, designing experiments, predicting logical consequences, weighting evidence and justifying a claim. The logical thinking patterns described by Lawson are consistent with the last stage of thought processes in human intellectual development usually classified by psychologists, called hypothetical-deductive (HD) thought. The HD thinking patterns allow adolescent to create and test non-observable explanations for what is encountered. These patterns are as follows.

1. Combinatorial Thinking (HD1): The individual systematically considers all possible relations of experimental or theoretical conditions, although some may not be realized in nature.

2. Identification and the Control of Variables (HD2): The individual recognizes the necessity of taking all known variables into consideration and designs a test that controls all variables except the one being investigated.

3. Proportional Thinking (HD3): The individual recognizes and interprets relationships between relations in a situation described by observable or theoretical variables.

4. Probabilistic Thinking (HD4): The individual recognizes the fact that natural phenomena themselves are probabilistic and that any conclusions or explanations must involve probabilistic considerations.

5. Correlational Thinking (HD5): In spite of fluctuations, the individual recognizes causes or relations in the studied phenomenon by comparing the number of confirming and disconfirming cases of hypothesized relations with the total number of cases.

4.2 Research Related to Scientific Reasoning

In addition to being important to our everyday life as indicated above, scientific reasoning is also significant for supporting the learning of science. For instance, Lavoie (1999: 1129-1130) studied effects of adding hypothetico-predictive reasoning at the beginning of the three phase science learning cycle on high school student's process skills and conceptual understandings in biology. The added phase required students to individually write predictions and explanatory hypotheses concerning concepts in genetics, homeostasis, ecosystems and natural selection. This was followed by interactive debate of predictions and reasons. It was found that the prediction/discussion-based learning cycle instruction led to significantly greater gain scores for process skills, logical-thinking skills, science concepts and scientific attitude, compared to traditional learning cycle instruction (p. 1142). In contrast, most researchers focus their researches on increasing students' scientific reasoning abilities. A multitude of variables, such as prior knowledge, processing capacity, cognitive styles, age, sex, IQ, culture, majority/minority status, achievement and personality have been found to influence the development of scientific reasoning (Rifkin; & Georgakakos. 1996: Online).

As shown in Siripatharachai's study (2006: 124), many factors result positively in fourth grade students' scientific reasoning skills. The direct factors are democratic nurturing, mental ability, science achievement and scientific creativity. Some factors indirectly effect through others. Mental ability, for example, has indirectly effect through scientific creativity, science achievement and attitude towards science and democratic nurturing has indirectly effect through scientific creativity. Kwon; & Lawson's study (2000: 47) supported obviously that the development of scientific reasoning is in part dependent on maturation of the brain and experiences. Two hundred ten students ranging from 13.1 to 17.1 years of age participated in the study. The students were individually administered a written measure of scientific reasoning ability and a measure of air pressure concepts before and after instruction by using 14 lessons over 14 weeks. Findings (pp. 56-57) have shown that scientific reasoning ability increasingly change during the age of adolescence with the dramatically increasing rate after 14 years old. Additionally, it was found that reasoning ability was a main determinant for students' concept posttest scores. Kwon; Lawson; Chung; et al. (2000: 1180) specifically studied development of proportional reasoning skill with 56 male students who failed to solve a diagnostic proportion task. The results also support the effect of brain maturation on proportional reasoning skill and it was

found that students' computational skills are not the major predictor on their proportional reasoning skill.

For college students, Rifkin; & Georgakakos (1996: Online) asked college students to complete the Collegiate Assessment of Academic Proficiency (CAAP) Science Reasoning Test at the beginning and conclusion of a semester. The results have shown that students who highly involved in sciences tend to devote their energy to study and experience science. As a result, there was an increasing in students' scientific reasoning abilities. Besides, Vass; Schiller; & Nappi (2000: 982) studied the effects of instructional intervention on improving proportional, probabilistic, and correlational scientific reasoning skills among undergraduate students majoring in education. Students in the experimental group showed improvement in all three areas of reasoning after taking part in the specifically planned intervention consisting of three 20 minutes sessions over three weeks. It was also found that students with science and/or math backgrounds performed considerably better in all three areas of reasoning on both pre-test and post-test than did students with no science and/or math backgrounds (p. 993).

From review of the literature, such scientific reasoning skills are important to both successful science learning and living in today world. A student should develop these skills as early as possible. As a result, this study would focus on promoting four logical thinking patterns: identification and the control of variables, proportional thinking, probabilistic thinking and correlational thinking. These skills could be supported by the process of scientific inquiry which is an emphasis of this study.

5. Scientific Explanation

Scientific explanation plays a major role during knowledge building process among scientists. Considering a myriad of controversial socioscientific issues, the ability to understand scientific claims and critically examine scientific findings is crucial for citizens (Takao; Prothero; & Kelly. 2002: 40). As a result, scientific explanation is regarded as one of the crucial inquiry skills in science education. In addition, to progress students' learning development, it is essential for them to have opportunities in using ideas by themselves like learning language through its use, not just to hear explanations from teachers, text books and other sources (Driver; Newton; & Osborne. 2000: 298). Consequently, scientific explanation is also a good way for students to practice using their ideas. Conceptions of

scientific explanation which is a key factor in this study are described in next section.

5.1 Conceptualizing the Term “Scientific Explanation”

The literature of science education uses, scientific explanation and scientific argument, both of which share the common goal of elaborating and practicing in the process of knowledge construction. In general, Freeman (2003: Online) claims that argument is closely related to explanation. A person argues to convince others of a claim. On another hand, an explanation is provided to either account for something which audiences take to be a fact or provide them with an understanding of why something have occurred, not convincing the audiences. An argument refers to a collection of two or more propositions, one of which is the conclusion supported by the remaining others called premises (Kemerling. 2006: Online).

Correspondingly, Jones (2001: 8-17) explains that an argument is a connected series of statements or propositions, some of which are intended to provide support and justification for the truth of another proposition; namely, an argument consists of one or more premises and a conclusion. Jones also claims about the important difference between an argument and an explanation that the function of an argument is to prove its conclusion but the function of an explanation is to clarify some obscure meaning of events. Rottenberg (1994: 9-12) defines argumentation as “the art of influencing others, through the medium of reasoned discourse, to believe or act as we wish them to believe or act”. The term argument, therefore, represents a form of discourse that attempts to persuade audiences to accept a claim, whether acceptance is based on logical or emotional appeals or both. Each argument has three components: a claim, support and warrant defined as follows.

1. A claim (also called a proposition) is what the arguer is trying to prove. It often appears as the thesis statement in an essay.

2. Support consists of materials including evidence and motivational appeals, which are used to convince audiences. Evidence might be facts, statistics, or testimony from experts. Motivational appeals are what the arguer uses to change the audiences' values and attitude to accept the claim.

3. Warrant is a general principle or assumption that guarantees reliability of the relationship between the support and the claim. It allows the audiences to make the connection between the claim and the support.

In science education, de Vries; Lund; & Baker (2002: 64) mentions that scientific explanation and scientific argumentation are such epistemic activities as text writing, verbal interaction, or presentation that primarily involve in knowledge and understanding, rather than procedures. Kemerling (2006: Online) specifies that “scientific explanation of an event has the form of an argument whose conclusion is the event to be explained and whose premises include both antecedent circumstances and one or more hypotheses”. The term scientific explanation from instructional framework of the Investigating and Questioning our World through Science and Technology work (IQWST) is “a written or oral response to a question that requires students to analyze data and interpret that data with regard to scientific knowledge” (Krajcik. 2004?: Online). The framework includes three components: a claim, evidence and reasoning which are consistent to the three components of argument by Rottenberg (1994). The definition for each component is as follows (Kuhn; & Reiser. 2004: 7-9; McNeill; Lizotte; Krajcik; et al. 2006: 155-157).

1. A claim is an assertion or a testable statement that answers the question.

2. Evidence is scientific information used to support the claim. The information (both qualitative and quantitative data) is from either students’ experimentation or other sources such as reading material, learning resources. To effectively support the claim, the data need to be: 1) appropriate and relevant to the question, 2) related to the given claim, and 3) sufficient to convince audiences.

3. Reasoning is a justification implementing scientific principles to show why the evidence supports the claim.

In this study, the researcher applies the term scientific explanation and draws the meaning of its components from the IQWST’s framework. To construct logical scientific explanation, students need to pay attention carefully to all processes of doing inquiry. Consequently, scientific explanation is expectedly an effective way to promote students’ scientific reasoning skills.

5.2 The Advantages of Practicing Scientific Explanation

Various advantages in practicing scientific explanation were purposed by many researchers. Practices, such as weighing evidence, interpreting text and evaluating alternative scientific claims are all portrayed as important components in the construction of scientific arguments (Driver; Newton; & Osborne. 2000: 288). These practices will engage

students into the norms of scientific arguments by which they may gain confidence in their use, and understand function and value of scientific arguments. In addition, students have more opportunities for learning (de Vries; Lund; & Baker. 2002: 68). As a result, having students engage in these activities may change or improve their image of science and enhance their understandings of the science content (McNeill; Lizotte; Krajcik; & et al. 2006: 154). Driver; Newton; & Osborne (2000: 298) correspondingly supported that the opportunity to socially construct and reconstruct one's own personal knowledge through a process of argumentation can support his/her conceptual change.

Furthermore, it is a way to make the image of science as "socially constructed" rather than collation of facts about the world (p. 301). Kuhn; & Reiser (2004: 1) purposed that practices in constructing scientific explanations are the way for students to understand the phenomenon, and also motivate and guide them for engaging in the inquiry process. Additionally, it is a foundation of rational thought (Rottenberg. 1994: 9). Students can also apply these skills in a variety of situations, not only in scientific issues. Therefore, practices in constructing scientific explanations are treated as essentially pragmatic activities that benefit the students in many ways. In summary, constructing scientific explanations could be a proficient method for students to promote their scientific reasoning skills because it allows them to think in the same way as that in the community of scientists. Significantly, its values are worthy to put into science education.

5.3 Research Related to Scientific Explanation

Kuhn; & Reiser (2004: 1) revealed that constructing and discussing scientific explanations is a difficult task for students. They need to find evidence to support their claims, connect evidence to the relevant scientific principles, and effectively communicate these understandings. Previous studies examining students' construction of scientific explanations found difficulty in articulation and justification of their claims. For instance, Bell; & Linn's study (2000: 808) has shown that students had difficulty to providing backings for their arguments. Likewise, McNeill; & Krajcik (in press: 28) examined middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. They found that students had difficulty including appropriate evidence to support their claims. Until the end of instruction by using the developed learning unit, a number of students still included inappropriate evidence in their explanations. Additionally, Jansawang (2005: 85) also found that students from inquiry practices also made conclusions from their

inquiry without considering relationship of data.

From Sandoval's study (2003: 42) concerning the interaction between students' epistemological ideas and their conceptual understanding. Students reflected their understanding in form of written explanations. It was found that the students failed to cite data explicitly to support claims because of difficulty in interpreting data and because they did not recognize the importance of explicit evidence in their explanation. Takao; Prothero; & Kelly (2002: 47) analyzed the quality of students' written arguments from their introductory oceanography course and recommended that there is crucial to help students understand how to use data representations as evidence for more theoretical arguments and students need experiences both receiving critiques of their own writing and analyzing others' scientific arguments. Sandoval; & Millwood (2005: 52) correspondingly suggested the way to promote student's views of inquiry by providing an epistemic discourse of science, creating situations in the classroom in which students challenge each others' claims and evidence.

Kuhn; & Reiser (2004: 29-31) also purposed that students probably better defend their explanations if they have an audience. This is a social context in which students can learn from others' explanation. In their study, they provided students and teachers a framework which includes clear definition of three components, claim, evidence and reasoning to teach scientific principles and the scientific practices of constructing and defending explanations. Through analysis of students' works, they found that the framework supported the students in using evidence to make sense of the phenomenon under study but the students were not clear in articulating the relationship between evidence and inferences in their explanations. Furthermore, they also suggested two more related potential changes that could make this practice more effective. First, the persuasive purpose of each component in the framework should be highlighted to emphasize the necessity of defending a claim and make the relationships between these components apparent. Second, the students could be given explicit criteria for choosing between completing claims or selecting appropriate evidence. Providing this information would be a step towards empowering students to engage in persuasive discourse about their ideas.

Besides, McNeill; et al. (2006: 181) explored the effects of fading scaffold in instructional materials to support construction of scientific explanation in seventh grade students during 8-weeks project-based chemistry unit. The results have shown that the prompt successfully supported students in writing scientific explanations for all components (claim, evidence and reasoning). In addition, they also found the relationship between

students' content knowledge and their ability to construct scientific explanations. As a result, it is difficult to identify if students' difficulty stems from their lack of understanding about the content or scientific explanations when students construct poor explanations. Consequently, in order to understand the nature or development of scientific reasoning, an individual's conceptual knowledge needs to be taken into consideration.

6. Educational Assessment

6.1 Conceptualizing the Term "Educational Assessment"

Educational assessment, defined by Airasian (2005: 9), means "a broad process of collecting, synthesizing and interpreting information in which testing, measurement and evaluation play contributing parts". Popham (2003: 2) defined this term as a formal attempt to determine a student's status with respect to an educationally relevant variable. It can be classified in many different ways, based on purpose. However, there seem to be two main purposes in educational assessment, which are diagnosing and improving student learning, and evaluating students. More specific details for some types of educational assessment are explicated in following topic.

6.2 Types of Educational Assessment

Following topics have shown some categories of educational assessment which can be classified in many different ways just described above.

6.2.1 Large-Scale and Classroom Assessments (NRC. 2003: 11-18)

Large-scale assessments are designed to provide evidence about large numbers of students. For example, strengths and weaknesses in curriculum or instruction can be assessed by large-scale tests making it possible to compare the performance of a massive number of students. Evidence about nationwide performance also needs to use large-scale assessments. In addition, large-scale assessments are also useful for certification or screening, for example, to identify students who are not ready for grade-level work in reading and who need follow-up targeted assessment to determine their specific needs for remediation.

Classroom assessment is a process to provide students feedback to improve their learning in some direct way, rather than to rank, evaluate, or certify the students' performance. In addition, it is a means to gather information about students that

can be used to aid teachers in making instructional decision (Anderson. 2003: 4). Assessments that are intended primarily to provide feedback to students and to shape their learning are often called formative assessments described in a next topic. Nonetheless, a large-scale assessment could serve formative purposes, just as a classroom assessment can also serve summative purposes.

6.2.2 Formative and Summative Assessments (Garrison; & Ehringhaus. 2004: Online)

Formative assessments or assessments for learning are on-going processes such as teacher observation, classroom discussion, self and peer assessment, and analysis of student work, including homework and tests, which are intended to modify teaching and learning to ensure that students achieve targeted learning outcomes. For instance, when students have trouble with their learning, teachers can use obtained information as feedback to adjust instruction in which they are engaged, such as trying alternative instructional approaches or offering more opportunities for practice. These activities could lead to improving students' learning.

Summative assessments or assessments of learning are typically used to evaluate the effectiveness of instruction at a particular point in time. The primary use is to make a judgment of student competency after an instructional phase is complete. In addition, summative assessments are used to evaluate the effectiveness of programs, school improvement goals, alignment of curriculum, or student placement in specific programs. However, a summative assessment can function as a formative assessment. For example, if results of a summative assessment indicate that over one half of the students failed to achieve the unit objectives, the teacher might spend few more days on those objectives with students who have learning difficulty (Anderson. 2003: 46).

6.2.3 Formal and Informal Assessment

Assessment can be either formal or informal. Formal assessment is usually a written document, such as a test, quiz, or paper. Formal assessment gives a numerical score or grade based on student performance. In contrast, informal assessment does not contribute to a student's final grade. It usually occurs in a more casual manner, including observation, inventories, participation, peer and self evaluation, and discussion.

6.2.4 Norm-referenced and Criterion-referenced Assessments (Linn; & Gronlund. 2000: 42-44)

A norm-referenced assessment expresses students' scores in rank order, based on a distribution of scores. It is comparative to show that one student is better than another student without indication of how well or poorly the student performed. In norm-referenced grading, hence, not all students can get the top grade, no matter how well they perform because the system is designed to ensure that there is a distribution of grades across the various grading categories (Airasian. 2005: 292).

A criterion-referenced assessment has set criteria (predetermined performance level) which define the level or score that a student will be achieved and therefore the pass/fail aspect of the assessment is most important. Driver's license test is a good example of criterion-referenced assessments, which often identify minimum acceptable levels of mastery. It does not matter how well other test takers have done; it matters only that a prospective driver has mastered a particular body of essential knowledge. In theory, all test takers could pass or alternatively fail the test. Criterion-referenced tests in education are widely used to monitor progress through objectives-based instructional programs, diagnose student weaknesses, evaluate programs, and assess competencies on certification examinations. The most important thing in criterion-referenced assessment is to establish cut-off score which is used to sort examinees into categories or decide pass-fail students. Details of methods for setting cut-off scores are proposed in next topic.

6.3 Cut-Off Score

A wide variety of educational and psychological settings use criterion-referenced testing with predetermined cut-off score as the passing point for an examination. At present, there are nearly 50 methods to set cut-off score, which are divided into 3 categories (Berk. 1996: 215-216): 1) Judgmental Methods or Test-centered Methods; 2) Empirical Methods or Examinee-centered Methods; and 3) Combination Method.

In judgmental methods, such as Angoff's method (1971), Ebel's method (1979) and Nedelsky's method (1954), experts set the cut-off score by reviewing individual item in the test and 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 (MPL) for the test, quantified by combining the experts' projection of the

performance of a minimally competent candidate on a combination of all test items. In empirical methods, such as Livingston's method (1975, 1976), Decision-Theoretic Approach (Glass, 1978), Huynh's method (1980) and Krie-wall's method (1972), experts determine cut-off score and make pass/fail decisions about actual examinees after they have written the test, rather than on hypothetical MPLs set a priori. The distributional properties of the data (e.g., central tendencies and standard deviations) are examined and cut-off score is set based on these rather than on a priori cut-off score (Violato; Marini; & Lee. 2003: 61). Lastly, combination method, such as contrasting groups (Zieky and Livingston, 1977), Berk's method (1976), Bayesian method (Hambleton and Novick, 1973), determines cut-off score based on both judgmental and empirical methods.

Berk's method (Berk. 1976: 4-9) is widely used in educational assessment because it is able to maximize the probability of correct mastery-nonmastery decisions or minimize the probability of incorrect decisions. This method is to select empirically optimal cut-off score for a test based on response data from validation samples of instructed and uninstructed students. There are two major components which involve with determination of the optimal cut-off score; 1) classification of outcome probabilities and 2) validity coefficient.

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 nonmasters (N). The two groups should have the equal size of samples and each group should have at least 100 students to assure stable estimates of outcome probabilities. 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 i, can be divided by a cut-off score (c) into two categories: predicted mastery and predicted nonmastery. A frequency count of the number of students at or above the cut-off score identifies the group of students predicted to be masters (PM) and the number below the cut-off score are those predicted to be nonmasters (PN). This classification results in four possible outcomes, which is displayed in Figure 3.

1. True Masters (TM): instructed students whose test scores lie at or above the cut-off score;
2. False Masters (FM): uninstructed students whose test scores lie at or above the cut-off score (Type II misclassification error);
3. True Nonmasters (TN): uninstructed students whose test scores lie below the cut-off score; and
4. False Nonmasters (FN): instructed students whose test scores lie below the cut-off score (Type I misclassification error).

		Criterion Classification	
		Instructed (I)	Uninstructed (U)
Predictor Classification (Cut-off Score)	Predicted Masters ($PM = TM + FM$)	True Masters (TM)	Type II Error False Masters (FM)
	Predicted Nonmasters ($PN = FN + TN$)	Type I Error False Nonmasters (FN)	True Nonmasters (TN)
		Masters ($M = TM + FN$)	Nonmasters ($N = FM + TN$)

FIGURE 3 PREDICTOR AND CRITERION CLASSIFICATION

From: Ronald A. Berk. (1976). Determination of Optimal Cutting Scores in Criterion-Referenced Measurement. *Journal of Experimental Education*. 45(2): 5.

Score distributions of the two groups are the primary determinants of accurate classifying students as true masters and true nonmasters. The degree of accuracy is dependent on the amount of overlap between the distributions. The test would be useless for student classification if the distributions completely overlap. In contrast, no

overlap indicates that the test can perfectly classify students. Some overlap also occurs, exemplified in Figure 4.

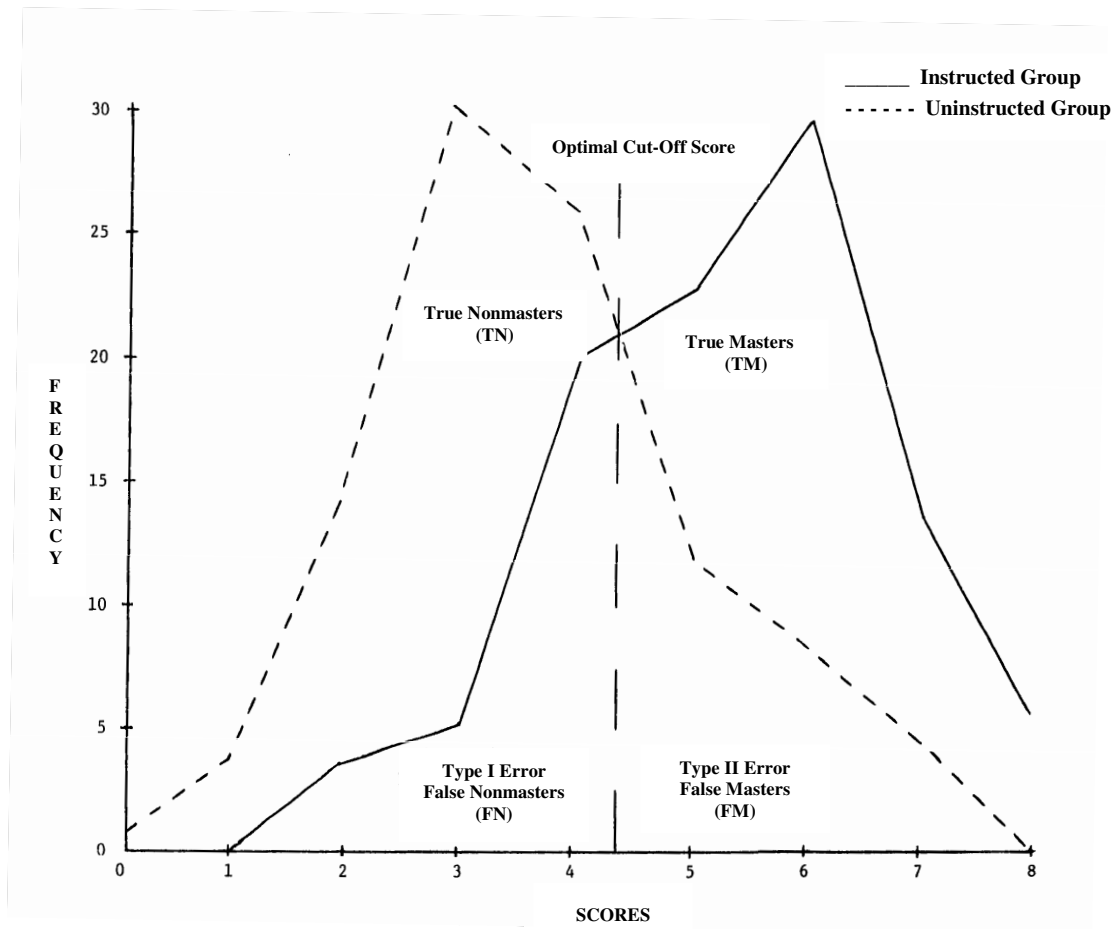


FIGURE 4 PREDICTOR AND CRITERION CLASSIFICATION OF STUDENTS FOR INSTRUCTED AND UNINSTRUCTED GROUP SCORE DISTRIBUTIONS

From: Ronald A. Berk. (1976). Determination of Optimal Cutting Scores in Criterion-Referenced Measurement. *Journal of Experimental Education*. 45(2): 6.

The point at which the distributions intersect is the optimal cut-off score (C). Cut-off scores which are located above C will increase Type I misclassification error (FN) and decrease Type II error (FM). On the contrary, Type I error (FN) will decrease and Type II error (FM) will increase if cut-off 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 a given frequency distribution for each possible

cut-off 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 or incidence of mastery in population (BR) and probability of predicted mastery in population (SR) from the following formulas.

$$BR = p(FN) + p(TM)$$

$$SR = p(TM) + p(FM)$$

Therefore, the probability of nonmastery in population is expressed as $1 - BR$ and the probability of predicted nonmastery in population is $1 - SR$.

Determination of optimal cut-off score focuses on the score which maximizes the probability of correct decisions, $p(TM) + p(TN)$, and minimizes the probability of incorrect decisions, $p(FN) + p(FM)$. In addition, validity coefficient will also be considered in order to choose the most optimal cut-off score.

2) Validity Coefficient

Validity coefficient is an alternative factor to consider the optimal cut-off score. The cut-off 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, ϕ_{vc}). It can be easily computed by using the formula

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

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

6.4 Bloom's Taxonomy

Assessment of student learning can be accomplished by measuring Benjamin Bloom's dimensions of knowledge. The well-known taxonomy of learning objectives is an attempt within the behavioral paradigm to classify forms and levels of learning in three domains of learning: 1) Cognitive: mental skills (Knowledge), 2) Affective: growth in feelings or emotional areas (Attitude), and 3) Psychomotor: manual or physical skills (Skills). Each domain is organized as a series of levels or pre-requisites, described below (Airasian. 2005: 62-67; The University of Mississippi. 2005: Online).

6.4.1 Cognitive Domain

The cognitive domain involves knowledge and the development of intellectual skills. There are six major categories which are listed in order below, starting with the simplest behavior to the most complex. The categories can be thought of as degrees of difficulties. Consequently, the first one must be mastered before the next one can take place.

1. Knowledge: Remembering or recalling appropriate, previously learned information to draw out factual answers
2. Comprehension: Translating, interpreting and understanding the meaning of informational materials
3. Application: Applying previously learned information (or knowledge) to new and unfamiliar situations
4. Analysis: Breaking down information into parts, or examining (and trying to understand the organizational structure of) information
5. Synthesis: Applying prior knowledge and skills to combine elements into a pattern not clearly before
6. Evaluation: Judging or deciding according to some set of criteria, without real right or wrong answers

6.4.2 Affective Domain

This domain is concerned with things emotionally, such as feelings, values, appreciation, enthusiasms, motivations and attitude. The five major categories are listed from the simplest behavior to the most complex one.

1. Receiving Phenomena: Awareness, willingness to hear, selected attention.

2. Responding to Phenomena: Active participation on the part of the learners. Attends and reacts to a particular phenomenon. Learning outcomes may emphasize compliance in responding, willingness to respond, or satisfaction in responding (motivation).

3. Valuing: The worth or value a person attaches to a particular object, phenomenon, or behavior. This ranges from simple acceptance to the more complex state of commitment. Valuing is based on the internalization of a set of specified values, while clues to these values are expressed in the learner's overt behavior and are often identifiable.

4. Organization: Organizes values into priorities by contrasting different values, resolving conflicts between them, and creating a unique value system. The emphasis is on comparing, relating, and synthesizing values.

5. Internalizing values (characterization): Has a value system that controls their behavior. The behavior is pervasive, consistent, predictable and, most importantly, characteristic of the learner. Instructional objectives are concerned with the student's general patterns of adjustment (personal, social, emotional).

6.4.3 Psychomotor Domain

The psychomotor domain includes physical movement, coordination and use of the motor-skill areas. Development of these skills requires practice, and these skills are measured in terms of speed, precision, distance, procedures or techniques in execution. The five major categories are listed from the simplest behavior to the most complex one as follows.

1. Imitation - early stage in learning a complex skill, overtly, after the individual has indicated a readiness to take a particular type of action. Imitation includes repeating an act that has been demonstrated or explained, and includes trial and error until an appropriate response is achieved.

2. Manipulation - individual continues to practice a particular skill or sequence until it becomes habitual and the action can be performed with some confidence and proficiency. The response is more complex than at the previous level, but the learner still isn't "sure of him/herself."

3. Precision - skill has been attained. Proficiency is indicated by a quick, smooth, accurate performance, requiring a minimum of energy. The overt response is complex and performed without hesitation.

4. Articulation - involved an even higher level of precision. The skills are so well developed that the individual can modify movement patterns to fit special requirements or to meet a problem situation.

5. Naturalization - response is automatic. The individual begins to experiment, creating new motor acts or ways of manipulating materials out of understandings, abilities and skills developed. One acts "without thinking."

CHAPTER 3

METHODOLOGY

The purpose of the study is to develop the learning unit, titled “Matter in Daily Life”, which is based on the third strand of the Thai National Science Curriculum Standards. Scientific explanation was incorporated into activities of the learning unit which followed fading scaffold technique for promoting middle school students’ scientific reasoning skills. Methodology of the study described in this chapter is composed of five major sections as follows.

1. Sources of Data
2. Research Procedures
3. Research Instruments
4. Statistical Analysis
5. Roles of Individual in the Study

1. Sources of Data

Data collection of the research study included two main stages: 1) field trial study stage and 2) confirmatory study stage. Sources of all data are detailed below.

1.1 Sources of Data of Field Trial Study Stage

1.1.1 Teacher

A science teacher who has six and half years experiences in teaching science and chemistry for middle school and high school students respectively at Khon Kaen University Demonstration School in Khon Kaen province.

1.1.2 Student

A classroom of seventh grade students (49 students) who studied science topics based on the third strand of the Thai National Science Curriculum Standards in the second half of the first semester of the 2007 academic year at Khon Kaen University Demonstration School in Khon Kaen province.

1.2 Sources of Data of Confirmatory Study Stage

1.2.1 Teacher

A science teacher who has five and half years experiences in teaching science and chemistry for middle school and high school students respectively at Wattananakorn School in Srakaeo province.

1.2.2 Student

Population

Four classrooms of seventh grade students who studied science topics based on the third strand of the Thai National Science Curriculum Standards in the first half of the second semester of the 2007 academic year at Wattananakorn School, Srakaeo province.

Sample

A classroom of seventh grade students (43 students) who studied science topics based on the third strand of the Thai National Science Curriculum Standards in the first half of the second semester of the 2007 academic year at Wattananakorn School, Srakaeo province.

2. Research Procedures

The research procedures for the study consisted of three major stages as follows.

1) Learning unit development, 2) Learning unit implementation in confirmatory study and 3) Learning unit evaluation. These processes are depicted in Figure 5. Details for each stage are given below.

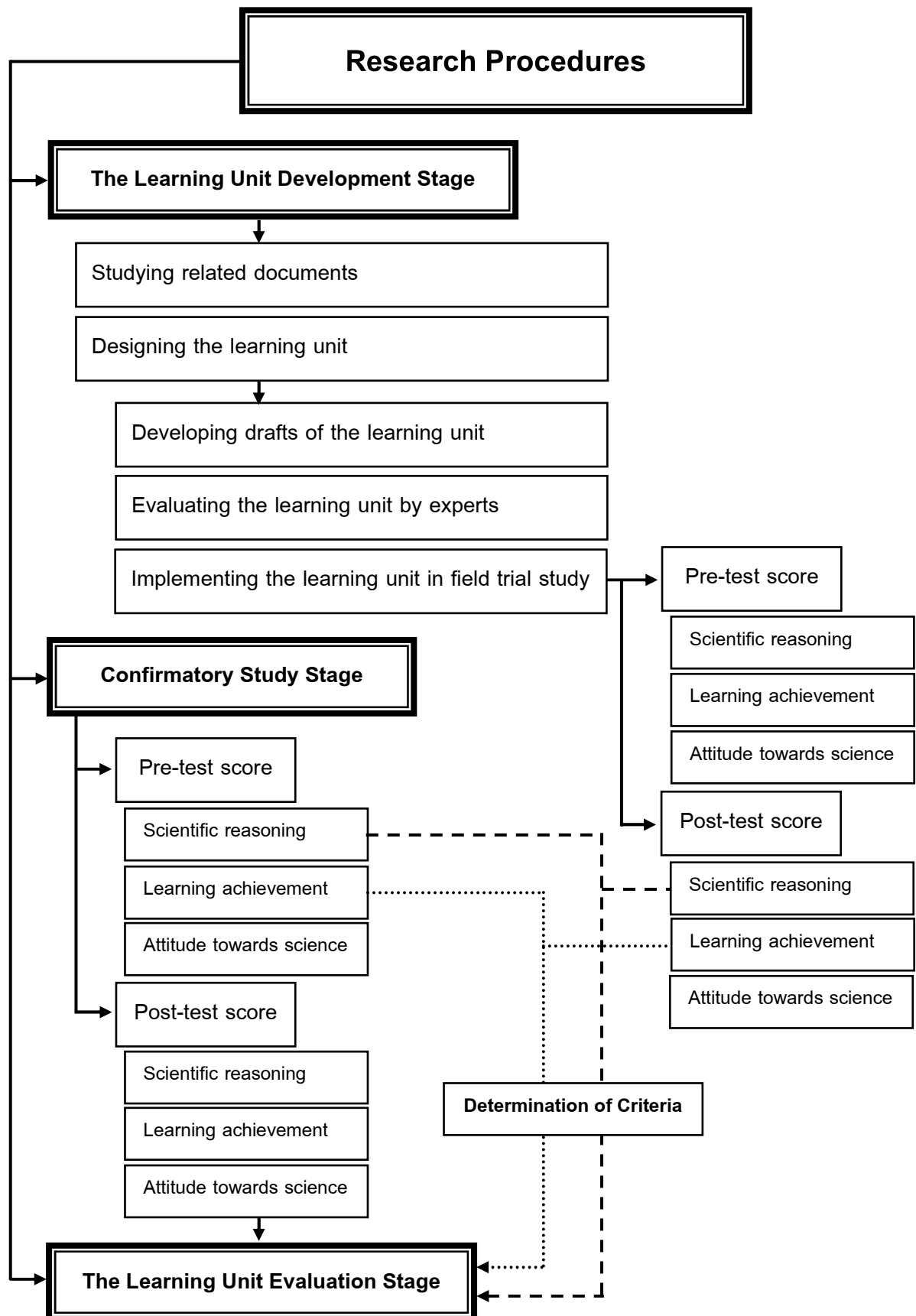


FIGURE 5 PROCEDURES OF THE RESEARCH STUDY

2.1 Learning Unit Development

This stage was to study related documents and to design the learning unit.

2.1.1 Learning Unit Preparation

This step involved studying and considering related documents for developing the learning unit. These documents included Thailand's National Education Act of 1999 and Amendments (Second National Education Act of 2003), the Thai Basic Education Curriculum of 2001, the Thai National Science Curriculum Standards and articles covering educational psychology, instructional strategies, instructional design, scientific inquiry, scientific explanations, scientific reasoning skills, attitude towards science and classroom assessment. Information from the literature review was used for designing the learning unit detailed in following step.

2.1.2 Learning Unit Design

The purposes of this step were to design and develop drafts of all documents of the learning unit. The processes for this step include: 1) Developing drafts of the learning unit, 2) Evaluating the learning unit by experts and 3) Implementing the learning unit in field trial study. Each process is illustrated next in more details.

2.1.2.1 Developing Drafts of the Learning Unit

This step was to write drafts of the learning unit documents. It began from formulating goals of the learning unit, then targeting curriculum standards, organizing the learning unit and lastly developing drafts of the learning unit documents. These documents include a teacher's manual and instructional plans. Details for each process are described below.

1. Formulating Goals of the Learning Unit

The goals of Thailand's National Education Act of B.E. 2542 (A.D. 1999) and Amendments (Second National Education Act B.E. 2545 (A.D. 2002)) (ONEC: Thailand. 2006) and the Basic Education Curriculum B.E. 2544 (A.D. 2001) (Ministry of Education. 2002) were studied and analyzed. Additionally, issues and needs of current science education were considered in order to formulate the goals of the learning unit.

2. Targeting Learning Standards

The curriculum standards, focused on within this study, were drawn from Sub-strand 3: Matter and Properties of Matter which is one of 8 Sub-strands of the Thai National Science Curriculum Standards in the Basic Education Curriculum of 2001 (Ministry of Education. 2002: 19). There are 2 standards in this Sub-strand, detailed below,

which determine expected student attributes at the end of their basic education.

Standard Sc 3.1: The student should be able to understand (1) properties of matter, (2) relationship between properties and structures and (3) forces among particles. The student should have a scientific mind and have mastery of investigative processes. The student should have the ability to communicate knowledge acquired and apply it positively.

Standard Sc 3.2: The student should be able to understand the principles and nature of (1) changes of state of matter, (2) formation of solutions and (3) chemical reactivity. The student should have a scientific mind and have mastery of investigative processes. The student should have the ability to communicate knowledge acquired and apply it positively.

However, not all aspects of above standards were used in developing the learning unit. These standards are for students from first grade to twelfth grade. As a result, some learning standards which are suitable for middle school students were drawn and used in the learning unit development. In addition, contents in the learning unit were drawn also from the above learning standards. Subsequently, these contents were analyzed and organized as concept flow with prerequisite content knowledge of each concept.

3. Organizing the Learning Unit

This step was to use the concept flow to arrange activities in the entire learning unit. The activities were determined and expected learning outcomes for each activity were purposed also.

An important goal of this study was to avoid using typical cookbook type laboratories in order to promote scientific thinking skills of the student. However, implementing open-ended scientific inquiry with middle school students seems to be difficult. It should not be too difficult if the students are given the chance to practice little by little with close assistance by more knowledgeable person or their teacher in this case. In order to enable students to complete the challenging tasks in this study, the fading scaffold technique was considered as a powerful means applied in the design of the whole activities' structure.

The main idea of this technique is to adjust the structure of the activities or the student practices across time (from structured and directed activity to unstructured and less directed activity) in order to encourage the students to be more responsive for their learning. This means the students needed to do tasks which were getting more and more complex as time went by. In another word, assistance from the teacher was gradually faded out over times. Nevertheless, the teacher still kept helping students when they needed it. As a result, the students should internalize their learning and became less dependent on the teacher's help. They should then transfer their scientific inquiry skills and knowledge to the next lessons, solving new problems with gained inquiry skills and knowledge. As a consequence, these students should be able to solve any problem in the future on their own on a basis of scientific thinking as this study's goals.

The tasks or practices which should support the students' scientific thinking were divided into 5 sub-tasks (STs) for complexity adjustment, listed from the most complex task to the least one as follows.

ST 1: To choose a topic and identify a problem for study

ST 2: To plan and design procedure/method of the study

ST 3: To plan and design data collection and questions for discussion

ST 4: To analyze and discuss data from the study

ST 5: To formulate and report conclusions of the study

Instructional processes of each activity in the learning unit were arranged using five steps of the learning cycle: Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration and Evaluation. The framework written in this step was used as guideline to developing teacher manual and instructional plans in the next step.

4. Developing Drafts of the Learning Unit Documents

Teacher Manual: The teacher manual was written to provide the participating teacher necessary information about the learning unit. In addition, the manual informs the teacher what he/she needs to do and how to do it before and during implementing the learning unit.

Instructional Plans: The instructional plans were designed by including learning activities that are consistent to the structure set by the fading scaffold technique. Each instructional plan consists of 9 major sections: structure of activities, learning objectives, prerequisite knowledge, main concepts, pre-class preparation, instructional sequences, instructional materials, learning resources, and assessment and

evaluation. Materials and procedures used in the activities are simple and found easily in daily life. After developing drafts was done, these documents were sent to three experts for proofreading and evaluation. Details of this step are shown in the next section.

2.1.2.2 Evaluating the Learning Unit by Experts

This step was to assess and evaluate effectiveness of the learning unit drafts by the three experts: a science education instructor, a science education specialist and a middle school science teacher (see Appendix A). The experts used a learning unit evaluation form developed by the researcher to examine and verify the learning unit drafts. This was done on the basis of their validity and correspondence of all components (e.g., background and rationale, goals of the learning unit, grade level, contents, learning activities, instructional materials, and assessment and evaluation). After this was completed, the researcher had discussion with each of the experts about results of the evaluation. All of the information and suggestions from the experts were then used to revise and complete the learning unit drafts before these documents were used in the field trial study.

2.1.2.3 Implementing the Learning Unit in Field Trial Study

This step was to implement the learning unit with learners who had high achievement and high readiness for learning in order to 1) test quality of the learning unit in case of time, appropriateness and flow of the instructional sequences, 2) check some problems that might occur and 3) gather data to determine criteria for confirmatory study. Initially, the researcher contacted the director of Khon Kaen University Demonstration School by sending an official letter to ask for permission to do the field trial study during the second half of the first semester of the 2007 academic year. After the permission, the participating teacher and the researcher discussed about background and rationale of the study, goals of the learning unit, learning standards, content and prerequisite knowledge, activities and expected learning outcomes, meaning of fading scaffold technique and structure of the activities in the learning unit. The participating teacher subsequently spent one week with the researcher to study all of instructional materials and try to do the activities in the learning unit.

During the field trial study, a scientific reasoning test, a learning achievement test and an attitude towards science measure were administered initially within a classroom of seventh grade students (49 students). Then, these students were taught by the participating teacher using the learning unit which lasted 21 periods. The students worked in groups of six during the instruction time and each student was required to hand in a completed lab report every week. The researcher carried out classroom observation

during the instruction periods and used the classroom observation form to record the procedures and happening. After each instruction, the participating teacher and the researcher discussed the classroom events so that findings, comments and suggestions were shared. At the end of the teaching for the whole learning unit, the students took the same scientific reasoning test, learning achievement test and attitude towards science measure. Data from these tests were used as part of the procedure for determination of effectiveness of the learning unit and determination of criterion to evaluate effectiveness of the learning unit in the confirmatory study. In addition, there was discussion again between the participating teacher and the researcher at the end to share feedbacks about using the learning unit and its quality. The learning unit was then revised again by applying information from the field trial study. What was changed was stated in chapter 4. After completing revision process, the learning unit was ready to use in the confirmatory study. The details for this stage are shown in the next section.

2.2 Learning Unit Implementation of Confirmatory Study Stage

This stage was concerned with: 1) implementation of the learning unit with another group of learners who had lower achievement and lower readiness for learning, and 2) gathering of data for the evaluation of effectiveness of the learning unit. The following topics show details of this stage: namely, procedures, data collection and data analysis.

2.2.1 Procedures

Most processes in this stage matched those in the field trial study. The researcher contacted the director of Wattananakorn School by sending an official letter to ask permission to undertake the confirmatory study during the first half of the second semester of the 2007 academic year. After the permission was granted, the participating teacher and the researcher held discussions about the background and rationale of the study, goals of the learning unit, learning standards, content and prerequisite knowledge, activities and expected learning outcomes. These discussions covered most importantly the meaning of the fading scaffold technique, the structure of the activities and operating procedures to be followed when using this technique. Subsequently, the participating teacher spent one week with the researcher to study all of instructional materials and perform the activities in the learning unit. Additionally, the researcher shared and discussed feedbacks received from the field trial study. In the confirmatory study, the classroom of seventh grade students (43 students) was taught by the participating teacher using the

learning unit which lasted 23 periods. This change in the duration of teaching during the use of the learning unit is described in chapter 4. This classroom was drawn from three seventh grade classrooms in the school by simple sampling. The students worked in groups of six during the instruction and they were required to hand in individually a completed lab report each week. During the class periods, the researcher observed closely the classroom environment. After implementing each instructional plan, the participating teacher and the researcher discussed the classroom events in order to share findings, comments and suggestions. As in the field trial study, the participating teacher and the researcher discussed feedback from the learning unit implementation again after the entire set of instructional plans had been implemented. Details concerning the data collection of the learning unit implementation are explained in the next section.

2.2.2 Data Collection

The data collection was performed regularly during the implementation process of the learning unit because the design of the study was mixed-method which collected both quantitative and qualitative data. The students took the scientific reasoning test, the learning achievement test and the attitude towards science measure before being instructed by using the learning unit (Pre-test). After the learning unit implementation was done, the students took the same tests and the same measure again (Post-test). In addition, the researcher observed the classroom environment to gather qualitative data during the class periods. This was carried out using the classroom observation form. In addition to gathering these data, the participating teacher's opinion towards the learning unit was also assessed by the researcher using the teacher's opinion towards the learning unit interview form. Questions in the interview involved attributes of the learning unit and its application. All of the data collection was presented in Table 3 below. The details about the instruments and their construction are shown in the next following section.

TABLE 3 DATA COLLECTION IN THE CONFIRMATORY STUDY

Type of data	Instrument	Data	Time		
			Before	During	After
Quantitative Data	A scientific reasoning test	Scientific reasoning score	/		/
	A learning achievement test	Learning achievement score	/		/
	An attitude towards science measure	Attitude towards science score	/		/
Qualitative Data	A classroom observation form	Procedures and happening		/	
	A teacher's opinion towards the learning unit interview form	Teacher's opinion towards the learning unit			/

2.2.3 Data Analyses

Data received from the learning unit implementation included quantitative and qualitative data as shown in Table 3. Quantitative data consisting of scientific reasoning score, learning achievement score and attitude towards science score were analyzed using descriptive statistics and inferential statistics by the program of Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) for Windows. Qualitative data of the observation of classroom environment and the teacher's opinion towards the learning unit were analyzed and interpreted in term of a descriptive report. In-depth details about statistical analysis are explained in the following topic.

2.3 Learning Unit Evaluation

Collected data were analyzed using descriptive statistics and inferential statistics as stated above. This stage was to evaluate effectiveness of the learning unit by considering 5 hypotheses as follows.

1. The students' scientific reasoning mean score after learning using the learning unit is higher than the scientific reasoning cut-off score at the 0.05 level of significance.

2. The students' learning achievement mean score after learning using the learning unit is higher than the learning achievement cut-off score at the 0.05 level of significance.

3. The students' scientific reasoning post-test score positively correlate to the students' learning achievement post-test score at the 0.05 level of significance.

4. The students' attitude towards science mean score after learning using the learning unit are higher than before at the 0.05 level of significance.

5. The students' attitude towards science after learning using the learning unit is at high level at the 0.05 level of significance.

3. Research Instruments

There were 7 major types of instruments used in the study: 1) the learning unit, 2) the learning unit evaluation form, 3) the scientific reasoning test, 4) the learning achievement test, 5) the attitude towards science measure, 6) the classroom observation form and 7) the teacher's opinion towards the learning unit interview form. Details of developing these instruments are given in the next sections.

3.1 The Learning Unit

Details of the development of the learning unit were described above in the topic of research procedures.

3.2 The Learning Unit Evaluation Form

The learning unit evaluation form was developed for examining and verifying the learning unit draft on the basis of its content validity and correspondence of all components (e.g., background and rationale, goals of the learning unit, grade level, contents, learning activities, instructional materials, and assessment and evaluation). The evaluation form is an 11 item questionnaire which has three-point rating scale consisting of 1 = corresponding, 0 = not sure and -1 = not corresponding. Each question ends with a comment and suggestion section. This form was used by the experts after the learning unit drafts were developed completely. The procedures for constructing the learning unit evaluation form are listed as follows.

1. Determine elements for evaluating the learning unit draft documents;
2. Write the evaluation form draft;
3. Validate the evaluation form draft by three dissertation advisors; and
4. Revise the evaluation form draft by applying comments and suggestions

from the three advisors.

3.3 The Scientific Reasoning Test

The students' scientific reasoning skills were assessed by the scientific reasoning test adapted from the Test of Logical Thinking (TOLT) (Tobin. 2006: Online). Four reasoning types assessed on the scientific reasoning test consist of proportional reasoning, controlling variables, probabilistic reasoning and correlational reasoning. The scientific reasoning test consists of eight test items. Two test items assess each type of reasoning skills. Each question ends up with follow-up reasoning section. The test was used before and after implementing the learning unit. The procedures for constructing the scientific reasoning test are listed as follows.

1. Analyze science contents proper for reasoning;
2. Write the scientific reasoning test draft;
3. Validate the scientific reasoning test draft by the three dissertation advisors;
4. Revise the scientific reasoning test draft by applying comments and suggestions from the three advisors;
5. Examine and verify content validity, questioning, choices, correspondence between questions and measured behaviors, and wording by the three experts. Item Objective Congruence (IOC) was considered from a three-point rating scale assessment form consisting of 1 = corresponding, 0 = not sure and -1 = not corresponding. Items with the IOC index above 0.50 were selected and it was then revised again by applying comments and suggestions from the experts;
6. Try out the scientific reasoning test draft with a classroom of eighth grade students (47 students) in Khon Kaen University Demonstration School to test difficulty (p) and item discrimination (r). The items with the p index between 0.20-0.80 and the r index above 0.20 were selected; and
7. Determine reliability of the test using the Kuder-Richardson 20 for objective part and the Cronbach's alpha (α) for subjective part. These two reliability values were transformed to be Fisher z coefficient by Table of Fisher z coefficient (Ferguson. 1976: 493). These Z values were averaged and changed back to be reliability again.

3.4 The Learning Achievement Test

Students' learning achievement was assessed by the learning achievement test which was implemented before and after using the learning unit. Four categories of behavior assessed on the learning achievement test consist of knowledge, comprehension, science process skills and application. The learning achievement test consists of 25 multiple choices test items, each of which has four choices with only one correct answer. The procedures for constructing the learning achievement test are listed as follows.

1. Analyze the learning objectives by creating table of specifications;
2. Write draft of the learning achievement test;
3. Validate the learning achievement test draft by the three dissertation advisors;
4. Revise the learning achievement test draft by applying comments and suggestions from the three advisors;
5. Examine and verify content validity, questioning, choices, correspondence between questions and measured behaviors, and wording by the three experts. Item Objective Congruence (IOC) was considered from a three-point rating scale assessment form consisting of 1 = corresponding, 0 = not sure and -1 = not corresponding. Items with the IOC index above 0.50 were selected and it was then revised again by applying comments and suggestions from the experts;
6. Try out the learning achievement test draft with a classroom of eighth grade students (47 students) in Khon Kaen University Demonstration School to test difficulty (p) and item discrimination (r). The items with the p index between 0.20-0.80 and the r index above 0.20 were selected; and
7. Determine internal consistency reliability of the learning achievement test using the Kuder-Richardson 20.

3.5 The Attitude towards Science Measure

Students' attitude towards science was assessed using the attitude towards science measure which was implemented before and after using the learning unit. This measure was translated from Kind; Jones; & Barmby (2007: 880-881)'s attitude towards science measure. It aimed to examine the students' cognitive and emotional opinions about six aspects of science; learning science in school, self-concept in science, practical work in science, science outside of school, future participation in science and importance of

science. The attitude towards science measure consists of 37 items which are five-point rating Likert Scale consisting of: 1= strongly disagree, 2 = disagree, 3 = neutral, 4 = agree and 5 = strongly agree. The procedures for constructing the attitude towards science measure are listed as follows.

1. Ask for permission to use the attitude towards science measure;
2. Adapt and translate the attitude towards science measure into Thai language;
3. Validate the attitude towards science measure draft by the three dissertation advisors;
4. Revise the attitude towards science measure draft by applying comments and suggestions from the three advisors;
5. Try out the attitude towards science measure with a classroom of eighth grade students (47 students) in Khon Kaen University Demonstration School to determine internal consistency reliability of the measure using Cronbach's alpha (α).

3.6 The Classroom Observation Form

Overall quality of using the learning unit was assessed by the classroom observation form. The classroom observation form consists of 6 open-ended questions. It was used by the researcher during the learning unit implementation. The procedures for constructing the classroom observation form are as follows.

1. Determine elements for observing the classroom events;
2. Write draft of the classroom observation form;
3. Validate the classroom observation form draft by the three dissertation advisors;
4. Revise the classroom observation form draft by applying comments and suggestions from the three advisors; and
5. Examine and verify questioning and wording by the three experts. Then, it was revised again by applying comments and suggestions from the experts.

3.7 The Teacher's Opinion towards the Learning Unit Interview Form

The participating teacher' opinion towards the learning unit was assessed by the teacher's opinion towards the learning unit interview form. The teacher's opinion towards the learning unit interview form consists of 12 open-ended questions. It was used

by the researcher to interview the participating teacher after implementation of the whole learning unit to collect data about using the learning unit, problems and suggestions. The procedures for constructing the teacher's opinion towards the learning unit interview form are as follows.

1. Determine elements for interviewing the teacher's opinion towards the learning unit;
 2. Write the teacher's opinion towards the learning unit interview form draft.
 3. Validate the teacher's opinion towards the learning unit interview form draft by the three dissertation advisors;
 4. Revise the teacher's opinion towards the learning unit interview form draft by applying comments and suggestions from the three advisors;
 5. Examine and verify questioning and wording by the three experts.
- Then, it was revised again by applying comments and suggestions from the experts;

4. Statistical Analyses

Statistics used in this study included 2 categories: 1) statistics for testing materials and 2) statistics for testing hypotheses. Details of these statistics are given below.

4.1 Statistics for Testing Materials

4.1.1 Descriptive Statistics

Descriptive statistics such as mean and standard deviation was used to analyze correspondence of all components in the learning unit according to the experts' opinion. These were calculated by the SPSS program.

4.1.2 Index of Item Objective Congruence (IOC)

Index of Item Objective Congruence was used to analyze correspondence of all components in the learning unit, and objective correspondence of the learning achievement test and the scientific reasoning test. The Index of Item Objective Congruence was calculated from the following formula:

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

Where **IOC** is Index of Item Objective Congruence
R is Rating scores
N is Number of cases in the set of scores

4.1.3 Cronbach's Alpha (α)

Cronbach's alpha was used to measure the internal consistency of the attitude towards science measure. Formula for calculating the Cronbach's alpha is as follows (Kerlinger; & Lee. 2000: 656).

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum v_i}{v_t} \right)$$

Where α is The Cronbach's alpha
k is The number of items on the test
 v_i is The variance of the each score
 v_t is The variance of the total scores

4.1.4 The Kuder-Richardson 20 (KR-20)

KR-20 was used to calculate internal consistency reliability of the scientific achievement test and the scientific reasoning test. Formula for calculating the KR-20 is as follows (Kerlinger; & Lee. 2000: 656).

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left(\frac{v_t - \sum p_i q_i}{v_t} \right)$$

Where r_{tt} is Reliability of the test
k is The number of items on the test
 v_t is The variance of the total scores
 p_i is The proportion of test takers who answer item-i correctly
 q_i is The proportion of test takers who answer item-i incorrectly

4.1.5 The Difficulty Index, the Easiness Index and the Discrimination Index

The difficulty index and the discrimination index were used to determine item difficulty and item discrimination of the learning achievement test and scientific reasoning test. Two categories of these indexes are for different types of tests: objective test and subjective test. The difficulty index (p) and the discrimination index (r) for objective test are as follows (Kerlinger; & Lee. 2000: 660-661).

$$p \text{ index} = \frac{\text{Number of students answering item correctly}}{\text{Total number of students taking test}}$$

$$r \text{ index} = \frac{P_T - P_B}{\text{Number of students in Top group}}$$

Where P_T is The number of students in the Top group that got the item correct

P_B is The number of students in the Bottom group that got the item correct

The easiness index (P_E) and the discrimination index (D) for subjective test are as follows (Saiyod; & Saiyod. 2000: 199-201).

$$P_E = \frac{S_U + S_L - (2N \cdot X_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

Where P_E is Easiness index

S_U is Sum of scores in the Top group

S_L is Sum of scores in the Bottom group

N is The number of students in the Top group or the Bottom group

$X_{\max}$ is The student's highest score

$X_{\min}$ is The student's lowest score

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

Where **D** is Discrimination index
S_U is Sum of scores in the Top group
S_L is Sum of scores in the Bottom group
N is The number of students in the Top group or the Bottom group
X_{max} is The student's highest score
X_{min} is The student's lowest score

4.2 Statistics for Testing Hypotheses

4.2.1 Determination of Cut-off Score

Determination of cut-off score by Berk's method (Berk. 1976: 4-9) was used to find optimal cut-off score as a criterion for testing the first and second hypotheses. Initially, two frequency curves between each score and student number of each score were plotted to find possible cut-off scores. One of them was plotted using the post-test scores for students involved in the field trial study. Another one was plotted using the pre-test scores for students involved in the confirmatory study. The cutting point of these curves showed rank of possible cut-off scores. Determination of optimal cut-off score focused on the score which has highest probability of correct decisions and lowest probability of incorrect decisions. In addition, validity coefficient was also considered in order to choose the most optimal cut-off score. Formulas to compute these values are as follow.

$$\text{Probability of correct decisions} = p(TM) + p(TN)$$

$$\text{Probability of incorrect decisions} = p(FN) + p(FM)$$

$$\text{Validity coefficient } (\phi_{vc}) = \frac{P(TM) - BR(SR)}{\sqrt{BR(1-BR)SR(1-SR)}}$$

$$\text{Where } p(TM) = \frac{\text{Instructed students whose test scores lie at or above the cut-off score}}{\text{Total number of instructed students}}$$

$$p(TN) = \frac{\text{Uninstructed students whose test scores lie below the cut-off score}}{\text{Total number of Uninstructed students}}$$

$$p(\text{FM}) = \frac{\text{Uninstructed students whose test scores lie at or above the cut-off score}}{\text{Total number of Uninstructed students}}$$

$$p(\text{FN}) = \frac{\text{Instructed students whose test scores lie below the cut-off score}}{\text{Total number of instructed students}}$$

$$\text{BR is } p(\text{FN}) + p(\text{TM})$$

$$\text{SR is } p(\text{TM}) + p(\text{FM})$$

4.2.2 Descriptive Statistics

Descriptive statistics such as mean and standard deviation was used to analyze pre-test and post-test scores of the students' scientific reasoning, the students' learning achievement and the students' attitude towards science. These were calculated by the SPSS program.

4.2.3 Inferential Statistics

The SPSS program was used to analyze data for testing the hypotheses. There were 3 types of analysis as follows.

4.2.2.1 One sample *t*-test at the 0.05 level of significance was used to compare mean of post-test scores of the scientific reasoning, the learning achievement and the attitude towards science with the criterion.

4.2.2.2 Paired samples *t*-test at the 0.05 level of significance was used to compare mean of pre-test and post-test scores of the scientific reasoning, the learning achievement and the attitude towards science.

4.2.2.3 Bivariate correlation at the 0.05 level of significance was used to determine direction and degree of correlation between the scientific reasoning and the learning achievement post-test scores.

The level of the students' attitude towards science was evaluated by comparing mean score of the students' attitude towards science with the criteria categorized in five levels as follows.

The mean score 4.51 – 5.00 interpreted as the highest level of attitude

The mean score 3.51 – 4.50 interpreted as the high level of attitude

The mean score 2.51 – 3.50 interpreted as the medium level of attitude

The mean score 1.51 – 2.50 interpreted as the low level of attitude

The mean score 1.00 – 1.50 interpreted as the lowest level of attitude

5. Roles of Individuals in the Study

The study involved three groups of people: the researcher, the participating teachers and the students. This section specifies the roles of each group as follows.

5.1 The Researcher

The researcher developed the learning unit by studying related documents, developing drafts of the learning unit, contacting the three experts for the learning unit evaluation, and revising the learning unit drafts. The researcher then contacted the directors of the two schools for the field trial study and the confirmatory study, and the two participating teachers. In order to prepare the participating teachers, the researcher discussed about the learning unit and spent one week with each of them in different periods of time to study all of instructional materials and try to do the activities in the learning unit. During the field trial study, the researcher observed instructional process by using the learning unit in the classroom and then used information received from the participating teacher and classroom environment to adjust the learning unit. The researcher again observed instructional process in the classroom during the confirmatory study to collect information for the learning unit evaluation.

5.2 The Participating Teachers

Two middle school science teachers involved in this study. Each of them used the learning unit to teach middle school students in field trial study and confirmatory study. The first one from Khon Kaen University Demonstration School collaborated with the researcher in the field trial study. She taught the classroom of seventh grade students by using the learning unit and reflected her ideas, problems and suggestions, after implementing each instructional plan and after using all instructional plans for the learning unit revision. Another teacher in Wattananakorn School worked together with the researcher in the confirmatory study. She taught the classroom of seventh grade students by using the revised learning unit and reflected her opinion towards the learning unit after finishing the learning unit implementation for its effectiveness evaluation. As stated above,

two of them discussed about the learning unit and spent one week with the researcher in different periods of time to study all of instructional materials and try to do the activities in the learning unit before the real using in order to prepare and practice themselves.

5.3 The Students

The students who involved in the study were composed of 2 groups. First, a classroom of seventh grade students (49 students) at Khon Kaen University Demonstration School participated in the field trial study. They learned Matters and Properties of Matters topic by using learning materials of the learning unit. Data received from these students were used for the learning unit revision and determination of criteria to test the hypotheses. Secondly, a classroom of seventh grade students (43 students) at Wattananakorn School participated in the confirmatory study. They learned Matters and Properties of Matters topic by using learning materials of the revised learning unit. Data received from these students were used for the learning unit evaluation.

CHAPTER 4

RESULTS OF THE STUDY

This chapter presents results of the study on development and implementation of the learning unit which focused on an open-ended scientific inquiry within the classroom. The fading scaffold technique was designed to enhance the students' scientific thinking skills by fading complexity of the inquiry practices in over time. At the same time, the teacher's help was fading out to provide the students opportunities to think and learn on their own abilities with assistance from the teacher when needed. Data from each stage were gathered and analyzed by both descriptive and inferential statistics. The results reported in this chapter are composed of two sections: one relating to the results of the learning unit development and the other to the results of the learning unit implementation.

1. The Results of the Learning Unit Development

A study of the relevant literature provided significant information for developing the learning unit. It was found generally that scientific thinking skills are vital for people in today's world. One of the goals of the Thai Basic Education Curriculum of 2001 specifies that Thai students should be able to think mathematically and scientifically. This led to the purpose of this research study which the learning unit was developed to promote scientific reasoning skills of the student. The next major question is how to promote the student's scientific reasoning skills.

Review of the literature showed that scientific reasoning refers to five patterns of hypothetical-deductive thinking. Four of them focused in this study consist of identification and control of variables, proportional thinking, probabilistic thinking, and correlational thinking). These thinking patterns are used throughout the processes of scientific inquiry (Lawson. 1995: 42-62). Therefore, supporting open-ended scientific inquiry practices should be the right way to promote scientific reasoning skills. Although these practices are difficult for the student, it could be accomplished by the fading scaffold technique. This technique was used to adjust structure of the learning activities; namely, the student was provided gradually opportunity to think and work more on their own throughout the processes of scientific inquiry activities. Consequently, they would learn from the previous lesson how to think and how to accomplish the tasks, and apply these into a new situation.

Finally, the student's hypothetical-deductive thinking patterns were assessed to reflect improvement of the scientific reasoning skills.

These notions were used in the development of the learning unit. There were three main procedures in this stage: 1) Developing drafts of the learning unit, 2) Evaluating the learning unit by experts and 3) Implementing the learning unit in the field trial study. The results of each procedure are illustrated below.

1.1 The Results of Developing Drafts of the Learning Unit

1.1.1 Goals and Learning Standards of the Learning Unit

After due consideration of the background and rationale of the study and related literature, the goals of the learning unit were purposed. These goals correspond with issues and needs of current science education. Besides, these goals align with the goals of Thailand's National Education Act of B.E. 2542 (A.D. 1999) and Amendments and the Basic Education Curriculum B.E. 2544 (A.D. 2001). The goals of the learning unit are as follows.

1. To provide the student with knowledge and understanding about basic principles and theories covering matter and classification of matter, solutions, separation of matter and acid-base solutions
2. To provide the student with understanding about boundary, nature and limitations of science
3. To promote the development of scientific communication skills within the student
4. To promote the development of scientific inquiry skills within the student
5. To promote the development of scientific reasoning skills within the student
6. To enable the student to apply appropriately their knowledge and understanding about matter and classification of matter, solutions, separation of matter and acid-base solutions in daily life

These goals were a focus for development of the learning unit. The next step was to target the curriculum standards. This study focused on Sub-strand 3: Matter and Properties of Matter within the Thai Basic Education Curriculum of 2001. Middle school students were selected for the study because scientific practices were regarded as crucial for and urgently needed by people in this era. Additionally, young students should have a

chance to learn how to think as soon as possible although it seems to be too early for them to have completely logical thinking in many situations. As stated above, the two standards were used in the study. Some parts of the two standards in this Sub-strand 3 which are proper for middle school students were adopted and used to determine expected learning outcomes for development of the learning unit. Following are the learning standards purposed in the learning unit.

1. The student should be able to observe, investigate, analyze and discuss properties of matter, classify them into groups according to their homogeneity, heterogeneity or size of particles.

2. The student should be able to investigate, compare, discuss and explain units used to show amount of solute in the solution and preparation of a solution with a specified unit and apply it to daily life.

3. The student should be able to investigate and explain methods for separation of matter: crystallization, distillation, extraction and chromatography, and appropriately apply these techniques in daily life.

4. The student should be able to investigate homogeneous matter, discuss and explain acid-base properties, pH values and apply the notion of acid-base of matter in daily life.

There are five main topics drawn from the above learning standards for developing the learning unit. The topics cover matter and properties of matter, classification of matters, solution, separation of matters and acid-base solution. These topics were analyzed into sub-topics which are elucidated as concept flow with prerequisite content knowledge of each concept in Table 4.

TABLE 4 CONCEPT FLOW AND PREREQUISITE CONTENT KNOWLEDGE

Concept Flow	Prerequisite Content Knowledge
1. matter and properties of matter 1.1 matter 1.2 physical properties	- materials in daily life - matter
2. classification of matters 2.1 classification by state of matter 2.2 classification by homogeneity and heterogeneity - homogeneous matter - heterogeneous matter 2.3 classification by size of particles - suspension - colloid - solution	- classification in daily life - state of matter - characteristics of homogeneous and heterogeneous matters - filtration
3. solution 3.1 compositions of solution 3.2 soluble property of matters - some factors influencing soluble property 3.3 preparation of solution - preparation of solution - preparation of diluted solution - concentration of solution	- state of matter - characteristics and compositions of solution - soluble property of matters - solute and solvent - volumetric knowledge

TABLE 4 (Continued)

Concept Flow	Prerequisite Content Knowledge
4. separation of matter	
4.1 crystallization	- solution - effects of temperature on solubility - filtration
4.2 solvent extraction	- solution
4.3 steam distillation	- boiling point - change of state of matter
4.4 simple distillation	- boiling point
4.5 chromatography	- diffusion - solution
5. acid-base solutions	
5.1 properties of acid-base solutions	- solution
- properties and reaction of acid solutions	- properties of litmus paper
- properties and reaction of base solutions	
5.2 acid-base solutions and indicators	- solution
- pH	- properties of acid-base solutions
- indicator	
5.3 acid-base solutions in daily life	- properties of acid-base solutions - acid-base solutions - indicator

1.1.2 Organizing the Learning Unit

These concepts were grouped and arranged in order to organize activities in the entire learning unit. In addition, learning outcomes for each activity were also determined. Seven activities and the learning outcomes are shown in Table 5 below.

TABLE 5 INSTRUCTIONAL TOPICS AND EXPECTED LEARNING OUTCOMES

Activity Topic	Expected Learning Outcomes (After learning the topic, students should be able to ...)
Activity 1: Properties of matters & classification of matters by homogeneity and heterogeneity	1) Investigate and explain physical properties of matters by given procedures 2) Analyze, compare and classify matters into groups according to their homogeneity or heterogeneity 3) Explain properties of homogeneous and heterogeneous matters, and give examples of these matters found in daily life
Activity 2: Investigating properties of suspension, colloid and solution	4) Investigate size of particles of suspension, colloid and solution by given procedures 5) Classify matters into groups of suspension, colloid and solution according to their sizes of particles 6) Explain properties of suspension, colloid and solution, and give examples of these matters found in daily life
Activity 3: Solubility and some factors influencing solubility	7) Investigate and explain solubility of matters according to different solutes, solvents and temperature by given procedures 8) Explain properties of solute and solvent 9) Give examples of solutions in forms of solid, liquid and gas 10) Explain solubility of matters and saturated solution
Activity 4: Preparation and dilution of solution	11) Prepare and dilute solution to the specified concentration 12) Explain concentration of solution, percent composition by mass (% by mass), percent composition by volume (% by volume), percent composition by mass/volume (% my mass/volume) and part per thousand (ppt.). 13) Calculate concentration of solution using % by mass, % by volume, % by mass/volume and ppt.

TABLE 5 (Continued)

Activity Topic	Expected Learning Outcomes (After learning the topic, students should be able to ...)
Activity 5: Application of matter separation in daily life	14) Explain separation processes: crystallization, solvent extraction, simple distillation, steam distillation and chromatography. 15) Specify the application of matter separation. 16) Investigate and apply the matter separation techniques.
Activity 6: Properties of acid-base solutions	17) Investigate and explain properties of acid-base solutions. 18) Determine pH of acid-base solutions using indicators. 19) Explain the relationship between pH and acidity/basicity of solutions. 20) Define universal indicator and pH meter.
Activity 7: Acid-base solutions in daily life	21) Investigate and explain properties of acid-base solutions in daily life. 22) Give examples of acid-base reaction in daily life. 23) Apply the knowledge of acid-base solutions in daily life.

These activities were arranged using five steps of learning cycle depicted in Figure 6, one activity/one cycle. The second and third step of the learning cycle, Exploration and Explanation, were divided into five sub-tasks (STs) which are shown in dashed line. These sub-tasks are listed from the most difficult task to the least one as follows.

ST 1: To choose a topic and identify a problem for study

ST 2: To plan and design procedure/method of the study

ST 3: To plan and design data collection and questions for discussion

ST 4: To analyze and discuss data from the study

ST 5: To formulate and report conclusions of the study

Instructional process of each activity was different in these two steps of the learning cycle due to the fading scaffold technique, the technique to adjust instructional support, structure of inquiry activity, to promote students' learning. In this research study, the instructional processes during the second and third step of the learning cycle of each activity were adjusted with the aims of helping the students internalize scientific inquiry process and becoming less dependent on the teacher's help for what to do next. It aimed

also to facilitate in the transfer of these newly gained scientific inquiry skills and knowledge to a new context. As a result, each activity had different complexity of the five sub-tasks.

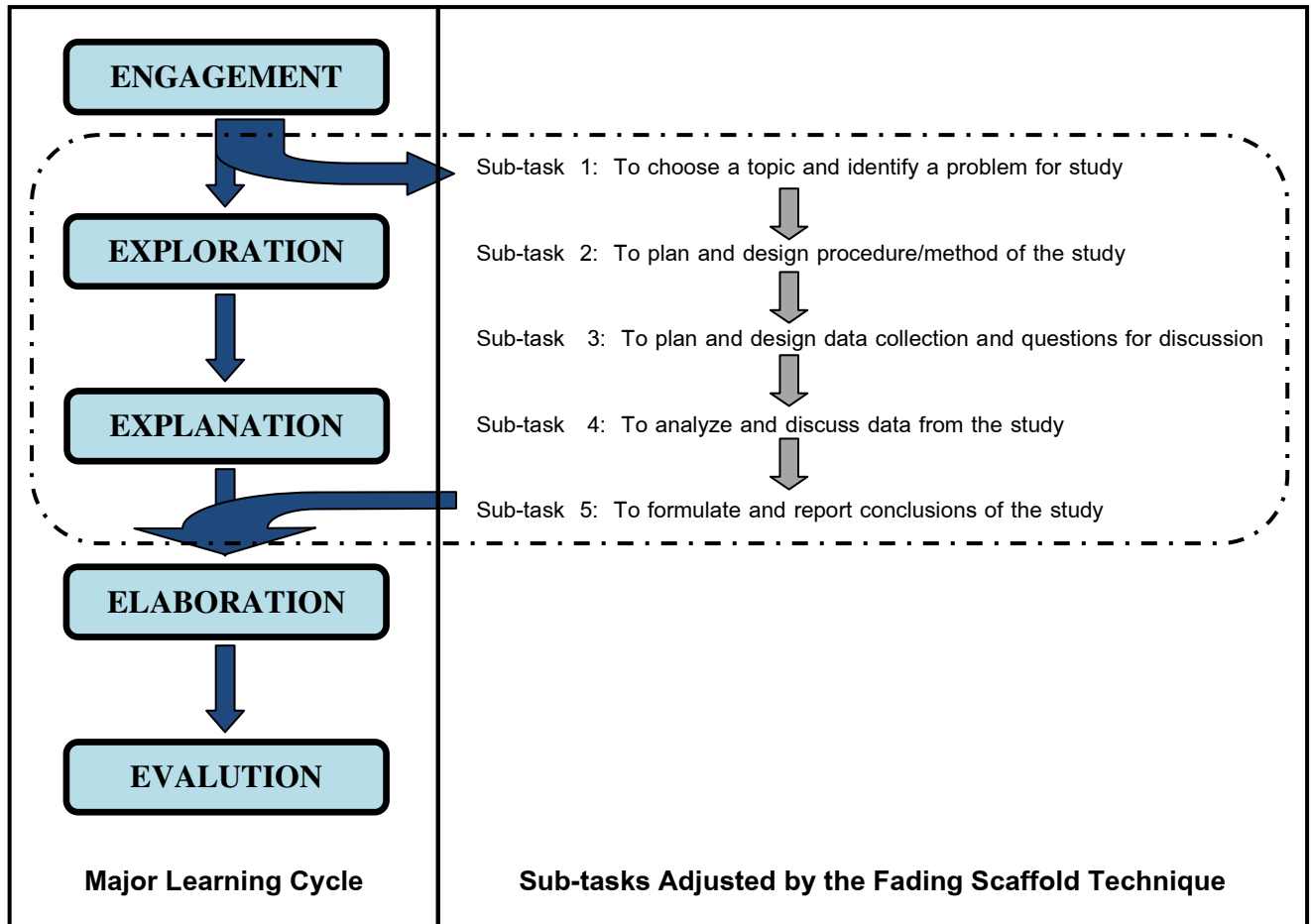


FIGURE 6 FIVE STEPS OF THE LEARNING CYCLE AND FIVE SUB-TASKS

The difference in complexity of these sub-tasks indicated the teacher's roles and the student's roles of each activity. In another word, it specified openness level of inquiry practice in each activity. These sub-tasks were adjusted within 6 stages, which allow the students to practice the least complex one first and move consecutively to more complex ones. The entire learning unit comprises seven activities and take 21 periods (1 period = 50 minutes). The structure of all activities is depicted in Figure 7 showing the changes within the structure of activities in the learning unit from entirely structured activity (teacher-directed inquiry) to non-structured activity (student-directed inquiry).

Student's Role		Students learn by doing inquiry following the given procedures.	Students learn by doing inquiry following the given procedures.	Students learn by doing inquiry following the given procedures.	Students learn by doing inquiry following the given procedures.	Students learn by doing inquiry under the given topic.	Students are fully in charge of doing inquiry by doing
Tasks	ST 5: To formulate and report conclusions of the study		They do ST5 by themselves.	They do ST4 ST5 by themselves.	They do ST3 ST4 ST5 by themselves.	They do ST2 ST3 ST4 ST5 by themselves.	ST1 ST2 ST3 ST4 ST5 by themselves.
	ST 4: To analyze and discuss data from the study						
	ST 3: To plan and design data collection and issues for discussion						
	ST 2: To plan and design procedure/method of the study	Teacher is fully in charge of preparing activity by doing	Teacher prepare activity by doing	Teacher prepare activity by doing	Teacher prepare activity by doing	Teacher prepare activity by doing	Teacher works as a scaffolder providing help when needed.
	ST 1: To choose a topic and identify a problem for the study						
Teacher's Role		ST2 ST3 ST4 ST5.	ST1 ST2 ST3 ST4.	ST1 ST2 ST3.	ST1 ST2.	ST1.	
		Stage I	Stage II	Stage III	Stage IV	Stage V	Stage VI
		Activity 1	Activity 2	Activity 3	Activity 4	Activity 5 Part I Activity 5 Part II	Activity 7

FIGURE 7 STRUCTURE OF ACTIVITIES BASED ON THE FADING SCAFFOLD TECHNIQUE

From Figure 7, different structures represent different degrees of scientific inquiry. In stage I, students learned science by verification method. Every step was set up and directed by the teacher. Then, the students had more responsibility increasingly in their learning, with the level of inquiry changing progressively from guided inquiry to more open-guided inquiry. This change continued until the last stage, where the activity was fully unstructured which was students-directed inquiry or open-ended scientific inquiry. These levels of scientific inquiry were drawn from classification of openness degree of scientific inquiry as shown in Table 2 (p. 19). In conclusion, there were two kinds of fading in this research study: 1) fading in complexity of the inquiry tasks or openness level of inquiry practices, and 2) fading out structure of the activities or support from the teacher.

1.1.3 Developing Teacher Manual and Instructional Plan Draft

The structure of activities in Figure 7 was used as guideline to write the learning unit documents consisting of the teacher manual and seven instructional plans. The teacher manual provided the participating teacher necessary information about the learning unit (e.g., background and rationale, goals of the learning unit, learning standards, content and prerequisite knowledge, activities and expected learning outcomes, meaning of the fading scaffold technique, and structure of the activities following the fading scaffold technique). This manual was used to prepare two participating teachers: one participated in the field trial study and another in the confirmatory study.

The instructional plans were written by applying organized activities. The entire learning unit has seven instructional plans lasting 21 periods. A framework that specifies type of scientific inquiry and period of each instructional plan is shown in Table 6.

Table 6 shows period of guided-inquiry which was longest. This period was divided to three stages (stage II – stage IV) in which there was different complexity of guided-inquiry tasks as shown in Figure 7. A main goal of this design was to providing the students ample time to learn and to practice the tasks before directing themselves in the last stage. When the developing drafts of the learning unit documents was completed, all documents were sent to the three experts to evaluate and provide feedback on the effectiveness of the learning unit drafts. The results from the experts are reported below.

TABLE 6 A FRAMEWORK OF THE INSTRUCTIONAL PLANS

Title of Instructional Plan	Type of Inquiry	Period(s)
1. Physical Properties and Classification of Matter	Verification	2
2. Investigating Properties of Suspension, Colloid and Solution	Guided inquiry	2
3. Solubility and Some Factors Influencing Solubility		3
4. Preparation and dilution of Solution		3
5. Application of Matter Separation in Daily Life (Part I) Application of Matter Separation in Daily Life (Part II)		2
6. Properties of Acid-Base Solutions	Open-guided inquiry	3
7. Acid-Base Solutions in Daily Life	Open-ended inquiry	2
Total Periods of Implementing the Learning Unit		21

Note: 50 minutes/period

1.2 The Results of Evaluating the Learning Unit by the Experts

Effectiveness of the learning unit drafts was assessed and evaluated by the three experts on the basis of its content validity and correspondence for all components. The results from data analysis for the correspondence of all components are shown in Table 22 (Appendix B).

From Table 23, the Index of Item Objective Consistency (IOC) showed scores between 0.67-1.00 which are above the selected criterion (0.50). This means the components in the learning unit are related to each other. Additionally, comments and suggestions regarding the instructional plans and the teacher manual provided by the experts are outlined below and have been used to improve the quality of the learning unit.

1. The teacher manual and the instructional plans should be improved to be clear and easier for the participating teachers to understand. In the teacher manual, more details about designing activities using the fading scaffold technique were added. Additionally, more details were added in instructional sequence of some instructional plans and activity sheets. Some misused words proposed by the experts were deleted or changed also.

2. Activity 5 (Application of Matter Separation in Daily Life) needed to be revised to be easier for the students. It was suggested that some new instruments should be introduced to the students before the inquiry begins. As a result, the researcher revised

and changed instructional processes of activity 5.

3. Some examples in instructional materials should be changed to be common things in the students' daily life; for example, chocolate melting was changed to be ice melting.

4. Some instructional materials needed to be improved to be more interesting. Therefore, the researcher changed some contents and inserted some more pictures in activity sheets.

5. Questions in activity 3 needed to be revised to be more consistent to the learning objectives. This related to the result from analysis of item no.7 for the correspondence of all components of the lesson plan 3. The questions were changed to be open-ended.

The learning unit drafts were improved as stated in above items. Then, it was ready to be used in the field trial study. In addition to the learning unit, other research instruments were also ready to be used in the next step. Details of these instruments are shown below.

1. Scientific Reasoning Test: The scientific reasoning test consists of eight test items adapted from the Test of Logical Thinking (TOLT) (Tobin. 2006: Online). This test assessed four reasoning types: proportional reasoning, controlling variables, probabilistic reasoning and correlational reasoning. Two test items assess each type of reasoning skills. Each question has two parts: multiple choices and follow-up reasoning section. The IOC index of this test examined by the three experts was shown in Appendix B. In addition, some wording was changed according to the experts' suggestion. Data from implementing the test with a classroom of eighth grade students (47 students) in Khon Kaen University Demonstration School was used to determine: 1) difficulty index (p) and item discrimination index (r) shown in Appendix B, and 2) reliability of the test (0.63).

2. Learning Achievement Test: The learning achievement test consists of 25 multiple choices test items developed by the researcher. Each item has four choices with only one correct answer. This test assessed four categories of behavior: knowledge, comprehension, science process skills and application. The IOC index of this test examined by the three experts was shown in Appendix B. Some wording was changed according to the experts' suggestion. Data from implementing the test with a classroom of eighth grade students (47 students) in Khon Kaen University Demonstration School was used to determine: 1) difficulty index (p) and item discrimination index (r) shown in Appendix B, and 2) reliability of the test (0.60).

3. Attitude towards Science Measure: The attitude towards science measure consists of 37 items translated from Kind; Jones; & Barmby (2007: 880-881) 's attitude towards science measure. These items are five-point rating Likert Scale: 1= strongly disagree, 2 = disagree, 3 = neutral, 4 = agree and 5 = strongly agree. This measure examined the students' cognitive and emotional opinions about six aspects of science: learning science in school, self-concept in science, practical work in science, science outside of school, future participation in science and the importance of science. Data from implementing the measure with a classroom of eighth grade students (47 students) in Khon Kaen University Demonstration School was used to determine reliability of the measure which is 0.89.

4. Classroom Observation Form: The classroom observation form consists of 6 open-ended questions developed by the researcher. The form was ready to be used without any comment from the experts.

5. Teacher's Opinion towards the Learning Unit Interview Form: The teacher's opinion towards the learning unit interview form consists of 12 open-ended questions developed by the researcher. The form was ready to be used without any comment from the experts.

1.3 The Results of Field Trial Study Stage

This step aimed to implement the learning unit with learners who had high readiness for learning in order to 1) test quality of the learning unit in term of time, appropriateness and flow of the instructional sequences, 2) check some problems that might occur during the processes and 3) gather data to determine criteria for confirmatory study. The learning unit was used by the participating teacher with the classroom of seventh grade students (49 students) at Khon Kaen University Demonstration School during the second half of the first semester, 2007 academic year. Initially, the participating teacher studied the teacher manual and discussed about background knowledge for using the learning unit with the researcher. Subsequently, the teacher studied all of instructional plans, instructional materials and tried out the activities in the learning unit with the researcher for one week to be ready for the field trial study.

In the field trial study, the students worked in groups of six. In order to group the students, the students were divided into two groups: a high achievement group and a low achievement group. Subsequently, three of the students from each group were

assembled to form one group. However, individual student was required to hand in a completed lab report every week. The whole learning unit was tried out for 21 periods, 3 periods a week (1 period = 50 minutes). In this stage, the scientific reasoning test, the learning achievement test and the attitude towards science measure were administered before and after the instruction using the learning unit. The pre-test and post-test scores are presented in Appendix C. The scores from 47 students were analyzed because two students did not take the post-test. The results are shown as follows.

1.3.1 Comparison of Scientific Reasoning Pre-test and Post-test Scores from the Field Trial Study

Scientific reasoning of the students was assessed by the scientific reasoning test consisting of eight test items (three scores for each item). This test assessed four reasoning types: proportional reasoning, controlling variables, probabilistic reasoning and correlational reasoning. The scientific reasoning pre-test and post-test scores were analyzed using paired samples *t*-test by the SPSS program at the 0.05 level of significance. The results are shown in Table 7.

TABLE 7 THE COMPARISON OF THE SCIENTIFIC REASONING MEAN SCORE OF THE STUDENTS BEFORE AND AFTER LEARNING IN THE FIELD TRIAL STUDY

Score	N	Mean	S.D.	Mean of Diff	S.E.	t
Scientific Reasoning Pre-test Scores	47	8.74	3.662	4.574	0.447	-10.240*
Scientific Reasoning Post-test Scores	47	13.32	3.823			

$$t_{(0.05; df 46)} = 2.015$$

The results shown in Table 7 indicated that the students' scientific reasoning mean score after learning using the learning unit was higher than before at the 0.05 level of significance. This means the students who learned through the learning unit had a significant improvement on the scientific reasoning skills.

1.3.2 Comparison of Learning Achievement Pre-test and Post-test Scores from the Field Trial Study

Learning achievement of the students was assessed by the learning achievement test consisting of 25 test items. This test assessed four categories of behavior: knowledge, comprehension, science process skills and application. The learning achievement pre-test and post-test scores were analyzed using paired samples *t*-test by the SPSS program at the 0.05 level of significance. The results are shown in Table 8.

TABLE 8 THE COMPARISON OF THE LEARNING ACHIEVEMENT MEAN SCORE OF THE STUDENTS BEFORE AND AFTER LEARNING IN THE FIELD TRIAL STUDY

Score	N	Mean	S.D.	Mean of Diff	S.E.	t
Learning Achievement Pre-test Scores	47	8.30	3.007	-3.085	0.356	-8.671*
Learning Achievement Post-test Scores	47	11.38	3.359			
t _(0.05; df 46) = 2.015						

The results shown in Table 8 indicated that the students' learning achievement mean score after learning using the learning unit was higher than before at the 0.05 level of significance. This means the students who learned through the learning unit had a significant improvement on the learning achievement.

1.3.3 Comparison of Attitude towards Science Pre-test and Post-test Scores from the Field Trial Study

Attitude towards science of the students were assessed by using the attitude towards science measure consisting of 37 items. These items are five-point rating Likert Scale: 1= strongly disagree, 2 = disagree, 3 = neutral, 4 = agree and 5 = strongly agree. This measure examined the students' cognitive and emotional opinions about six aspects of science: learning science in school, self-concept in science, practical work in science, science outside of school, future participation in science and importance of science. The pre-test and post-test scores of attitude towards science were analyzed using

paired samples *t*-test by the SPSS program at the 0.05 level of significance. The results are shown in Table 9.

TABLE 9 THE COMPARISON OF THE ATTITUDE TOWARDS SCIENCE MEAN SCORE OF THE STUDENTS BEFORE AND AFTER LEARNING IN THE FIELD TRIAL STUDY

Score	N	Mean	S.D.	Mean of Diff	S.E.	t
Attitude towards Science Pre-test Scores	47	3.62	0.444	0.438	0.348	12.589*
Attitude towards Science Post-test Scores	47	4.06	0.313			
t _(0.05; df 46) = 2.015						

The results shown in Table 9 indicated that the students' attitude towards science mean score after learning using the learning unit was higher than before at the 0.05 level of significance. This means the students who learned through the learning unit had a significant improvement on the attitude towards science.

In addition to quantitative data, the procedures in the classroom were observed and recorded. Additional data was received from the discussion between the researcher and the teacher after trying each instructional plan and the entire learning unit. The results shown below are detail of findings, comments and suggestions from the field trial study.

1. It was found that some material proposed in the learning activities should be changed to be more obvious and diverse.
2. Some pictures and wording in the instructional material should be changed. The students could not see these pictures well and they sometimes did not understand the words. The pictures were changed or enlarged, and the words were changed also to avoid the students' misconception.
3. Many students were confused and could not complete activity 2 (Investigating Properties of Suspension, Colloid and Solution) in the classroom. Some wording in the activity sheet was changed in order to avoid the ambiguity.

4. The instructional processes of activity 4 (Preparation of Solution and Diluted Solution) which had two sections should be revised. In this stage, the students finished two experiments before starting the process of discussion and making conclusions for these experiments. It was found that most students were confused about the concepts of dilution. It was possible that they should have solid background knowledge about preparation of solution before learning the dilution. As a result, the instructional sequences were reorganized so that students in the confirmatory study would gain a better understanding; therefore, the students should finish all process of inquiry in section I before starting section II.

5. Finally, time for some instructional plans should be adjusted. The students needed more time to complete activities 2, 4 and 6. In contrast, time for activity 5 part II could be changed from 3 periods to 2 periods. The time adjustment according to the results of the field trial study is shown in Table 10.

TABLE 10 TIME ALLOCATION OF THE LEARNING UNIT

Title of Instructional Plan	Period(s)	
	Field Trial Study	Confirmatory study
1. Physical properties and Classification of Matter	2	2
2. Investigating Properties of Suspension, Colloid and Solution	2	3
3. Solubility and Some Factors Influencing Solubility	3	3
4. Preparation of Solution and Diluted Solution	3	4
5. Application of Matter Separation in Daily Life (Part I)	2	2
Application of Matter Separation in Daily Life (Part II)	3	2
6. Properties of Acid-Base Solutions	2	3
7. Acid-Base Solutions in Daily Life	4	4
Total Periods of the Learning Unit Implementation	21	23

Note: 50 minutes/period

The revised entire learning unit lasted 23 periods. Structure of these activities in terms of time and openness level of inquiry is depicted in Figure 8.

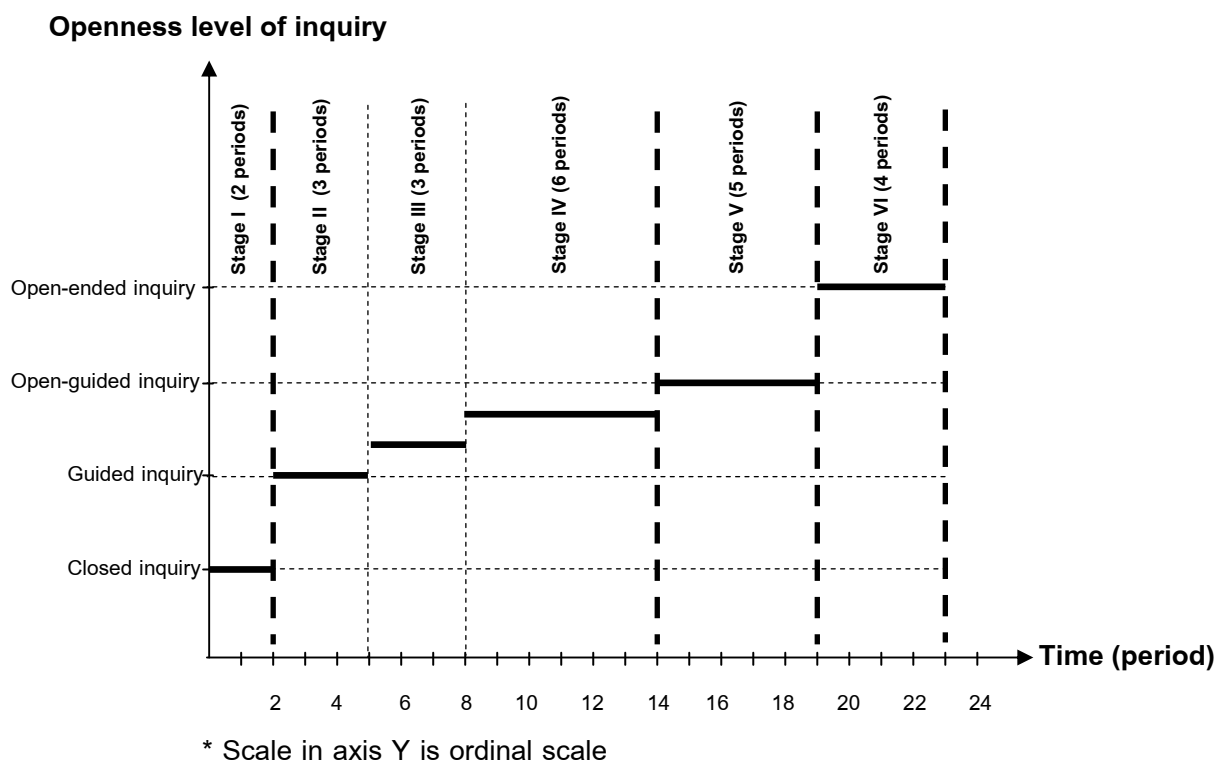


**FIGURE 8 THE STRUCTURE OF ACTIVITIES IN TERMS OF TIME AND OPENESS
LEVEL OF INQUIRY**

Analyses of quantitative data of the field trial study showed that the learning unit could enhance scientific reasoning skills, learning achievement, and attitude towards science of the students significantly. In addition, qualitative data found from the classroom observation and the participating teacher was used to improve the learning unit as stated above. As a result, the learning unit would be effective to enhance students' learning in the next stage. The teacher manual and lesson plans are shown in Appendix E. After the revision, the overall process of the instruction was suitable and ready for the confirmatory study. Then, the learning unit was implemented with another classroom of seventh grade students at a different school to test its effectiveness in supporting or not supporting the research hypotheses. The results of the confirmatory study are shown in the next section.

2. The Results of the Confirmatory Study Stage

To evaluate effectiveness of the learning unit with another group of learners who had lower readiness for learning, the learning unit was implemented by another participating teacher within a classroom of seventh grade students (43 students) at Wattananakorn School during the first half of the second semester in 2007 academic year. Similar to the processes in the field trial study, the participating teacher was prepared by studying the teacher manual and discussing about the learning unit and its application with the researcher. The teacher then spent one week with the researcher to study instructional plans and instructional materials, and to try out the activities in the learning unit. Moreover, the researcher also shared findings, comments and suggestions from the field trial study with the teacher. Next step was using the learning unit in the real setting.

During the implementation, six students worked together as a group. The method to group the students was the same as that in the field trial study. The students were divided into two groups: a high achievement group and a low achievement group. Three students from each group were grouped together. Everyone was required to submit a completed lab report each week. The entire learning unit was tried out for 23 periods, 3 periods a week. In order to collect data for the learning unit evaluation, the students took the scientific reasoning test, the learning achievement test and the attitude towards science measure before and after the instruction. The procedures and happening during the class periods were observed by the researcher. Moreover, the discussion between the researcher and the teacher after implementing each instructional plan and the entire learning unit provided more information about the quality of the learning unit. Finally, the teacher was interviewed by the researcher after the whole instruction to provide data about using the learning unit. Time schedule for the learning unit implementation, pre-test and post-test is shown in Table 11.

TABLE 11 TIME SCHEDULE FOR THE LEARNING UNIT IMPLEMENTATION

Date	Activity	Period(s)
October 31, 2007	Pre-test Scientific reasoning test Learning achievement test Attitude towards science measure	-
November 1, 2007	Lesson plan 1	2
November 7-8, 2007	Lesson plan 2	3
November 14-15, 2007	Lesson plan 3	3
November 21-28, 2007	Lesson plan 4	4
November 29-December 06, 2007	Lesson plan 5	4
December 12-13, 2007	Lesson plan 6	3
December 19-26, 2007	Lesson plan 7	4
December 27, 2007	Post-test Scientific reasoning test Learning achievement test Attitude towards science measure	-
December 29, 2007	Teacher interview	-
Total Periods of the Learning Unit Implementation		23

Note: 50 minutes/period

The assembled results from the learning unit implementation are presented in order of testing each hypothesis, the results from the classroom observation and the results from the teacher interview as follows.

2.1 The Result of Testing the First Hypothesis

The first hypothesis stated that the students' scientific reasoning mean score after the instruction using the learning unit is higher than the scientific reasoning cut-off score at the 0.05 level of significance. Initially, a criterion to evaluate this hypothesis was set as described below.

2.1.1 Setting the Scientific Reasoning Cut-off Score

The scientific reasoning cut-off score was used as the criterion to test this hypothesis. It was determined by Berk's method. The first step was to find a cutting point of two frequency curves plotting between the scientific reasoning scores and student

number of each score. One of the curves was plotted using the scientific reasoning post-test scores for students involved in the field trial study. Another one was plotted using the scientific reasoning pre-test scores for students involved in the confirmatory study. The scientific reasoning scores and frequency of each score are shown in Table 12.

TABLE 12 THE SCIENTIFIC REASONING SCORES AND FREQUENCY OF EACH SCORE

Pre-test from Confirmatory Study		Post-test from Field Trial Study	
Score	Frequency	Score	Frequency
0	0	0	0
1	2	1	0
2	1	2	0
3	1	3	0
4	3	4	0
5	2	5	0
6	15	6	0
7	12	7	3
8	2	8	1
9	3	9	6
10	1	10	4
11	1	11	2
12	0	12	3
13	0	13	5
14	0	14	5
15	0	15	4
16	0	16	5
17	0	17	1
18	0	18	5
19	0	19	0
20	0	20	1
21	0	21	1
22	0	22	1
23	0	23	0
24	0	24	0
Total of 43 students		Total of 47 students	

Data in Table 12 were used to plot the frequency curves which showed the cutting point in Figure 9. This cutting point showed rank of possible cut-off scores including 8, 9 and 10.

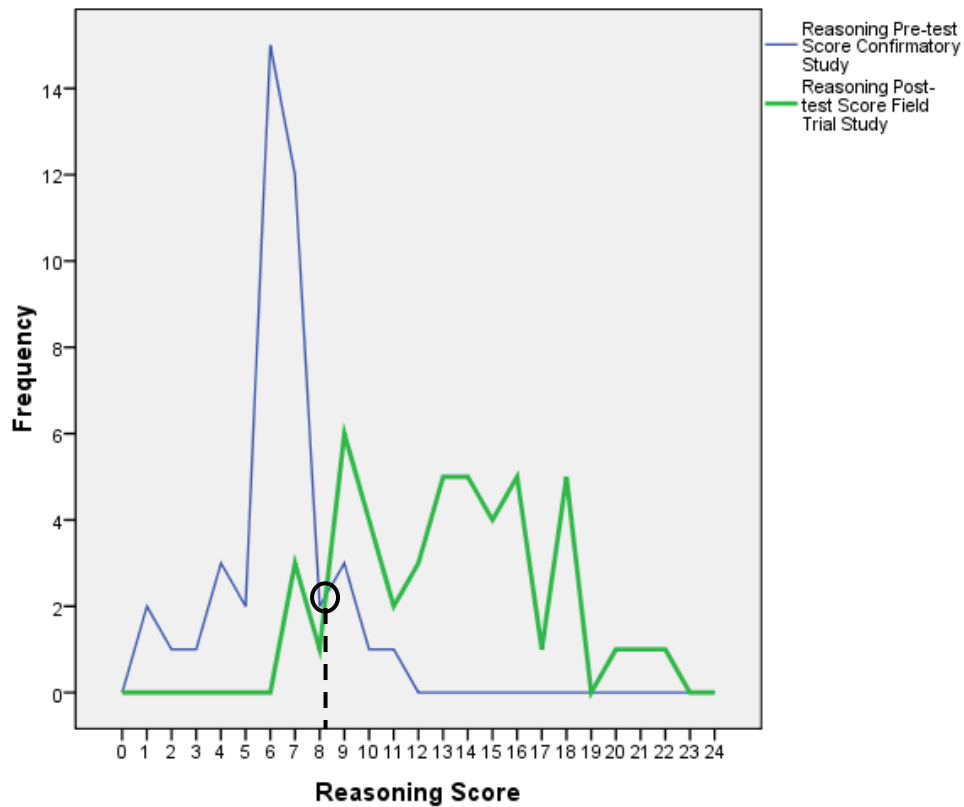


FIGURE 9 FREQUENCY CURVES OF THE SCIENTIFIC REASONING SCORES

The optimal cut-off score was determined by calculating probability of incorrect decisions, probability of correct decisions and validity coefficient. The results of the calculation are shown in Table 13.

TABLE 13 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR EACH POSSIBLE SCORE

Possible Score	Probability of Incorrect Decisions	Probability of Correct Decisions	Validity Coefficient
8	0.111	0.889	0.780
9	0.100	0.900	0.800
10	0.133	0.867	0.747

As a result, the scientific reasoning cut-off score was 9 because it has lowest probability of incorrect decisions, highest probability of correct decisions and highest validity coefficient. This score was used to test the hypothesis presented in the following step.

2.1.2 Statistical Testing

2.1.2.1 Comparison of the Scientific Reasoning Pre-test and Post-test

Scores from the Confirmatory Study

The individual scientific reasoning pre-test and post-test scores are shown in Table 25 (Appendix C). These scores were analyzed using paired samples *t*-test by the SPSS program at the 0.05 level of significance. The results are presented in Table 14.

TABLE 14 THE COMPARISON OF THE SCIENTIFIC REASONING MEAN SCORE OF THE STUDENTS BEFORE AND AFTER LEARNING IN THE CONFIRMATORY STUDY

Score	N	Mean	S.D.	Mean of Diff	S.E.	t
Scientific Reasoning Pre-test Scores	43	6.21	2.042	-3.488	0.487	-7.159*
Scientific Reasoning Post-test Scores	43	9.70	3.181			

$t_{(0.05; df 42)} = 2.019$

Table 14 shows mean and standard deviation of the students' scientific reasoning pre-test scores 6.21 and 2.042 respectively. For the post-test scores, the mean and standard deviation are 9.70 and 3.181 respectively. In addition, the comparison of the pre-test and the post-test scores indicated that the students' scientific reasoning mean score after learning using the learning unit was higher than before at the 0.05 level of significance.

2.1.2.2 Comparison of the Scientific Reasoning Post-test Scores from the Confirmatory Study with the Cut-off Score

To test the first hypothesis, one sample *t-test* was used to analyze the scientific reasoning post-test scores by the SPSS program at the 0.05 level of significance. The determined test value (the scientific reasoning cut-off score) was 9. The results of one sample *t-test* analysis are shown in Table 15.

TABLE 15 THE COMPARISON OF THE STUDENTS' SCIENTIFIC REASONING MEAN SCORE WITH THE SCIENTIFIC REASONING CUT-OFF SCORE

The scientific reasoning cut-off score was 9				
Score	N	Mean Difference	Std. Error Mean	t
Scientific Reasoning Post-test Scores	43	0.698	0.485	1.438

$$t_{(0.05; df 42)} = 2.019$$

From Table 15, the results indicated that the scientific reasoning post-test mean score was not higher than the reasoning cut-off score at the 0.05 level of significance.

In conclusion, the results in Table 14 and 15 specified that the scientific reasoning post-test mean score was higher than the cut-off score but there was no evidence to show that it was significantly higher than the determined criterion. However, the scientific reasoning post-test mean score of the students was significantly higher than the scientific reasoning pre-test mean score.

2.2 The Result of Testing the Second Hypothesis

The second hypothesis stated that the students' learning achievement mean score after the instruction using the learning unit is higher than the learning achievement cut-off score at the 0.05 level of significance. Initially, a criterion by which this hypothesis was evaluated was set as described below.

2.2.1 Setting the Learning Achievement Cut-off Score

Similar to testing the first hypothesis, the learning achievement cut-off score was used as the criterion to test this hypothesis. It was determined by Berk's method

also. Initially, two frequency curves of the learning achievement scores and student number of each score were plotted to find possible cut-off scores. The first curve was plotted using the learning achievement post-test scores for students involved in the field trial study. The second one was plotted using the learning achievement pre-test scores for students involved in the confirmatory study. The learning achievement scores and frequency of each score are shown in Table 16.

TABLE 16 THE LEARNING ACHIEVEMENT SCORES AND FREQUENCY OF EACH SCORE

Pre-test from Confirmatory Study		Post-test from Field Trial Study	
Score	Frequency	Score	Frequency
1	0	1	0
...	0	...	0
...	0	...	0
4	3	...	0
5	4	5	3
6	8	6	1
7	5	7	5
8	6	8	0
9	9	9	2
10	4	10	5
11	0	11	6
12	2	12	5
13	1	13	10
14	1	14	5
...	0	15	3
...	0	16	0
...	0	17	0
...	0	18	0
...	0	19	0
...	0	20	2
...	0	...	0
...	0	...	0
30	0	30	0
Total of 43 students		Total of 47 students	

Data in Table 16 was used to plot the frequency curves which showed the cutting point in Figure 10. This cutting point showed rank of possible cut-off scores including 9, 10 and 11.

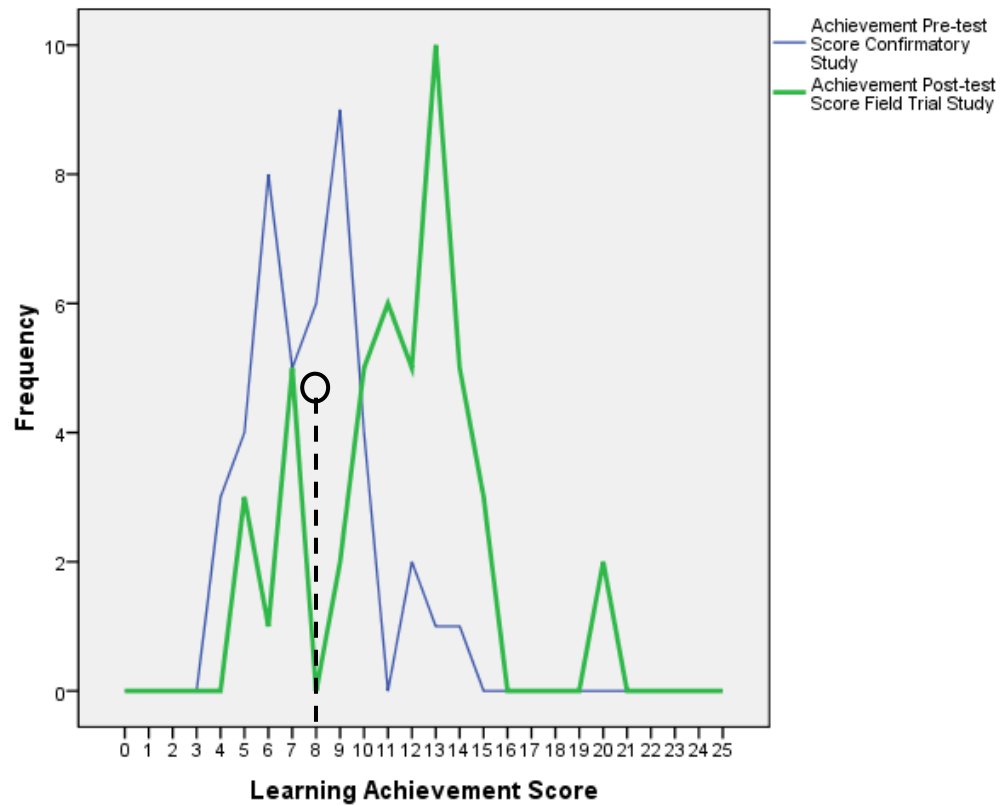


FIGURE 10 FREQUENCY CURVES OF THE LEARNING ACHIEVEMENT SCORES

These possible scores were used to compute probability of incorrect decisions, probability of correct decisions and validity coefficient to determine the optimal cut-off score. The results of the calculation are shown in Table 17.

TABLE 17 PROBABILITY OF INCORRECT DECISIONS, PROBABILITY OF CORRECT DECISIONS AND VALIDITY COEFFICIENT FOR EACH POSSIBLE SCORE

Possible Score	Probability of Incorrect Decisions	Probability of Correct Decisions	Validity Coefficient
9	0.333	0.667	0.352
10	0.256	0.744	0.489
11	0.267	0.733	0.469

From Table 17, the learning achievement cut-off score was 10 because it has lowest probability of incorrect decisions, highest probability of correct decisions and highest validity coefficient. This score was used to test the hypothesis shown in the following section.

2.2.2 Statistical Testing

2.2.2.1 Comparison of the Learning Achievement Pre-test and Post-test Scores from the Confirmatory Study

The individual learning achievement pre-test and post-test scores are shown in Table 27 (Appendix C). These scores were analyzed using paired samples *t-test* by the SPSS program at the 0.05 level of significance. The results are presented in Table 18.

TABLE 18 THE COMPARISON OF THE LEARNING ACHIEVEMENT MEAN SCORE OF THE STUDENTS BEFORE AND AFTER LEARNING IN THE CONFIRMATORY STUDY

Score	N	Mean	S.D.	Mean of Diff	S.E.	t
Learning Achievement Pre-test Scores	43	7.79	2.376	2.070	0.405	-5.106*
Learning Achievement Post-test Scores	43	9.86	3.106			

$$t_{(0.05; df 42)} = 2.019$$

Table 18 shows the mean and standard deviation of the students' learning achievement pre-test scores 7.79 and 2.376 respectively. For the post-test scores, the mean and standard deviation are 9.86 and 3.106 respectively. In addition, the comparison of the pre-test and the post-test scores indicated that the students' learning achievement mean score after learning using the learning unit was higher than before at the 0.05 level of significance.

2.2.2.2 Comparison of the Learning Achievement Post-test Scores from the Confirmatory Study with the Cut-off Score

To test the second hypothesis, one sample *t-test* was used to analyze the learning achievement post-test scores by the SPSS program at the 0.05 level of significance. The determined test value (the learning achievement cut-off score) was 10. The results of one sample *t-test* analysis are shown in Table 19.

TABLE 19 THE COMPARISON OF THE STUDENTS' LEARNING ACHIEVEMENT MEAN SCORE WITH THE LEARNING ACHIEVEMENT CUT-OFF SCORE

The learning achievement cut-off score was 10				
Score	N	Mean Difference	Std. Error Mean	t
Learning Achievement Post-test Scores	43	-0.140	0.474	-0.295

$$t_{(0.05; df 42)} = 2.019$$

From Table 19, the results indicated that the learning achievement post-test mean score was not higher than the learning achievement cut-off score at the 0.05 level of significance.

In conclusion, the results in Table 18 and 19 specified that the learning achievement post-test mean score was lower than the cut-off score. However, the learning achievement post-test mean score of the students was significantly higher than the learning achievement pre-test mean score.

2.3 The Result of Testing the Third Hypothesis

The third hypothesis stated that the students' scientific reasoning post-test score positively correlate to the students' learning achievement post-test score at the 0.05 level of significance. To test the hypothesis, bivariate correlation was used to analyze the scientific reasoning post-test scores and the learning achievement post-test scores shown in Table 25 and 27 respectively (Appendix C) by the SPSS program at the 0.05 level of significance.

From data analysis, the Pearson product-moment correlation coefficient (r) was 0.355 ($P < 0.05$). The results indicated that the scientific reasoning post-test scores and the learning achievement post-test scores were positively correlated at the 0.05 level of significance. This means the student with higher score on the learning achievement had higher score on the scientific reasoning. The student with lower score on the learning achievement had lower score on the scientific reasoning.

2.4 The Result of Testing the Forth Hypothesis

The forth hypothesis stated that the students' attitude towards science mean score after the instruction using the learning unit is higher than before at the 0.05 level of significance. To test the hypothesis, the individual attitude towards science pre-test and post-test scores presented in Table 32 and Table 33 (Appendix C) were analyzed using paired samples t -test by the SPSS program at the 0.05 level of significance. The results are shown in Table 20.

TABLE 20 THE COMPARISON OF THE ATTITUDE TOWARDS SCIENCE MEAN SCORE OF THE STUDENTS BEFORE AND AFTER LEARNING IN THE CONFIRMATORY STUDY

Score	N	Mean	S.D.	Mean of Diff	S.E.	t
Attitude towards Science Pre-test Scores	43	3.66	.358	0.265	0.045	5.823*
Attitude towards Science Post-test Scores	43	3.92	.362			

$$t_{(0.05; df 42)} = 2.019$$

From Table 20, the results indicated that the students' attitude towards science mean score after learning using the learning unit was higher than before at the 0.05 level of significance. This means the student who learned through the learning unit had a significant improvement on the attitude towards science.

2.5 The Result of Testing the Fifth Hypothesis

The fifth hypothesis stated that the students' attitude towards science after the instruction using the learning unit is at the high level at the 0.05 level of significance. To test the hypothesis, one sample *t*-test was used to analyze the attitude towards science post-test scores by the SPSS program at the 0.05 level of significance. From Table 20, the mean of these scores was 3.92. The determined test value was 3.50. The results of one sample *t*-test analysis are shown in Table 21.

TABLE 21 THE COMPARISON OF THE STUDENTS' ATTITUDE TOWARDS SCIENCE MEAN SCORE WITH THE TEST VALUE

Score	N	Mean Difference	Std. Error Mean	t
Attitude towards Science Post-test Scores	43	.426	0.055	7.712*

$$t_{(0.05; df 42)} = 2.019$$

From Table 21, the results indicated that the attitude towards science post-test mean score was higher than the criterion at the 0.05 level of significance. This means attitude towards science of the students after learning through the learning unit was at the high level.

2.6 The Result of the Classroom Observation

The researcher closely observed the classroom during the instruction. The classroom observation form consisting of 6 parts about the teacher's role, the student's role, the learning activity, the activities' structure by the fading scaffold technique, the students' scientific explanation, and comments and suggestions was used to collect data. The data was analyzed and concluded in 4 parts as follows.

2.6.1 The Teacher's Roles

Considering overall processes, the teacher's roles in the instruction were appropriate even though the teacher could not probe every student's thinking due to time limitation. It was noticed that the teacher worked harder when structure of the activity was faded out. Clearly, the teacher facilitated the students closely during the instruction especially when they worked on their own in order to diagnose what they thought and led them to the learning goals. Since the students worked as a group of six, the teacher could scaffold them as a group rather than an individual. In addition, the higher achieving students could help the others in their own group also. As the scaffolder, the teacher often used questions to develop the students' ideas, particularly while they were discussing the results of their study, the experimental designs and the topic/problem that they were proposing to study.

2.6.2 The Student's Role

The students seemed to be familiar with waiting for the teacher to tell what they were studying, even though the teacher asked or urged them to discuss in some points. However, the students' participation had increased overtime. It was noticed that the students were able to discuss better and increasingly not only with their peers but also with the teacher after a while. Gradually, the students completed the inquiry practices more efficiently compared to their completion of previous lessons. Most students knew what and how to do next. This was noticed more frequently during the last two activities. Yet, the teacher still needed to probe their ideas while they were working to prove that they understood the concepts and designed the experiments correctly. Additionally, it was found that few students in each group could explain and help their peers to learn more. Thus, the teacher had more time to help those students who were struggling. There were some students who were not active and responsible in designing experiments and preparing what they needed to use for the experiments. However, in general, most students performed the experiments and activities actively in the classroom.

2.6.3 The Learning Activity

It was found that there was some equipment that the students did not know. Therefore, it was necessary to introduce and show them how to use the equipment. Generally, the students worked slowly and required some extra time to finish all processes of each activity especially during activity 3 to activity 7. Mostly, their tasks such as designing an experiment and making a conclusion were always incomplete. The teacher

had to assist them to correct ideas, which required more time outside the classroom.

2.6.4 The Students' Scientific Explanation

The students had a chance to answer questions, express ideas and explain gained knowledge during the class period. These processes required the students to provide reasonable explanation which referred to their logical thinking patterns. In fact, these processes happened throughout all activities in the learning unit. Unfortunately, only some students had a chance to propose their explanation aloud because of limited time. Regarding their scientific explanation, most students proposed incomplete explanations. The explanations were descriptive, even though the teacher tried to help them by asking questions, pointing out evidences from the experiment, or relating the idea to the previous concepts. They still answered questions by providing facts or just what they perceived from the experiment. Only few students showed appropriate explanation in their conclusion.

2.7 The Result of the Teacher Interview

The participating teacher was interviewed by the researcher using the teacher's opinion towards the learning unit interview form after the implementation. This form is composed of 12 open-ended questions about using the learning unit, the teacher, the students, inquiry practices, scientific explanation, problems and suggestions. Data was analyzed and reported in 5 parts as follows.

2.7.1 The Learning Unit

From the teacher's view, the learning unit was considered as a useful learning unit. Although some contents were much beyond the students' understanding such as acid-base indicators, the activity arrangement using the fading scaffold technique enabled the students to learn more in a productive way as compared to traditional teaching. Fading complexity of the inquiry practices allowed the students to learn how a scientist works. Additionally, it provided the students greater opportunity to develop inquiry skills, especially scientific reasoning. The teacher claimed that the students' self study before class was necessary for doing activities in the classroom especially when assistance from the teacher was faded away. There were some students who were not responsible for pre-class tasks; thus, the instructional process was longer than expected period. In addition, the teacher said that the students' learning was quite slow for some contents such as calculation of solution concentration because they were short of background knowledge in mathematics.

2.7.2 The Teacher

According to the design of activity, the students had to do more complex tasks over time while the degree of the teacher' assistance was reduced. As a consequence, the teacher needed to prepare well not only the content knowledge, but also teaching strategies in order to help the students reach the learning objectives. For the instruction using the learning unit, questioning was very significant especially when the students needed help. The teacher often used questions leading them to the answers rather than just giving the answers. However, applying the fading scaffold technique in this learning unit was helpful for the students to practice scientific inquiry. Using the learning unit was satisfied. But, implementing open-ended scientific inquiry demands both time and effort, said by the teacher.

2.7.3 The Students

The teacher proposed that it was difficult to change the students' learning style. They were accustomed to receiving a multitude of information in the traditional way. They usually listen to a teacher and try to memorize information for examination. However, the teacher claimed that 80% of the students paid attention to the learning. Even though the students complained about difficulty in doing activities, they were always active to meet and discuss about the activities with the teacher. Learning through the learning unit could be an effective means to promote the students' attitude towards science, said the teacher. However, the teacher claimed that the students had low prior knowledge. In addition, students who have low learning achievement were inactive to participate in doing inquiry. Thus the teacher needed to spend more time to encourage them in order to ensure all students learnt simultaneously. As a result, the teacher suggested that providing enough time is very important in scaffolding a large classroom.

2.7.4 Inquiry Practices with the Fading Scaffold Technique

In general, doing open-ended scientific inquiry was difficult for the students. The teacher mentioned that the students should gain more experiences in doing guided inquiry or open-guided inquiry before working on an open-ended one. It was found that the students faced difficulty in proposing a problem/topic to study and designing experiments well. Unfortunately, it was not easy to manage time for scaffolding every student in the classroom. However, learning through the learning unit seemed to be fruitful for the students to practice inquiry skills. It was different from usual instruction that most students usually found information for their study via internet. They simply copied what they were

seeking for and pasted in their papers. Therefore, this learning unit helped the students learn how to solve a problem. Implementing the fading scaffold technique was considered as an excellent way to help the teacher facilitate the students' learning in scientific inquiry.

2.7.5 Scientific Explanation

The students usually provided incomplete answer and explanation. In the beginning, they would say just what they think without providing reasons. However, it was noticed that some students started giving evidences for their answers and explanations right after the first instructional plan was implemented. According to the learning activities, the students had opportunities to learn and practice the scientific explanation. They discussed and explained what they were learning with their peers and the teacher during the study. As a result, some students could provide more reasonable explanations. The teacher mentioned that experimentation, particularly doing open-ended inquiry, was a major contributor to developing the students' scientific reasoning.

3. Summary of the Learning Unit Evaluation

In this research study, the learning unit was developed for enhancing scientific knowledge, inquiry skills, particularly scientific reasoning skills, and attitude towards science of the students. The entire learning unit was implemented with the classroom of seventh grade students. The results of the implementation in the confirmatory study stage were used to evaluate its effectiveness by testing the five hypotheses regarding the scientific reasoning skills, the learning achievement and the attitude towards science of the participating students. Findings are concluded as follows.

1. The students who learned through the learning unit had a significant improvement on the scientific reasoning skills. The scientific reasoning post-test mean score was higher than the scientific reasoning cut-off score. However, there was no evidence to show that it was significantly higher than the determined criterion.

2. The students who learned through the learning unit had a significant improvement on the learning achievement. However, the learning achievement post-test mean score was significantly lower than the learning achievement cut-off score.

3. The scientific reasoning post-test score significantly correlated to the learning achievement post-test score. Namely, the student with higher score on the learning achievement had higher score on the scientific reasoning. In contrast, the student with lower score on the learning achievement had lower score on the scientific reasoning.

4. The students who learned through the learning unit had a significant improvement on the attitude towards science.

5. Attitude towards science of the students who learned through the learning unit was at the high level.

In summary, the research findings showed that the scientific reasoning skills and the learning achievement of the students in the confirmatory study stage could not reach the determined criteria which were partially based on the scores of the students who were more ready for learning. Yet, the learning unit was effective to enhance the scientific reasoning skills, the learning achievement and the attitude towards science of the students significantly. Discussions about these results are presented in the next chapter.

CHAPTER 5

CONCLUSIONS, DISCUSSION AND RECOMMENDATIONS

This chapter represents conclusions, discussion and recommendations from this research which was concerned with the development and implementation of a learning unit covering scientific topics in “Matter in Daily Life”. The learning unit focused on, not only content, but more importantly, the approach to teaching and learning which was based on an open-ended scientific inquiry using the fading scaffold technique. The application of this technique was designed to enhance the knowledge, skills and attitude of the students. In particular, it was proposed to develop scientific reasoning skills. To evaluate effectiveness of the developed learning unit, data from the implementation were analyzed and used to evaluate these following hypotheses.

1. The students' scientific reasoning mean score after learning using the learning unit is higher than the scientific reasoning cut-off score at the 0.05 level of significance.
2. The students' learning achievement mean score after learning using the learning unit is higher than the learning achievement cut-off score at the 0.05 level of significance.
3. The students' scientific reasoning post-test score positively correlate to the students' learning achievement post-test score at the 0.05 level of significance.
4. The students' attitude towards science mean score after learning using the learning unit is higher than before at the 0.05 level of significance.
5. The students' attitude towards science after learning using the learning unit is at the high level at the 0.05 level of significance.

1. Methodology

1.1 Sources of Data

Data of the research study were from two main stages: field trial study and confirmatory study. Details of all sources are given below.

1.1.1 Sources of Data in the Field Trial Study

1.1.1.1 Teacher

A science teacher who has six and half years experiences in teaching science and chemistry for middle school and high school students respectively at Khon Kaen University Demonstration School in Khon Kaen province.

1.1.1.2 Student

A classroom of seventh grade students (49 students) who studied science topics based on the third strand of the Thai National Science Curriculum Standards in the second half of the first semester of the 2007 academic year at Khon Kaen University Demonstration School in Khon Kaen province.

1.1.2 Sources of Data in the Confirmatory Study

1.1.2.1 Teacher

A science teacher who has five and half years experiences in teaching science and chemistry for middle school and high school students respectively at Wattananakorn School in Srakaeo province.

1.1.2.2 Student

Population

Four classrooms of seventh grade students who studied science topics based on the third strand of the Thai National Science Curriculum Standards in the first half of the second semester of the 2007 academic year at Wattananakorn School, Srakaeo province.

Sample

A classroom of seventh grade students (43 students) who studied science topics based on the third strand of the Thai National Science Curriculum Standards in the first half of the second semester of the 2007 academic year at Wattananakorn School, Srakaeo province.

1.2 Design and Data Collection

The learning unit was implemented in two main stages: the field trial study stage and the confirmatory study stage. In the field trial study stage, the learning unit was implemented with forty nine students in order to 1) test quality of the learning unit in term of time, appropriateness and flow of the instructional sequences, 2) check some problems that might occur and 3) gather data to determine criteria for confirmatory study. The students

worked in groups of six and individual student was required to hand in a completed lab report every week. The whole learning unit was tried out for 21 periods, 3 periods a week (1 period = 50 minutes). To collect data, the scientific reasoning test, the learning achievement test and the attitude towards science measure were administered before and after the instruction using the learning unit.

In the confirmatory study stage, forty three students who had lower readiness for learning as compared to the students in the field trial study were administered a series of tests previously (i.e., the scientific reasoning test, the learning achievement test and the attitude towards science measure). The whole learning unit was then implemented with these students over 23 periods, 3 periods a week. Six students worked together as a group and everyone was required to submit a completed lab report each week. Following the instruction, the students were administered the same series of the tests.

In both stages, the procedures and happening during the class period were observed by the researcher using the classroom observation form. In addition, discussion between the researcher and the teacher after implementing each instructional plan and the entire learning unit, and the teacher interview after the implementation provided more information about using the learning unit, problems and suggestions.

1.3 Instruments

1. The Learning Unit: The learning unit titled “Matter in Daily Life” was designed to promote middle school students’ scientific reasoning skills by applying the fading scaffold technique to support open-ended scientific inquiry and scientific explanation. Topics in the learning unit including matter and properties of matter, classification of matters, solution, separation of matters and acid-base solutions are based on the third strand of the Thai National Science Curriculum Standards. The learning unit takes 23 periods of classroom participation (1 period = 50 minutes).

2. Scientific Reasoning Test: The scientific reasoning test consists of eight test items adapted from the Test of Logical Thinking (TOLT) (Tobin. 2006: Online). This test assessed four reasoning types: proportional reasoning, controlling variables, probabilistic reasoning, and correlational reasoning. Two test items assess each type of reasoning skills. Each question ends up with follow-up reasoning section.

3. Learning Achievement Test: The learning achievement test consists of 25 multiple choice test items developed by the researcher. This test assessed four categories of behavior: knowledge, comprehension, science process skills and application.

4. Attitude towards Science Measure: The attitude towards science measure consists of 37 items translated from Kind; Jones; & Barmby (2007: 880-881) 's attitude towards science measure. These items are five-point rating Likert Scale: 1= strongly disagree, 2 = disagree, 3 = neutral, 4 = agree and 5 = strongly agree. This measure examined the students' cognitive and emotional opinions about six aspects of science: learning science in school, self-concept in science, practical work in science, science outside of school, future participation in science and importance of science.

5. Classroom Observation Form: The classroom observation form consists of 6 open-ended questions developed by the researcher. This form was used by the researcher to record procedures and happening during the learning unit implementation.

6. Teacher's Opinion towards the Learning Unit Interview Form: The teacher' opinion towards the learning unit interview form consists of 12 open-ended questions developed by the researcher. This form was used by the researcher to interview the participating teacher after the learning unit implementation to collect data about using the learning unit, problems and suggestions.

1.4 Statistical Analyses

Statistics used in this study for testing the hypotheses is presented below.

1.4.1 Determination of Cut-off Score

Determination of cut-off score by Berk's method (Berk. 1976: 4-9) was used to determine criterion for testing the first and second hypotheses. Post-test scores from the field trial study and pre-test scores from the confirmatory study were used to plot frequency curves to find possible cut-off scores. Each possible score was used to compute probability of correct decisions, probability of incorrect decisions and validity coefficient to find the most optimal cut-off score.

1.4.2 Descriptive Statistics

Descriptive statistics such as mean and standard deviation was used to analyze pre-test and post-test scores of the students' scientific reasoning, the students' learning achievement and the students' attitude towards science. These were calculated by the SPSS program.

1.4.3 Inferential Statistics

The SPSS program was used to analyze data for testing the hypotheses. There were 3 types of analysis as follows.

1.4.3.1 One sample *t*-test at the 0.05 level of significance was used to compare post-test mean scores of the scientific reasoning, the learning achievement and the attitude towards science with the criterion.

1.4.3.2 Paired samples *t*-test at the 0.05 level of significance was used to compare pre-test and post-test mean scores of the scientific reasoning, the learning achievement and the attitude towards science.

1.4.3.3 Bivariate correlation at the 0.05 level of significance was used to determine direction and degree of correlation between the scientific reasoning and the learning achievement post-test scores.

2. Conclusions of the Findings

Findings of this research study regarding the development and implementation of the learning unit were concluded and presented in two main parts.

2.1 Findings of the Learning Unit Development

Findings from the development of the learning unit are shown in three main parts as follow: 1) Findings of Designing the Learning Unit, 2) Findings of Evaluating the Learning Unit by the Experts and 3) Findings of the Field Trial Study.

2.1.1 Findings of Designing the Learning Unit

The learning unit with incorporated scientific explanation was developed by increasing non-structured scientific inquiry practice through all activities gradually. The entire learning unit has seven activities lasting 21 periods. Each activity has different structure of teacher-directed practice which represents different degree of scientific inquiry as shown in Figure 7 (p. 75). In stage I, students learned science by verification method. Every step was set up and directed by the teacher. Then, the students had more responsibility progressively in their learning, with the level of inquiry changing from teacher-directed inquiry to more student-directed inquiry. This change continued until the last stage, where the activity was fully unstructured which was open-ended scientific inquiry. This

change was in the exploration and explanation steps of the learning cycle which was a framework to sequence instructional processes of each lesson plan.

2.1.2 Findings of Evaluating the Learning Unit by the Experts

Analysis of correspondence of all components in the learning unit showed that the components in the learning unit are related to each other. Additionally, comments and suggestions from the experts showed some aspects that should be changed or improved such as wording in the teacher manual and the instructional plans, processes of activity 5, some examples in instructional materials and questioning in activity 3. After the revision, the whole learning unit was implemented in the field trial study stage. Results of this stage are shown in the next section.

2.1.3 Findings of the Field Trial Study Stage

The learning unit was implemented with a classroom of seventh grade students at Khon Kaen University Demonstration School for 21 periods. Data from the field trial study consisted of both quantitative and qualitative data. Quantitative data concerning scientific reasoning scores, learning achievement scores and attitude towards science scores were analyzed using descriptive statistics such as mean and standard deviation, and inferential statistics. Qualitative data from the classroom observation and discussion with the participating teacher were analyzed and interpreted in term of descriptive report as follows.

2.1.3.1 Comparison of Scientific Reasoning Pre-test and Post-test Scores from the Field Trial Study

The results from analysis of scientific reasoning pre-test and post-test scores showed the mean and standard deviation of the students' scientific reasoning pre-test scores 8.74 and 3.662 respectively. For the post-test scores, the mean and standard deviation are 13.32 and 3.823 respectively. Analysis of paired samples *t-test* by the SPSS program at the 0.05 level of significance was used to compare the scientific reasoning pre-test and post-test scores. The results showed that the students who learned through the learning unit had a significant improvement on the scientific reasoning skills.

2.1.3.2 Comparison of Learning Achievement Pre-test and Post-test Scores from the Field Trial Study

The results from analysis of learning achievement pre-test and post-test scores showed the mean and standard deviation of the students' learning achievement pre-test scores 8.30 and 3.007 respectively. For the post-test scores, the mean and

standard deviation are 11.38 and 3.359 respectively. Analysis of paired samples *t-test* by the SPSS program at the 0.05 level of significance was used to compare the learning achievement pre-test and post-test scores. The results showed that the students who learned through the learning unit had a significant improvement on the learning achievement.

2.1.3.3 Comparison of Attitude towards Science Pre-test and Post-test Scores from the Field Trial Study

The results from analysis of attitude towards science pre-test and post-test scores showed the mean and standard deviation of the students' attitude towards science pre-test scores 3.62 and 0.444 respectively. For the post-test scores, the mean and standard deviation are 4.06 and 0.313 respectively. Analysis of paired samples *t-test* by the SPSS program at the 0.05 level of significance was used to compare the attitude towards science pre-test and post-test scores. The results showed that the students who learned through the learning unit had a significant improvement on the attitude towards science.

2.1.3.4 Findings from the Classroom Observation and Discussion with the Teacher

Findings, comments and suggestions received from the field trial study showed that some material in the learning activities, pictures and wording in some activities should be changed. In addition, the instructional processes of activity 4 (preparation and dilution of solutions) should be revised. Moreover, time allocation of the whole learning unit should be adjusted. Thus, the learning unit was revised according to these findings. As a result, the entire learning unit lasts 23 periods.

In conclusion, findings from analyses of quantitative data could be an evidence to show that the learning unit would be effective to enhance students' learning in the confirmatory study. Moreover, the revision using comments and suggestions from the field trial study stage improved quality of the learning unit. Then, overall processes of the instruction were suitable and ready for the confirmatory study stage. The results from the confirmatory study are shown in the next section.

2.2 Findings of the Confirmatory Study Stage

The learning unit was implemented with a classroom of seventh graders at Wattananakorn School for 23 periods. Data from the implementation were both quantitative

and qualitative. Quantitative data regarding scientific reasoning scores, learning achievement scores and attitude towards science scores were analyzed by descriptive statistics such as mean and standard deviation, and inferential statistics. In term of qualitative data, assembled data from the classroom observation and the teacher interview were analyzed and interpreted in term of descriptive report.

The results of analyzing quantitative data were used to evaluate five research hypotheses which indicated effectiveness of the learning unit. Findings from this stage are shown in three main parts: 1) Findings from testing hypotheses, 2) Findings from classroom observation and 3) Findings from teacher interview.

2.2.1 The Results of Testing Hypotheses

2.2.1.1 The First Hypothesis

This hypothesis stated that the students' scientific reasoning mean score after the instruction using the learning unit is higher than the scientific reasoning cut-off score at the 0.05 level of significance. The results from analysis of scientific reasoning pre-test and post-test scores showed mean and standard deviation of the pre-test scores 6.21 and 2.042 respectively. For the post-test scores, mean and standard deviation are 9.70 and 3.181 respectively. In addition, the comparison of the pre-test and the post-test scores indicated that the students who learned through the learning unit had a significant improvement on the scientific reasoning skills. The comparison of the post-test scores with the cut-off score indicated that the scientific reasoning post-test mean score was higher than the cut-off score but there was no evidence to show that it was significantly higher than the determined criterion.

2.2.1.2 The Second Hypothesis

This hypothesis stated that the students' learning achievement mean score after the instruction using the learning unit is higher than the learning achievement cut-off score at the 0.05 level of significance. The results from analysis of learning achievement pre-test and post-test scores showed mean and standard deviation of the pre-test scores 7.79 and 2.376 respectively. For the post-test scores, mean and standard deviation are 9.86 and 3.106 respectively. In addition, the comparison of the pre-test and the post-test scores indicated that the students who learned through the learning unit had a significant improvement on the learning achievement. Nevertheless, the comparison of the post-test scores with the cut-off score indicated that the learning achievement post-test mean score was lower than the cut-off score.

2.2.1.3 The Third Hypothesis

This hypothesis stated that the students' scientific reasoning post-test scores positively correlated to the students' learning achievement post-test scores at the 0.05 level of significance. The results of analyzing the scientific reasoning post-test scores and the learning achievement post-test scores showed significant positive correlation.

2.2.1.4 The Forth Hypothesis

This hypothesis stated that the students' attitude towards science mean score after the instruction using the learning unit is higher than before at the 0.05 level of significance. The results from analysis of attitude towards science pre-test and post-test scores showed mean and standard deviation of the pre-test scores 3.66 and .358 respectively. Mean and standard deviation of the post-test scores are 3.92 and .362. In addition, the comparison of the pre-test and the post-test scores indicated that the students who learned through the learning unit had a significant improvement on the attitude towards science.

2.2.1.5 The Fifth Hypothesis

This hypothesis stated that the students' attitude towards science after the instruction using the learning unit is at the high level at the 0.05 level of significance. The comparison of the attitude towards science post-test scores with the criterion (3.50) indicated that attitude towards science of the students after learning through the learning unit was at the high level.

2.2.2 The Results of Classroom Observation

2.2.2.1 The Teacher's Role

1. The teacher's role during the instruction was appropriate.
2. The teacher worked harder when the activity became more student-directed in order to explore and guide students' thinking into the learning goals.
3. In addition to scaffolding the students as a group by the teacher, the higher achieving students could help the others in their own group also.
4. The teacher used questions frequently to fulfill and correct students' ideas, particularly while they were discussing the results of their study, experimental designs, and topics/problems to study.

2.2.2.2 The Student's Role

1. The students were passive. Although they were guided to think, most of them still waited for the answers.

2. The students participated and discussed reasonably with their peers and the teacher increasingly after learning for a while.

3. The students could complete the inquiry practices by gradually learning from previous lessons while the assistance from the teacher was still necessary.

4. Some students could help others in their own group to learn. As a result, the teacher had more time to help other students.

5. Some students were inactive and they were not responsible for learning both inside and outside the classroom. Yet, most students performed experiments and activities in the classroom actively.

2.2.2.3 The Learning Activity

1. It was necessary to introduce and show the students how to use some equipment that the students had never known before.

2. The students finished some activities outside the class time, especially during activity 3 to activity 7.

3. The students could not design an experiment and make a conclusion completely. The teacher had to provide helps outside the classroom.

2.2.2.4 The Students' Scientific Explanation

1. The students were required to provide scientific explanation all along the processes of the instruction.

2. Students' explanation was descriptive. They provided only facts from an experiment mostly.

3. Only few students showed complete explanation and conclusion.

2.2.3 The Results of the Teacher Interview

2.2.3.1 The Learning Unit

1. Instruction using the learning unit was useful, allowing the students to learn in a productive way.

2. Fading complexity of activities provided the students opportunity to learn the way a scientist works and to develop inquiry skills, especially scientific reasoning.

3. The students were not responsible for pre-class tasks. Thus, the instructional process took longer than expected.

4. The students had low background knowledge in mathematics which resulted in learning through the learning unit.

2.2.3.2 The Teacher

1. The teacher had to have solid content knowledge and various teaching strategies to help the students reach the learning objectives.
2. Questioning was significant to guided the students think.
3. The teacher was satisfied with using the learning.
4. Implementing open-ended scientific inquiry demands both time and effort.

2.2.3.3 The Students

1. It was difficult to change the students' learning style. They usually listen to a teacher and try to memorize information for examination.
2. Learning through the learning unit is an effective way to promote the students' attitude towards science. The students were active to meet the teacher and discuss about the activities.
3. The low achieving students passively participated in doing activity. The teacher had to spend more time to encourage them to learn simultaneously.

2.2.3.4 Inquiry Practices with the Fading Scaffold Technique

1. The students should gain enough experiences before implementing an open-ended scientific inquiry.
2. Time was a main constraint in scaffolding a whole classroom.
3. Learning through the learning unit was prolific for the students to practice inquiry skills.
4. Using the fading scaffold technique was an excellent way to help the teacher facilitate the students' learning in scientific inquiry skills.

2.2.3.5 Scientific Explanation

1. The students could learn to improve scientific explanation by the learning activities because the learning activities allowed them to discuss and explain with their peers and the teacher.
3. Doing open-ended inquiry could develop the scientific reasoning of the students.

3. Discussion

The research findings have shown that the learning unit was effective to enhance the scientific reasoning skills, the learning achievement and the attitude towards science of the students significantly. Nevertheless, the scientific reasoning and the learning achievement of the students in the confirmatory study could not reach the determined criteria which were partially based on the score of the students who were more ready for learning in the field trial study. This section presents discussion about these findings in a sequence of the following topics.

3.1 The Results of Using the Learning Unit in Scientific Reasoning Skills

3.2 The Results of Using the Learning Unit in Learning Achievement

3.3 The Results of Using the Learning Unit in Attitude towards Science

3.1 The Results of Using the Learning Unit in Scientific Reasoning Skills

A major question addressed in this research study was whether the scientific reasoning score of the students in the confirmatory study would be higher than the determined criterion by participating in an instruction using the learning unit. The results from analysis of the scientific reasoning pre-test and post-test scores showed that the students had a significant improvement on the scientific reasoning skills. However, there was no evidence to show that the scientific reasoning post-test mean score was significantly higher than the determined criterion. Perhaps reasons that the students' mean score did not pass the criterion were as follows.

3.1.1 Both average pre-test and post-test scores on the scientific reasoning (Table 25, Appendix C) of the field trial study stage were higher than those of the confirmatory study stage.

The criterion for testing the hypothesis was partially based on the reasoning post-test score of the students in the field trial study. The pre-test average score of the students in the field trial study stage was higher than that of the students in the confirmatory study stage. As a result, the students in the field trial study seemed to be higher achieving learners. Evidence from the teacher interview (see p. 99) showed that a higher achieving student was usually more enthusiastic in learning than a lower achieving one. Likewise, the post-test average scores of these two groups showed the same trend. Therefore, the post-test scores of the students in the field trial study maximized the

scientific reasoning cut-off score. This is probably an explanation why the scientific reasoning post-test mean score of the students in the confirmatory study was not significantly higher than the cut-off score.

3.1.2 The students in the confirmatory study stage were different in both physical and social experiences than the students in the field trial study stage.

The students in the field trial study were more ready for learning than those in the confirmatory study. Besides, responsibility of the student was very important for this kind of learning environment because some activities were done outside the class time. Considering the school setting, the school in the field trial study is in urban area but the school in the confirmatory study is quite in rural area. There were differences of learning culture, learning enthusiasm, educational aspiration, grade level of parents and family background between the two groups. Similar to Ley; Nelson; & Beltyukova (1996: Abs); & McCracken; & Barcinas (1991: Abs)'s studies, differences between urban and rural students were found such as grade-point average, educational level of parents, educational aspirations, personal goals and income expectations. Kwon; & Lawson (2000: 56) found evidence to show that improvement in scientific reasoning is a product of both neurological maturation and experiences (both physical and social) as depicted in Figure 11. This is relevant to Rifkin; & Georgakakos (1996: Online)'s statement that there is a variety of factors which influence the development of scientific reasoning, such as prior knowledge, processing capacity, cognitive styles, culture, achievement and personality. In addition, Siripatharachai (2006: 124)'s study showed that a variety of both direct and indirect factors such as democratic nurturing, mental ability, science achievement, scientific creativity and attitude towards science resulted positively in scientific reasoning skills of fourth graders. Differences of these factors possibly resulted in difference of the scientific reasoning improvement of the students in both groups.

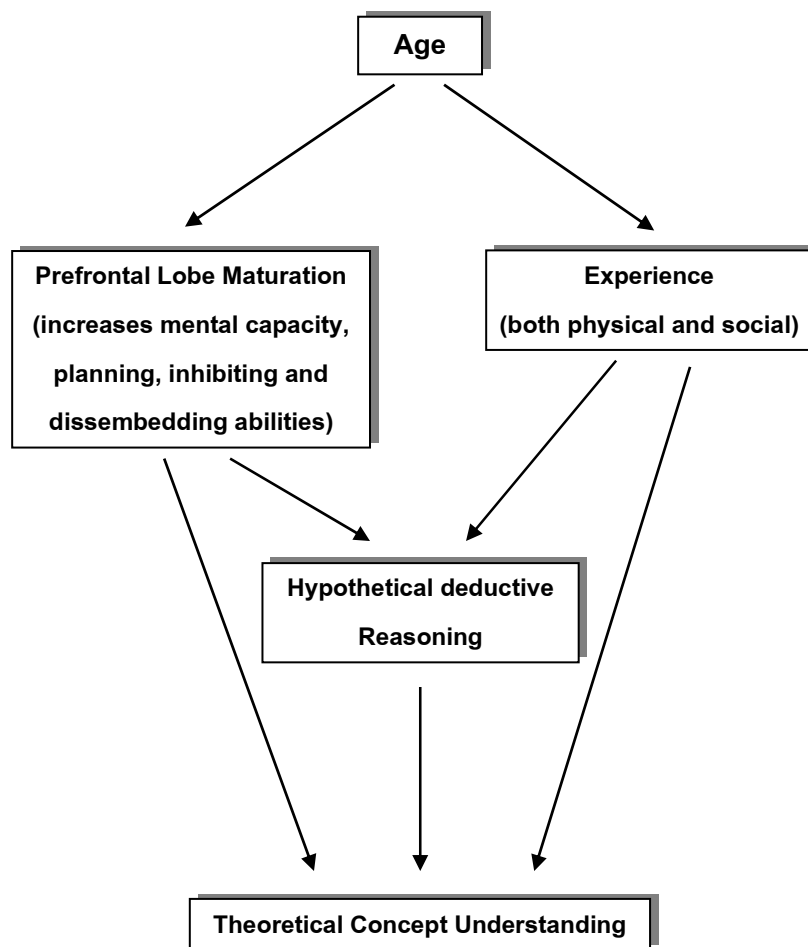


FIGURE 11 RELATIONSHIP BETWEEN AGE, HYPOTHETICO-DEDUCTIVE REASONING AND CONCEPT UNDERSTANDING

From: Yong-Ju Kwon; & Anton E. Lawson. (2000). Linking Brain Growth with Scientific Reasoning Ability and Conceptual Change during Adolescence. *Journal of Research in Science Teaching*. 37(1): 45.

3.1.3 Results of the classroom observation showed that duration for some learning activities in the confirmatory study stage was not appropriate. The students had to finish the activities outside the class time (see p. 99).

It is possible that both period and degree of withdrawing the structure of activity was not appropriate for these students as compared to those in the field trial study. Although the entire period of using the learning unit was extended after the field trial study stage, the students in the confirmatory study spent more time to finish some activities. They might require more time to learn and internalize the scientific thinking skills and the

science process skills. Therefore, degree of withdrawing the activity structure should be revised and adjusted to be more appropriate for these students.

Eick; Meadows; & Balkcom (2005: 49) proposed that appropriately scaffolded inquiry can provide a smooth transition from familiar routines to inquiry-based instruction. However, it seemed that there should be more research on a different method of fading which is possibly more effective for promoting scientific reasoning in an inquiry-based instruction. Normally, pattern of fading is not specific because there are many factors such as age of students, content area, roles of a teacher, language and duration of the scaffolds that influence when and how scaffolds should be faded (McNeill; et al. 2006: 182). In general, how to fade support or assistance depends principally on boundaries of a student's capability and need. Therefore, the role of social interaction in determining precise boundaries of what the student can do and what he/she can not do alone is very important (Driscoll. 2005: 254-257). Furthermore, scaffolding a whole classroom that individual student's ZPD and amount of prompting each student are different is another major challenge (Hogan; & Pressley. 1997: 84). As a result, determination of an indicator for tracking students' learning in a whole classroom should be a major concern for further study.

3.1.4 Score and score increase in proportional and probabilistic reasoning were lower than those of the other two (Table 26, Appendix C).

The participating teacher of the confirmatory study stage claimed that background knowledge in Mathematics of the students was not good. Therefore, computational skills might result in the scientific reasoning score of the students. Vass; Schiller; & Nappi (2000: 982) studied the effects of instructional intervention to improve proportional, probabilistic, and correlational scientific reasoning skills among undergraduate students whose major was education. The results showed that students in the experimental group showed improvement in all three areas of reasoning after taking part in the specifically planned intervention consisting of three 20 minutes sessions over three weeks. Significantly, it was found that students with science and/or Mathematics backgrounds performed noticeably better in all three areas of reasoning on both pre-test and post-test than did non science/Mathematics background students (p. 993).

3.2 The Results of Using the Learning Unit in Learning Achievement

Another concern in this research study was whether the learning achievement score of the students in the confirmatory study would be higher than the determined criterion by participating in an instruction using the learning unit. The results from analysis of the learning achievement pre-test and post-test scores showed that the students had a significant improvement on the learning achievement. Yet, there was no evidence to show that the learning achievement post-test mean score was significantly higher than the determined criteria. In what ways does the students' learning achievement mean score did not pass the criterion?

3.2.1 Both average pre-test and post-test scores on the learning achievement (Table 27, Appendix C) of the field trial study stage were higher than those of the confirmatory study stage.

Similar to the determination of the scientific reasoning cut-off score, the learning achievement post-test scores of the students in the field trial study stage probably maximized the learning achievement cut-off score according to the differences in many factors between two groups of students as stated in a previous topic.

3.2.2 There was positive correlation between the scientific reasoning and the learning achievement score (see p. 95).

The results from analysis of bivariate correlation indicated the positive correspondence between the scientific reasoning and the learning achievement of the students. This means the student who had low score on the scientific reasoning also had low score on the learning achievement. In contrast, the student who had high scientific reasoning score also had high learning achievement score. Thus, reasoning ability itself might have an effect on the learning achievement score. This is supported by Johnson; & Lawson's study (1998: 96) which showed a positive correlation between reasoning ability and achievement in college Biology class. Effect of reasoning ability on students' learning achievement was also revealed by many researchers in chemistry and physics classes (e.g., Strahan; & O'Sullivan (1986) at the middle school level, Krajik; & Haney (1987); & Staver; & Halsted (1985) at the high school level, and Champagne; Klopfer; & Anderson (1980); Niaz (1985); Niaz; & Lawson (1985) at the college level) (Johnson; & Lawson. 1998: 90). In addition, studies of Niaz (1996: Abs) and Kwon; & Lawson (2000: 57) revealed a relationship between scientific reasoning ability and ability to gain conceptual knowledge. Following researchers found the same relationship (e.g., Lawson; & Worsnop (1992);

Lawson; et al. (1991); Westbrook; & Marek (1991, 1992)) (Johnson; & Lawson. 1998: 90).

Niaz (1996: Abs) implemented tests of formal operational reasoning, functional M-capacity, disembedding ability and chemistry problems (limiting reagent, mole, and gas laws) with 109 freshman students. Results of the study showed that the students who had higher score on cognitive predictor variables demonstrated greater understanding and used reasoning strategies based on the hypothetical deductive reasoning, manipulation of essential information and sensitivity to misleading information, to solve the problems. Regarding Figure 11 in the previous topic, Kwon; & Lawson (2000: 45) explained that maturation of prefrontal lobes along with physical and social experience plays a role in increases of working memory (i.e., mental capacity), which leads to improvement in hypothetical deductive reasoning abilities. These abilities including ability to inhibit task-irrelevant information, ability to disembed relevant from irrelevant task information and ability to plan and mentally represent task-relevant information are used prior to the acquisition of science concepts. Therefore, a traditional science teacher should put emphasis on improving a student's scientific thinking skills, rather than just focusing on a multitude of contents.

3.2.3 The students had never faced inquiry-based instruction with student-directed manner (see p. 99). They were familiar with listening to a teacher and memorizing facts for an examination.

The researcher speculated that change of instructional style influenced the learning achievement score of the students. The inquiry-based instruction differs from familiar routines that focus on textbook-reading, note-taking and memorizing contents. Therefore, the students had to adjust themselves for this new instructional approach. Similarly stated by Eick; Meadows; & Balkcom (2005: 49), implementing inquiry for the first time seems to be intricate for a science teacher, especially an open-ended scientific inquiry. Instruction based on an authentic open-ended scientific inquiry requires a teacher to design experiences that provide students responsibility for managing all aspects of their own inquiry, posing questions they want to study, generating methods to pursue investigations, analyzing data and making conclusions of the studies (Smith; et al. 2000: 404). These are contrary to cookbook type laboratories used in conventional science classrooms, in which the problems, methods and conclusions are given to students ahead of time. As a result, implementing an open-ended inquiry in which students themselves become involved with all procedures is challenging not only a teacher but also students who are new to inquiry.

3.2.4 Limitation of time according to the students' background knowledge and

the new teaching approach was a main constraint (see p. 98).

Considering prior knowledge of the students in the confirmatory study stage, the teacher had to spend more time than that in the field trial study stage to fulfill their background knowledge (see p. 99). According to Liewellyn (2002: 49); & Bell; et al. (2003: 64)'s statement, a child's learning depends on his/her prior knowledge and experiences. Thus, spending time longer for fulfilling the students' understanding both before and during instruction is necessary. Moreover, the new teaching approach required the students to achieve the more complex tasks. These factors retarded the overall learning process and resulted in remaining time for some other activities. To implement the ideal scientific inquiry approach, Hackling (2005: 2) proposed that a student should be given ample time to reflect their own ideas, to engage in dialogue for developing their conceptual ideas, and to defend their findings to others. However, as stated by Hogan; & Pressley (1997: 86), curriculum and time are main constraints in scaffolding a classroom setting. An enormous amount of content often pushes a teacher to move on to a next topic before students have mastered the current topic, especially at high school level. However, Eick; Meadows; & Balkcom (2005: 53) have suggestions for scaffolding a meaningful inquiry that is completely student-directed under structured, whole class contexts with time limitation. A teacher should provide scaffold in form of format guidelines, partial work deadlines, and rubrics to evaluate their final work because most student works are generally done outside of class period. During class time, the teacher should guide the students for preparation of the inquiry such as searching for related information. Additionally, Hogan; & Pressley (1997: 84-85) suggested an alternative approach by providing students with tools such as cue cards or question cards which are temporary supporting structures that help the students to complete the tasks. These supports work as a scaffold for some students who need help while the teacher is scaffolding some other students.

In addition, these factors resulted in process of scientific explanation also. Everyone's thinking could not be aloud during the instruction (see p. 99). Thus, the teacher possibly missed some students and left them behind. To solve this problem, the approach recommended by Hogan; & Pressley (1997: 84-85) is probably helpful. Providing temporary supporting structures helps a teacher not only to scaffold students' thinking but also to improve their scientific explanation. As found by Keys's study (1994: Abs), report guideline prompts were designed to scaffold six ninth-grade students in the use of scientific reasoning skills and to document qualitative changes in using reasoning skill over a 4.5-month period. The students represented three collaborative writing pairs. They wrote 10 laboratory reports

during the intervention. Results indicated that the students showed improvement on scientific explanation that represented a synthesis of prior knowledge, activity observations and other sources of information over time. Collaborative writing encouraged the students to construct their own understanding of science concepts by creating an environment in which thinking, reasoning and discussion were valued, claimed Keys.

3.3 The Results of Using the Learning Unit in Attitude towards Science

Other two questions in this research study were 1) whether the attitude towards science of the student after the instruction would be significantly higher than before the instruction, and 2) whether their attitude towards science after learning through the whole learning unit was at the high level. Analysis of the attitude towards science pre-test and post-test scores showed that learning through the learning unit could improve the student's attitude towards science significantly. Their attitude towards science after the instruction was at the high level. A variety of factors that were contributed to the effectiveness of the learning unit in enhancing attitude towards science of the students are as follows.

3.3.1 The students had opportunity to do science rather than just listen to the teacher (see p. 98).

It was conjectured that the increase of attitude towards science of the students was due to the new instructional approach, inquiry-based instruction. The students worked in groups in a variety of ways such as planning and performing experimentations, and learning to listen, share, and raise questions about other's ideas. This is relevant to Deboer's specification (2005: 19) that one of the purposes of inquiry-based instruction is to increase students' intrinsic motivation and efforts to be more effective and meaningful.

Additional analysis of the attitude towards science post-test scores showed that item #1 stating "we learn interesting things in science lessons", and item #16 stating "practical work in science is good because I can work with my friends" had average score 4.65 and 4.58 respectively. These two items were at the highest level. For the first item, it might be because the students had never done experiment in primary school. In addition, these new inquiry activities focused on using matter that was easy to find around their school. Therefore, the students could see relationship between what they learn and what was around them. This made the lessons more interesting and motivated the students to think that there are interesting things in science lesson. The reason for the second item

was probably because the students had opportunity to work in group in many ways such as discussing, designing and performing the study rather than being told by the teacher only. This is an attribute of inquiry-based instruction that a student is more involved in the knowledge construction.

3.3.2 Activities in the learning unit were meaningful for the students. The instruction allowed the students to have more control over their own learning in an investigative way rather than being told by their teacher (see p. 98).

Complexity of the inquiry practice was designed using the fading scaffold technique to transfer responsibility to complete the inquiry tasks to the students gradually. Especially, they had opportunity to choose what they want to study by themselves during the last two stages. Thus, the student might feel that it was their own work. Moreover, importantly, the inquiry practice did not overwhelm the students who had never faced these experiences before. This kind of activity motivated them and resulted in the increase of the attitude towards science score. It was supported by the teacher's opinion that most students were enthusiastic to the learning. The teacher stated that 80% of the students paid attention to the learning, which was different than that in a usual classroom. This finding is consistent to a multitude of researches which showed that inquiry-based instruction is effective to fostering positive attitude towards science (Haury. 1993: Online).

For example, Lord; & Orkwiszewski (2006: 343-345) studied the results of inquiry-based activities with 100 college students enrolled in non-majors introductory biology classes. This study showed that the students from inquiry-based activities enjoyed the investigations more than the students who used traditional laboratory manual. They also found that the inquiry approach enhanced the students' attitude towards science. Also, Gibson; & Chase (2002: 703) examined a long-term impact of a Summer Science Exploration Program (SSEP), a 2-week inquiry-based science camp, on middle-school students. They reported that SSEP students maintained a more positive attitude towards science and a higher interest in science careers than students who did not attend the program. They claimed that teaching science by an inquiry-based approach is helpful for students to remain interest and become motivated to put more effort on their studies.

To summarize, the students (both in the field trial study and the confirmatory study) who learnt through the learning unit promoting student-directed inquiry practices by the fading scaffold technique had significant improvement on the scientific reasoning, the learning achievement and the attitude towards science. Although the scientific reasoning and the learning achievement of the students in the confirmatory study did not pass the

determined criteria, the most important thing was to represent authentic contexts of scientific inquiry. They should know how to choose reliable data sources and information and how to construct new knowledge. These experiences would be a foundation for them to become competent people in the globalized society.

4. Recommendations

This research showed that scientific inquiry experience with incorporated fading scaffold technique was successful in fostering the scientific reasoning, the learning achievement and the attitude towards science of the students during the middle school year. Significantly, improvement on the scientific reasoning and the learning achievement of the students in the confirmatory study stage could not reach the determined criteria which were partially based on score of the students who were more ready for learning. Hence, it is interesting to continue seeking for solutions to develop every student to reach the same goals. This section provides the recommendations of using the learning unit for stakeholders.

4.1 Recommendations for Policy Maker

The results of implementing the learning unit revealed that most students were enthusiastic to perform experiments and do activities. In addition, the participating teacher's statement also supported this notice. Eighty percentage of the students paid attention to the instruction. They were always active to meet and discuss about their experiments with the teacher. Significantly, the research findings showed that the learning unit was effective to enhance the scientific reasoning skills, the learning achievement and the attitude towards science of the students significantly. However, it is essential to improve these activities to be more effective and prepare a science teacher to be ready to use them in a real setting. In addition, the fading scaffold technique was useful to promote scientific inquiry skills of a student. Science teachers should be supported to study and apply it in their classroom.

4.2 Recommendations for Science Teachers

4.2.1 To apply the fading scaffold technique or use the learning unit, the teacher has to prepare himself/herself to be a good scaffolder.

Role of a teacher in a scaffolding classroom is different than that in the traditional classroom. The teacher serves as a social partner who provides guidance or assistance to a student to complete the complicated tasks. This is contrary to most classroom tasks that emphasize rote memorization and recall of facts and skills. Therefore, the teacher has to prepare questions and some techniques to guild the student when he/she needs help. These guidelines should allow the student to think on his/her own.

4.2.2 Period of using the learning unit and degree of withdrawing structure of the activities are flexible. It depends on students' prior knowledge.

Duration of each activity could be flexible. Students who have low learning achievement need more time to finish the activity, especially an open-ended inquiry practice. In particular, the exploration and explanation stages should be prolonged. The students will have more time to explain their thinking. Then, the teacher could fulfill or correct their understandings. In addition, the teacher should prepare the students for using new equipments before a class time so that duration of implementing each activity would not be interrupted.

Considering degree of withdrawing structure of the activities, rate of withdrawing the structure might be changed. For low learning achievement students, the teacher should decrease rate of withdrawing so that a learning task will not overwhelm them.

4.2.3 Reports of science project which are related to the contents of the learning unit could be a guideline for implementing open-ended inquiry activity of the learning unit.

A student, as a novice, has incomplete idea and lacks knowledge and experience to accomplish open-ended inquiry practices; therefore, he/she has to consult the teacher about topic and design of the experiment. It might be useful to show the student reports of research/science project which involves with the topic in the learning unit. The student probably gains some ideas from these reports and applies them in his/her experiment.

4.3 Recommendations for Further Study

For further study, it is important to continue researching on the fading scaffold technique and development of scientific reasoning skills. Some questions still remain in this research area as follows.

4.3.1 Fading structure of inquiry practices to be most effective should be studied. Time, contents and task complexity are main factors. Variation of these factors might result in different ways. In addition, it is necessary to determine indicators as a criterion to specify that students can go to a next stage of activity.

4.3.2 There should be in-depth research on whether computational skills influence scientific reasoning skills because science educators still have different points of view.

BIBLIOGRAPHY

BIBLIOGRAPHY

- Airasian, P. W. (2005). *Classroom Assessment: Concepts & Applications*. 5th ed. Boston: McGraw-Hill.
- Anderson, J. R. (1990). *Cognitive Psychology and Its implications*. 3rd ed. San Francisco: W. H. Freeman and Company.
- Anderson, L.W. (2003). *Classroom Assessment: Enhancing the Quality of Teacher Decision Making*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bell, P.; & Linn, M. (2000). Scientific Arguments as Learning Artifacts: Designing for Learning from the Web with KIE. *International Journal of Science Education*. 22(8): 797-817.
- Bell, R. L.; Blair, L. M.; Crawford, B. A.; & Lederman, N. G. (2003). Just Do It? Impact of a Science Apprenticeship Program on High School Students' Understandings of the Nature of Scientific Inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*. 40(5): 487-509.
- Berk, R. A. (1976). Determination of Optimal Cutting Scores in Criterion-Referenced Measurement. *Journal of Experimental Education*. 45(2): 4-9.
- Berk, R. A. (1996). Standard setting: The next generation (where few psychometricians have gone before). *Applied Measurement in Education*. 9(3): 215-235.
- Bhumirat, C. (2001). *Policy Research for Science Education Reform in Thailand*. (Online). Available: http://www.onec.go.th/english_ver/chin_po/sum_chpo.htm. Retrieved March 9, 2005.
- Brown, D. F.; & Canniff, M. (2007). Designing Curricular Experiences that Promote Young Adolescents' Cognitive Growth. *Middle School Journal*. 39(1): 16-23.
- Brown, P. L.; Abell, S. K.; Demir, A; & Schmidt, F. J. (2006). College Science Teachers' Views of Classroom Inquiry. *Science Education*. 90(5): 784-802.
- Chang, C. Y.; & Mao, S. L. (1999). Comparison of Taiwan Science Students' Outcomes with Inquiry-Group Versus Traditional Instruction. *The Journal of Educational Research*. 92(6): 340-345.
- Chinn, C. A.; & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks. *Science Education*. 86(2): 175-218.
- DeBoer, G. E. (1991). *A history of ideas in science education*. New York City: Teachers College Press.

- Deboer, G. E. (2005). Historical Perspectives on Inquiry Teaching in Schools. in *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education*. Flick, L. B.; & Lederman, N. G. (Eds.). pp. 17-36. Kluwer Academic Publishers.
- de Vries, E.; Lund, K.; & Baker, M. (2002). Computer-Mediated Epistemic Dialogue: Explanation and Argumentation as Vehicles for Understanding Scientific Notions. *Journal of the Learning Sciences*. 11(1): 63–103.
- Driscoll, M. P. (2005). *Psychology of Learning for Instruction*. 3rd ed. New York City: Pearson Education, Inc.
- Driver, R.; Newton, P.; & Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*. 84(3): 287-312.
- Eick, C.; Meadows, L.; & Balkcom, R. (2005). Breaking into Inquiry. *The Science Teacher*. 72(7): 49-53.
- Ellis, H. C.; & Hunt, R. R. (1989). *Fundamentals of Human Memory and Cognition*. 4th ed. Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown. Publishers.
- Erduran, S.; Simon, S.; & Osborne, J. (2004). TAPping into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin's Argument Pattern for Studying Science Discourse. *Science Education*. 88(6): 915-933.
- Ferguson, G. A. (1976). *Statistical Analysis in Psychology and Education*. 4th ed. New York: McGraw-Hill.
- Freeman, R. (2003). *Logical Reasoning*. (Online). Available: <http://www-rohan.sdsu.edu/faculty/rfreeman/reason.html>. Retrieved August 5, 2006.
- Furtak, E. M. (2006). The Problem with Answers: An Exploration of Guided Scientific Inquiry Teaching. *Science Education*. 90(Early View): 1-15.
- Garrison, C.; & Ehringhaus, M. (2004). *Formative and Summative Assessments in the Classroom*. (Online). Available: <http://www.nmsa.org/Publications/WebExclusive/Assessment/tabid/1120/Default.aspx>. Retrieved September 19, 2005.
- Gaskins, I. W.; Rauch, S.; Gensemer, E.; Cunicelli, E.; O'hara, C.; Six, L.; & Scott, T. (1997). Scaffolding the Development of Intelligence among Children who are Delayed in Learning to Read. in *Scaffolding Student Learning: Instructional Approaches and Issues*. Hogan, K.; & Pressley, M. pp. 43-73. 1st ed. Cambridge, MA: Brookline Books.

- Gibson, H. L.; & Chase, C. (2002). Longitudinal Impact of an Inquiry-Based Science Program on Middle School Students' Attitudes Toward Science. *Science Education*. 86(5): 693-705.
- Hackling, M. W. (2005). *Working Scientifically: Implementing and Assessing Open Investigation Work in Science*. Revised ed. Department of Education and Training, Western Australia. (Online). Available: <http://www.eddept.wa.edu.au/science/teach/workingscientificallyrevised.pdf>. Retrieved March 5, 2006.
- Haury, D. L. (1993). *Teaching Science through Inquiry*. ERIC Digest. (Online). Available: <http://www.ericdigests.org/1993/inquiry.htm>. Retrieved November 20, 2005.
- Hogan, K. (1997). Introduction. in *Scaffolding Student Learning: Instructional Approaches and Issues*. Hogan, K.; & Pressley, M. pp. 1-5. 1st ed. Cambridge, MA: Brookline Books.
- Hogan, K.; Nastasi, B. K.; & Pressley, M. (2000). Discourse Patterns and Collaborative Scientific Reasoning in Peer and Teacher-Guided Discussions. *Cognition and Instruction*. 17(4): 379-432.
- Hogan, K.; & Pressley, M. (1997). Scaffolding Scientific Competencies within Classroom Communities of Inquiry. in *Scaffolding Student Learning: Instructional Approaches and Issues*. Hogan, K.; & Pressley, M. pp. 74-107. 1st ed. Cambridge, MA: Brookline Books.
- Jansawang, N. (2005). *The Development of a School-Based Elective Science Curriculum with Local Wisdom for a Lower Secondary School*. Dissertation, Ed.D (Science Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University.
- Johnson, M. A.; & Lawson, A. E. (1998). What Are the Relative Effects of Reasoning Ability and Prior Knowledge on Biology Achievement in Expository and Inquiry Classes?. *Journal of Research in Science Teaching*. 35(1): 89-103.
- Jones, R. P. (2001). *Foundations of Critical Thinking*. 1st ed. Fort Worth, TX: Harcourt College Publishers.
- Kemerling, G. (2006). *Philosophy Pages*. (Online). Available: <http://www.philosophypages.com/index.htm>. Retrieved September 15, 2006.
- Kerlinger, F. N.; & Lee, H. B. (2000). *Foundations of Behavioral Research*. 4th ed. Harcourt College Publishers.

- Keys, C. W. (1994). The Development of Scientific Reasoning Skills in Conjunction with Collaborative Writing Assignments: An Interpretive Study of Six Ninth-grade Students. *Journal of Research in Science Teaching*. 31(9): 1003-1022.
- Kind, P.; Jones, K.; & Barnby, P. (2007). Developing Attitudes towards Science Measures. *International Journal of Science Education*. 29(7): 871 – 893.
- Krajcik, J. (2004?). *IQWST: Investigating and Questioning our World Through Science and Technology*. Ann Arbor, MI: University of Michigan. (Online). Available: <http://www.hi-ce.org/iqwst/index.html>. Retrieved August 9, 2005.
- Kuhn, D. (1993). Science as Argument: Implications for Teaching and Learning Scientific Thinking. *Science Education*. 77(3): 319-337.
- Kuhn, L.; & Reiser, B. (2004). *Students Constructing and Defending Evidence-Based Scientific Explanations*. Paper prepared for the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Dallas, TX.
- Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Kwon, Yong-Ju; & Lawson, A. E. (2000). Linking Brain Growth with Scientific Reasoning Ability and Conceptual Change during Adolescence. *Journal of Research in Science Teaching*. 37(1): 44-62.
- Kwon, Yong-Ju; Lawson, A. E.; Chung, Wan-Ho; & Kim, Young-Shin. (2000). Effect on Development of Proportional Reasoning Skill of Physical Experience and Cognitive Abilities Associated with Prefrontal Lobe Activity. *Journal of Research in Science Teaching*. 37(10): 1171-1181.
- Land, S. M.; & Zembal-Saul, C. (2003). Scaffolding reflection and revision of explanations about light during project-based learning: An investigation of progress portfolio. *Educational Technology Research and Development*. 51(4): 65–84.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- Lederman, N. G.; & O'Malley, M. (1990). Students' Perceptions of Tentativeness in Science: Development, Use, and Sources of Change. *Science Education*. 74(2): 225–239.
- Ley, J.; Nelson, S.; & Beltyukova, S. (1996). Congruence of Aspirations of Rural Youth with Expectations Held by Parents and School Staff. *Journal of Research in Rural Education*. 12(3): 133-141.

- Linn, R. L.; & Gronlund, N. E. (2000). *Measurement and assessment in teaching*. 8th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Lord, T.; & Orkwiszewski, T. (2006). Moving from didactic to inquiry-based instruction in a science laboratory. *American Biology Teacher*. 68(6): 342-345.
- McCracken, J. D.; & Barcinas, J. D. T. (1991). Differences between Rural and Urban Schools, Student Characteristics, and Student Aspirations in Ohio. *Journal of Research in Rural Education*. 7(2): 29-40.
- McNeill, K. L.; & Krajcik, J. (in press). Middle School Students' Use of Appropriate and Inappropriate Evidence in Writing Scientific Explanations. in *Thinking with Data: The Proceedings of the 33rd Carnegie Symposium on Cognition*. Lovett, M. & Shah, P. (Eds.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- McNeill, K. L.; Lizotte, D. J.; Krajcik, J.; & Marx, R. W. (2006). Supporting Students' Construction of Scientific Explanations By Fading Scaffolds in Instructional Materials. *The Journal of the Learning Sciences*. 15(2): 153-191.
- Ministry of Education. (2002). *Basic Education Curriculum B.E. 2544 (A.D. 2001)*. Bangkok: Express Transportation Organization of Thailand. (ETO). Available: http://eduarea.bkk2ict.net/e_book_teacher/01001.pdf. Retrieved March 5, 2006.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academic Press.
- National Science Foundation (NSF). (2000). *Identifying inquiry in the K-5 classroom. Inquiry : Thoughts, views, and strategies for the K-5 classroom*. Washington, DC.
- Niaz, M. (1996). Reasoning strategies of students in solving chemistry problems as a function of developmental level, functional M-capacity and disembedding ability. *International Journal of Science Education*. 18(5): 525 – 541.
- Office of The National Education Commission (ONEC): Thailand. (1999). *National Education Act of B.E. 2542*. Bangkok: Seven Printing Group.
- Osborne, J. (2004). *Science Education for All: Radical Vision or Hopeless Fantasy?: Inaugural Lecture at King's College London in April 29, 2004*. (Online). Available: <http://www.kcl.ac.uk/depsta/education/hpages/josborne.html>. Retrieved November 25, 2005.
- Osborne, J.; Simon, S.; Erduran, S.; & Monk, M. (2001). Enhancing the Quality of Argument in School Science. *School Science Review*. 82(301): 63-70.

- Pearson, P. D.; & Fielding, L. (1991). Comprehension instruction. in *Handbook of Reading Research*. Barr, R.; Kamil, J. L.; Mosenthal, P; & Pearson, P. D. (Eds). Vol. 11. pp. 815-860. White Plains, NY: Longman.
- Popham, W. J. (2003). *Test Better, Teach Better: The Instructional Role of Assessment*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Rankin, L. (2000). Lessons Learned: Addressing Common Misconceptions About Inquiry. in *Identifying inquiry in the K-5 classroom. Inquiry : Thoughts, views, and strategies for the K-5 classroom*. National Science Foundation (NSF). (Ed.). pp. 33-37. Washington, DC.
- Rifkin, T.; & Georgakakos, J. H. (1996). *Science Reasoning Ability of Community College Students*. ERIC Digest. (Online). Available: <http://www.ericdigests.org/1996-4/science.htm>. Retrieved March 21, 2006.
- Rittle-Johnson, B.; & Koedinger, K. R. (2005). Designing Knowledge Scaffolds to Support Mathematical Problem Solving. *Cognition and Instruction*. 23(3): 313-349.
- Rottenberg, A. T. (1994). *The Structure of Argument*. New York: St. Martin's Press, Inc.
- Sadler, T. D. (2004). Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: A Critical Review of Research. *Journal of Research in Science Teaching*. 41(5): 513-536.
- Sadler, T. D.; & Zeidler, D. L. (2004). The Morality of Socioscientific Issues: Construal and Resolution of Genetic Engineering Dilemmas. *Science Education*. 88(1): 4-27.
- Saiyod, L.; & Saiyod, A. (2000). *Techniques for Learning Assessment*. 2nd ed. Bangkok: Suweriyasarn.
- Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and Epistemic Aspects of Students' Scientific Explanations. *The Journal of the Learning Sciences*. 12(1): 5-51.
- Sandoval, W. A. (2005). Understanding Students' Practical Epistemologies and Their Influence on Learning Through Inquiry. *Science Education*. 89(4): 634-656.
- Sandoval, W. A.; & Millwood, K. A. (2005). The Quality of Students' Use of Evidence in Written Scientific Explanations. *Cognition and Instruction*. 23(1): 23-55.
- Siripatharachai, P. (2006). *Causal factors influencing scientific reasoning skills of Thai fourth-grade students*. Dissertation, Ed.D (Science Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University.
- Smith, C. L.; Maclin, D.; Houghton, C.; & Hennessey, M. G. (2000). Sixth-grade students' epistemologies of science: The impact of school science experiences on epistemological development. *Cognition and Instruction*. 18(3): 349– 422.

- Stuessy, C. (1984). *Correlates of Scientific Reasoning in Adolescents: Experience, Locus of Control, Age, Field Dependence-Independence, Rigidity/Flexibility, IQ, and Gender*. Dissertation. Columbus, OH: The Ohio State University.
- Sukjin K.; Scharmann, L. C.; & Taehee N. (2005). Examining Students' Views on the Nature of Science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th Graders. *Science Education*. 89(2): 314-334.
- Takao, A. Y; Prothero, W. A; & Kelly, G. J. (2002). Applying Argumentation Analysis to Assess the Quality of University Oceanography Students' Scientific Writing. *Journal of Geoscience Education*. 50(1): 40-48.
- Tanaprayothsak, W. (2005). *The Development of High School Science Curriculum on Natural Resources and Environmental Pollution Related to Real-life Issues Based on Inquiry Cycle Approach*. Dissertation, Ed.D (Science Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University.
- The Biological Sciences Curriculum Study. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. (Online). Available: [http://science.education.nih.gov/houseofreps.nsf/b82d55fa138783c2852572c9004f5566/\\$FILE/Appendix%20D.pdf](http://science.education.nih.gov/houseofreps.nsf/b82d55fa138783c2852572c9004f5566/$FILE/Appendix%20D.pdf). Retrieved December 15, 2006.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2004). *National Science Curriculum Standards: The Basic Education Curriculum B.E. 2544*. Bangkok: IPST.
- The University of Mississippi. (2005). *Bloom's Taxonomy*. (Online). Available: http://www.olemiss.edu/depts/educ_school2/docs/stai_manual/manual9.htm. Retrieved November 5, 2006.
- Thirteen WNET New York. (2004). *Inquiry-Based Learning*. (Online). Available: <http://www.thirteen.org/edonline/concept2class/index.html>. Retrieved October 12, 2006.
- Tobin, K. G. (2006). *The Test of Logical Thinking*. (Online). Available: <http://web.gc.cuny.edu/urbaneducation/tobin/Downloads.htm>. Retrieved June 5, 2006.
- Vass, E.; Schiller, D.; & Nappi, A. J. (2000). The Effects of Instructional Intervention on Improving Proportional, Probabilistic, and Correlational Reasoning Skills among Undergraduate Education Majors. *Journal of Research in Science Teaching*. 37(9): 981-995.

- Violato, C.; Marini, A.; & Lee, C. (2003). A Validity Study Of Expert Judgment Procedures For Setting Cutoff Scores On High-Stakes Credentialing Examinations Using Cluster Analysis. *Evaluation & the Health Professions*. 26(1): 59-72.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The Development of Higher Psychological Processes*. 1st ed. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Zimmerman, C. (2005). *The Development of Scientific Reasoning Skills: What Psychologists Contribute to an Understanding of Elementary Science Learning*. Final Draft of a Report to the National Research Council Committee on Science Learning Kindergarten through Eighth Grade. Available: http://www7.nationalacademies.org/bose/Corinne_Zimmerman_Final_Paper.pdf. Retrieved December 15, 2005.

APPENDIX

APPENDIX A
The Lists of Participants

The list of experts who assessed and evaluated the learning unit documents

1. Dr. Numphon Koocharoenpisa
Srinakharinwirot University
2. Mrs. Nanthavan Hunsawek
The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST)
3. Mrs. Areeya Buntawekoon
Patumkongkha School

The list of teachers who participated in the research study

1. Field Trial Study
Ms. Pratuengsook Maneelum
Khon Kaen University Demonstration School
2. Confirmatory Study
Mrs. Sukallaya Wongyai
Wattananakorn School

APPENDIX B

The Results of Research Material Analyses

TABLE 22 THE RESULTS OF EXAMINING AND VERIFYING THE LEARNING UNIT
DRAFTS ACCORDING TO THE EXPERTS' OPINION

No.	Domain consideration item	N=3		Correspondence
		Mean	S.D.	
1	The goals of the learning unit are corresponding to problems and needs of current science education.	1	0	corresponding
2	The key stage is corresponding to the goals of the learning unit.	0.67	0.58	corresponding
3	The content is corresponding to the goals of the learning unit.	1	0	corresponding
4	The structure of activities following fading scaffold technique is corresponding to the goals of the learning unit.	1	0	corresponding
5	All components of the lesson plan 1 (content, learning activities, instructional materials, learning resources, assessment and evaluation) are corresponding to each other.	1	0	corresponding
6	All components of the lesson plan 2 are corresponding to each other.	1	0	corresponding
7	All components of the lesson plan 3 are corresponding to each other.	0.67	0.58	corresponding
8	All components of the lesson plan 4 are corresponding to each other.	1	0	corresponding
9	All components of the lesson plan 5 are corresponding to each other.	1	0	corresponding
10	All components of the lesson plan 6 are corresponding to each other.	1	0	corresponding
11	All components of the lesson plan 7 are corresponding to each other.	1	0	corresponding

TABLE 23 THE RESULTS OF ASSESSING AND EVALUATING THE ITEM OBJECTIVE CONGRUENCE (IOC), ITEM DIFFICULTY (p) AND ITEM DISCRIMINATION (r) OF THE SCIENTIFIC REASONING TEST

Item No.	IOC	p	r
1	1	0.43	0.67
2	1	0.47	0.87
3	0.67	0.20	0.33
4	0.67	0.40	0.67
5	1	0.28	0.50
6	1	0.40	0.73
7	1	0.68	0.50
8	1	0.78	0.20

Reliability of the scientific reasoning test is 0.63

TABLE 24 THE RESULTS OF ASSESSING AND EVALUATING THE ITEM OBJECTIVE CONGRUENCE (IOC), ITEM DIFFICULTY (p) AND ITEM DISCRIMINATION (r) OF THE LEARNING ACHIEVEMENT TEST

Item No.	IOC	p	r
1	0.67	0.60	0.33
2	0.67	0.32	0.33
3	1	0.60	0.47
4	1	0.70	0.27
5	1	0.36	0.47
6	1	0.68	0.33
7	0.67	0.55	0.33
8	0.67	0.26	0.33
9	1	0.36	0.27
10	1	0.30	0.27
11	0.67	0.64	0.40
12	1	0.40	0.33
13	0.67	0.34	0.27
14	1	0.23	0.47
15	1	0.49	0.47
16	1	0.49	0.33
17	1	0.36	0.33
18	1	0.32	0.33
19	1	0.79	0.20
20	1	0.40	0.53
21	1	0.47	0.27
22	0.67	0.32	0.33
23	1	0.51	0.33
24	0.67	0.30	0.27
25	1	0.57	0.40

Reliability of the achievement test is 0.60

APPENDIX C

The Results of Using the Learning Unit

TABLE 25 SCIENTIFIC REASONING SCORES FROM FIELD TRIAL AND CONFIRMATORY STUDY

Scores from Field Trial Study						Scores from Confirmatory Study					
No.	Pre-	Post-	No.	Pre-	Post-	No.	Pre-	Post-	No.	Pre-	Post-
1	9	12	26	-	-	1	7	7	26	9	18
2	9	15	27	7	11	2	8	7	27	7	10
3	10	12	28	9	17	3	7	11	28	7	16
4	9	16	29	4	9	4	6	8	29	6	9
5	15	16	30	8	11	5	7	9	30	10	8
6	6	14	31	8	13	6	6	8	31	6	15
7	14	18	32	10	14	7	2	10	32	7	12
8	-	-	33	6	13	8	4	8	33	6	6
9	6	15	34	14	20	9	6	7	34	7	15
10	15	16	35	18	21	10	3	11	35	9	7
11	13	18	36	7	9	11	4	6	36	7	11
12	6	9	37	6	14	12	5	8	37	6	6
13	4	10	38	7	14	13	6	15	38	5	7
14	9	22	39	6	10	14	11	15	39	4	7
15	12	9	40	1	9	15	1	9	40	7	13
16	5	7	41	9	18	16	7	10	41	9	13
17	7	7	42	9	14	17	6	7	42	6	8
18	3	8	43	6	10	18	6	8	43	1	8
19	7	10	44	8	9	19	6	6			
20	4	15	45	5	7	20	7	10			
21	8	13	46	12	13	21	8	8			
22	10	13	47	9	15	22	7	13			
23	15	16	48	12	18	23	6	12			
24	15	16	49	11	18	24	6	10			
25	8	12				25	6	5			
Pre-test Mean Score is 8.53 (N=47)						Pre-test Mean Score is 6.21 (N=43)					
Post-test Mean Score is 13.3 (N=47)						Post-test Mean Score is 9.70 (N=43)					

TABLE 26 SCIENTIFIC REASONING AVERAGE PRE-TEST AND POST-TEST SCORES
FROM CONFIRMATORY STUDY CLASSIFIED BY TYPE OF REASONING SKILL

Types of Reasoning Skill	Average Scores		% of Increase
	Pre-test (N=43)	Post-test (N=43)	
Proportional reasoning (6 scores)	0.28	0.98	11.63
Controlling variables (6 scores)	0.44	2.07	27.13
Probabilistic reasoning (6 scores)	0.44	0.70	4.26
Correlational reasoning (6 scores)	5.05	5.95	15.12
Total	6.21	9.70	14.53

TABLE 27 LEARNING ACHIEVEMENT SCORES FROM FIELD TRIAL AND CONFIRMATORY STUDY

Scores from Field Trial Study						Scores from Confirmatory Study					
No.	Pre-	Post-	No.	Pre-	Post-	No.	Pre-	Post-	No.	Pre-	Post-
1	11	12	26	-	-	1	10	7	26	4	10
2	4	7	27	11	14	2	8	8	27	5	10
3	5	10	28	10	11	3	8	8	28	12	13
4	9	13	29	4	10	4	5	8	29	6	11
5	10	15	30	4	7	5	8	8	30	12	13
6	8	13	31	10	11	6	9	12	31	7	15
7	7	14	32	11	15	7	6	8	32	6	10
8	-	-	33	12	20	8	10	12	33	7	9
9	7	13	34	11	13	9	6	5	34	4	7
10	8	10	35	7	14	10	6	8	35	7	7
11	10	13	36	10	12	11	7	5	36	8	7
12	15	15	37	5	9	12	9	11	37	9	9
13	10	14	38	12	20	13	9	13	38	13	12
14	10	13	39	2	7	14	8	14	39	4	4
15	13	14	40	5	5	15	5	7	40	9	11
16	6	7	41	13	12	16	9	9	41	9	15
17	9	11	42	8	13	17	10	12	42	7	11
18	2	5	43	10	11	18	6	6	43	6	7
19	8	9	44	3	10	19	9	12			
20	5	5	45	6	6	20	5	6			
21	12	13	46	9	11	21	9	10			
22	9	7	47	8	11	22	14	16			
23	10	12	48	9	13	23	10	9			
24	8	12	49	8	10	24	8	17			
25	6	13				25	6	12			
Pre-test Mean Score is 8.30 (N=47)						Pre-test Mean Score is 7.79 (N=43)					
Post-test Mean Score is 11.38 (N=47)						Post-test Mean Score is 9.86 (N=43)					

TABLE 28 LEARNING ACHIEVEMENT AVERAGE PRE-TEST AND POST-TEST SCORES
FROM CONFIRMATORY STUDY CLASSIFIED BY CONTENT

Content	Average Scores		% of Increase
	Pre-test (N=43)	Post-test (N=43)	
1. Matter and its properties (5 items)	2.00	2.30	6.05
2. Solution (8 items)	2.40	2.84	5.52
3. Separation of matters (5 items)	1.09	1.58	9.77
4. Acid-base solution (7 items)	2.30	3.14	11.99
Total	7.79	9.86	8.28

TABLE 29 LEARNING ACHIEVEMENT AVERAGE PRE-TEST AND POST-TEST SCORES
FROM CONFIRMATORY STUDY CLASSIFIED BY INTELLECTUAL SKILL

Intellectual Skill	Average Scores		% of Increase
	Pre-test (N=43)	Post-test (N=43)	
Knowledge (7 items)	2.30	3.07	10.96
Comprehension (7 items)	1.45	1.88	6.20
Science process skills (8 items)	2.44	2.86	5.23
Application (3 items)	1.60	2.05	14.88
Total	7.79	9.86	8.28

TABLE 30 ATTITUDE TOWARDS SCIENCE PRE-TEST SCORES FROM FIELD TRIAL STUDY

No.	Item of Consideration	N = 49		Interpretation
		Mean	S.D.	
	Learning science in school (6 items)			
1	นักเรียนได้เรียนรู้สิ่งที่น่าสนใจจากบทเรียนวิทยาศาสตร์	4.22	.743	high level
2	นักเรียนตั้งใจรอที่จะเรียนบทเรียนวิทยาศาสตร์	3.33	.899	medium level
3	บทเรียนวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าตื่นเต้น	3.63	.834	high level
4	นักเรียนต้องการเรียนวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมที่โรงเรียน	3.73	1.095	high level
5	นักเรียนชอบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์มากที่สุด	3.47	.960	medium level
6	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่น่าเบื่อ	3.00	1.242	medium level
	Self-concept in science (7 items)			
7	นักเรียนพบว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ยาก	3.20	.889	medium level
8	นักเรียนไม่ถนัดเรียนวิชาวิทยาศาสตร์	3.16	.921	medium level
9	นักเรียนได้คะแนนดีในวิชาวิทยาศาสตร์	3.14	1.021	medium level
10	นักเรียนเรียนรู้บทเรียนวิทยาศาสตร์ได้อย่างรวดเร็ว	3.22	.743	medium level
11	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่นักเรียนเรียนได้ดีที่สุดวิชาหนึ่ง	2.94	.852	medium level
12	นักเรียนรู้สึกว่าการเรียนวิทยาศาสตร์ไม่มีประโยชน์	3.47	.616	medium level
13	นักเรียนเข้าใจทุกเรื่องในวิชาวิทยาศาสตร์	3.04	.763	medium level
	Practical work in science (8 items)			
14	กิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าตื่นเต้น	3.63	1.014	high level
15	นักเรียนชอบทำกิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เพราะไม่รู้ว่าจะมีอะไรเกิดขึ้น	3.98	1.031	high level
16	กิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ได้เพราะได้ทำงานร่วมกับเพื่อนๆ	4.08	.812	high level
17	นักเรียนชอบกิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เพราะนักเรียนสามารถตัดสินใจด้วยตนเองว่าจะทำอะไร	3.86	.979	high level
18	นักเรียนต้องการให้มีกิจกรรมภาคปฏิบัติในวิชาวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น	3.94	1.008	high level
19	นักเรียนเรียนรู้บทเรียนวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นเมื่อได้ทำกิจกรรมภาคปฏิบัติ	3.47	.915	medium level
20	นักเรียนตั้งใจรอที่จะทำกิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์	3.71	1.099	high level
21	กิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าเบื่อ	2.80	1.414	medium level

TABLE 30 (Continued)

No.	Item of Consideration	N = 49		Interpretation
		Mean	S.D.	
	Science outside of school (6 items)			
22	นักเรียนต้องการเข้าร่วมชุมนุมวิทยาศาสตร์	3.47	1.120	medium level
23	นักเรียนชอบดูรายการโทรทัศน์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	3.94	.899	high level
24	นักเรียนชอบไปพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์	3.94	.899	high level
25	นักเรียนต้องการทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนอกสถานที่	3.90	1.046	high level
26	นักเรียนชอบอ่านนิตยสารหรือหนังสือเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	3.49	1.063	medium level
27	การเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งใหม่ๆ ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าตื่นเต้น	3.92	1.038	high level
	Future participation in science (5 items)			
28	นักเรียนต้องการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้นในอนาคต	3.67	1.029	high level
29	นักเรียนต้องการเรียนสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมหาวิทยาลัย	3.37	1.055	medium level
30	นักเรียนต้องการทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์	3.24	1.090	medium level
31	นักเรียนต้องการเป็นครูวิทยาศาสตร์	3.04	1.207	medium level
32	นักเรียนต้องการเป็นนักวิทยาศาสตร์	3.51	1.210	high level
	Importance of science (5 items)			
33	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสำคัญต่อสังคมของเรา	4.18	.697	high level
34	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีช่วยทำให้การดำรงชีวิตง่ายและสะดวกสบายมากขึ้น	4.27	.670	high level
35	ประโยชน์ที่ได้จากความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์มีมากกว่าผลเสีย	4.06	.876	high level
36	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีส่วนช่วยขจัดความยากไร้	3.80	.763	high level
37	มีสิ่งที่น่าสนใจต่างๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกิดขึ้นมากมาย	4.31	.822	high level
Mean of attitude towards science pre-test scores from field trial study is 3.60				

TABLE 31 ATTITUDE TOWARDS SCIENCE POST-TEST SCORES FROM FIELD TRIAL STUDY

No.	Item of Consideration	N = 47		Interpretation
		Mean	S.D.	
	Learning science in school (6 items)			
1	นักเรียนได้เรียนรู้สิ่งที่น่าสนใจจากบทเรียนวิทยาศาสตร์	4.57	.542	highest level
2	นักเรียนตั้งใจรอที่จะเรียนบทเรียนวิทยาศาสตร์	4.43	.651	high level
3	บทเรียนวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าตื่นเต้น	4.23	.698	high level
4	นักเรียนต้องการเรียนวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมที่โรงเรียน	4.04	.833	high level
5	นักเรียนชอบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์มากที่สุด	3.96	.751	high level
6	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่น่าเบื่อ	4.17	.842	high level
	Self-concept in science (7 items)			
7	นักเรียนพบว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ยาก	3.30	.931	medium level
8	นักเรียนไม่ถนัดเรียนวิชาวิทยาศาสตร์	3.26	.871	medium level
9	นักเรียนได้คะแนนดีในวิชาวิทยาศาสตร์	3.28	.994	medium level
10	นักเรียนเรียนรู้บทเรียนวิทยาศาสตร์ได้อย่างรวดเร็ว	3.38	.709	medium level
11	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่นักเรียนเรียนได้ดีที่สุดวิชาหนึ่ง	3.11	.866	medium level
12	นักเรียนรู้สึกว่าการเรียนวิทยาศาสตร์ไม่มีประโยชน์	4.04	.859	high level
13	นักเรียนเข้าใจทุกเรื่องในวิชาวิทยาศาสตร์	3.13	.824	medium level
	Practical work in science (8 items)			
14	กิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าตื่นเต้น	4.04	.806	high level
15	นักเรียนชอบทำกิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เพราะไม่รู้ว่าจะมีอะไรเกิดขึ้น	4.30	.749	high level
16	กิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ได้เพราะได้ทำงานร่วมกับเพื่อนๆ	4.38	.677	high level
17	นักเรียนชอบกิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เพราะนักเรียนสามารถตัดสินใจด้วยตนเองว่าจะทำอะไร	4.38	.739	high level
18	นักเรียนต้องการให้มีกิจกรรมภาคปฏิบัติในวิชาวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น	4.38	.739	high level
19	นักเรียนเรียนรู้บทเรียนวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นเมื่อได้ทำกิจกรรมภาคปฏิบัติ	4.21	.750	high level
20	นักเรียนตั้งใจรอที่จะทำกิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์	4.15	.780	high level
21	กิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าเบื่อ	3.94	.895	high level

TABLE 31 (Continued)

No.	Item of Consideration	N = 47		Interpretation
		Mean	S.D.	
	Science outside of school (6 items)			
22	นักเรียนต้องการเข้าร่วมชุมนุมวิทยาศาสตร์	4.21	.720	high level
23	นักเรียนชอบดูรายการโทรทัศน์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	4.51	.655	highest level
24	นักเรียนชอบไปพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์	4.34	.788	high level
25	นักเรียนต้องการทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนอกสถานที่	4.36	.792	high level
26	นักเรียนชอบอ่านนิตยสารหรือหนังสือเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	3.81	.947	high level
27	การเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งใหม่ๆ ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าตื่นเต้น	4.38	.644	high level
	Future participation in science (5 items)			
28	นักเรียนต้องการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้นในอนาคต	3.94	1.009	high level
29	นักเรียนต้องการเรียนสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมหาวิทยาลัย	3.89	.866	high level
30	นักเรียนต้องการทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์	3.85	.884	high level
31	นักเรียนต้องการเป็นครูวิทยาศาสตร์	3.74	.871	high level
32	นักเรียนต้องการเป็นนักวิทยาศาสตร์	3.98	.897	high level
	Importance of science (5 items)			
33	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสำคัญต่อสังคมของเรา	4.64	.486	highest level
34	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีช่วยทำให้การดำรงชีวิตง่ายและสะดวกสบายมากขึ้น	4.57	.580	highest level
35	ประโยชน์ที่ได้จากความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์มีมากกว่าผลเสีย	4.60	.538	highest level
36	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีส่วนช่วยขจัดความยากไร้	4.17	.670	high level
37	มีสิ่งที่น่าสนใจต่างๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกิดขึ้นมากมาย	4.60	.681	highest level
Mean of attitude towards science post-test scores from field trial study is 4.06				

TABLE 32 ATTITUDE TOWARDS SCIENCE PRE-TEST SCORES FROM CONFIRMATORY STUDY

No.	Item of Consideration	N = 43		Interpretation
		Mean	S.D.	
	Learning science in school (6 items)			
1	นักเรียนได้เรียนรู้สิ่งที่น่าสนใจจากบทเรียนวิทยาศาสตร์	4.37	.536	high level
2	นักเรียนตั้งใจว่าจะเรียนบทเรียนวิทยาศาสตร์	3.72	.630	high level
3	บทเรียนวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าตื่นเต้น	4.09	.781	high level
4	นักเรียนต้องการเรียนวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมที่โรงเรียน	3.49	.935	medium level
5	นักเรียนชอบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์มากที่สุด	3.56	.854	high level
6	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่น่าเบื่อ	3.84	.998	high level
	Self-concept in science (7 items)			
7	นักเรียนพบว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ยาก	2.70	.832	medium level
8	นักเรียนไม่ถนัดเรียนวิชาวิทยาศาสตร์	2.88	.879	medium level
9	นักเรียนได้คะแนนดีในวิชาวิทยาศาสตร์	3.16	.652	medium level
10	นักเรียนเรียนรู้บทเรียนวิทยาศาสตร์ได้อย่างรวดเร็ว	3.14	.804	medium level
11	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่นักเรียนเรียนได้ดีที่สุดวิชาหนึ่ง	3.14	.941	medium level
12	นักเรียนรู้สึกว่าการเรียนวิทยาศาสตร์ไม่มีประโยชน์	4.12	1.074	high level
13	นักเรียนเข้าใจทุกเรื่องในวิชาวิทยาศาสตร์	3.07	.669	medium level
	Practical work in science (8 items)			
14	กิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าตื่นเต้น	4.16	.652	high level
15	นักเรียนชอบทำกิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เพราะไม่รู้ว่าจะมีอะไรเกิดขึ้น	4.07	.828	high level
16	กิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ได้เพราะได้ทำงานร่วมกับเพื่อนๆ	4.35	.650	high level
17	นักเรียนชอบกิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เพราะนักเรียนสามารถตัดสินใจด้วยตนเองว่าจะทำอะไร	3.72	.854	high level
18	นักเรียนต้องการให้มีกิจกรรมภาคปฏิบัติในวิชาวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น	3.93	.828	high level
19	นักเรียนเรียนรู้บทเรียนวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นเมื่อได้ทำกิจกรรมภาคปฏิบัติ	3.98	.740	high level
20	นักเรียนตั้งใจว่าจะทำกิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์	3.86	.743	high level
21	กิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าเบื่อ	4.05	.872	high level

TABLE 32 (Continued)

No.	Item of Consideration	N = 43		Interpretation
		Mean	S.D.	
	Science outside of school (6 items)			
22	นักเรียนต้องการเข้าร่วมชุมนุมวิทยาศาสตร์	3.07	.799	medium level
23	นักเรียนชอบดูรายการโทรทัศน์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	3.77	.812	high level
24	นักเรียนชอบไปพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์	3.81	.932	high level
25	นักเรียนต้องการทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนอกสถานที่	3.95	.722	high level
26	นักเรียนชอบอ่านนิตยสารหรือหนังสือเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	3.35	.842	medium level
27	การเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งใหม่ๆ ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าตื่นเต้น	4.00	.926	high level
	Future participation in science (5 items)			
28	นักเรียนต้องการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้นในอนาคต	3.79	.773	high level
29	นักเรียนต้องการเรียนสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมหาวิทยาลัย	3.21	.833	medium level
30	นักเรียนต้องการทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์	3.02	.771	medium level
31	นักเรียนต้องการเป็นครูวิทยาศาสตร์	2.70	.773	medium level
32	นักเรียนต้องการเป็นนักวิทยาศาสตร์	2.81	.932	medium level
	Importance of science (5 items)			
33	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสำคัญต่อสังคมของเรา	4.49	.592	high level
34	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีช่วยทำให้การดำรงชีวิตง่ายและสะดวกสบายมากขึ้น	4.35	.783	high level
35	ประโยชน์ที่ได้จากความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์มีมากกว่าผลเสีย	3.91	.868	high level
36	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีส่วนช่วยขจัดความยากไร้	3.51	.827	high level
37	มีสิ่งที่น่าสนใจต่างๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกิดขึ้นมากมาย	4.33	.747	high level
Mean of attitude towards science pre-test scores from confirmatory study is 3.66				

TABLE 33 ATTITUDE TOWARDS SCIENCE POST-TEST SCORES FROM CONFIRMATORY STUDY

No.	Item of Consideration	N = 43		Interpretation
		Mean	S.D.	
	Learning science in school (6 items)			
1	นักเรียนได้เรียนรู้สิ่งที่น่าสนใจจากบทเรียนวิทยาศาสตร์	4.65	.650	highest level
2	นักเรียนตั้งใจว่าจะเรียนบทเรียนวิทยาศาสตร์	3.95	.653	high level
3	บทเรียนวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าตื่นเต้น	4.42	.626	high level
4	นักเรียนต้องการเรียนวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมที่โรงเรียน	3.86	.743	high level
5	นักเรียนชอบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์มากที่สุด	3.86	.915	high level
6	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่น่าเบื่อ	4.30	.860	high level
	Self-concept in science (7 items)			
7	นักเรียนพบว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ยาก	3.60	.791	high level
8	นักเรียนไม่ถนัดเรียนวิชาวิทยาศาสตร์	3.40	.791	medium level
9	นักเรียนได้คะแนนดีในวิชาวิทยาศาสตร์	3.37	.691	medium level
10	นักเรียนเรียนรู้บทเรียนวิทยาศาสตร์ได้อย่างรวดเร็ว	3.49	.768	medium level
11	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่นักเรียนเรียนได้ดีที่สุดวิชาหนึ่ง	3.49	.935	medium level
12	นักเรียนรู้สึกว่าการเรียนวิทยาศาสตร์ไม่มีประโยชน์	4.37	.725	high level
13	นักเรียนเข้าใจทุกเรื่องในวิชาวิทยาศาสตร์	3.28	.734	medium level
	Practical work in science (8 items)			
14	กิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าตื่นเต้น	4.33	.778	high level
15	นักเรียนชอบทำกิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เพราะไม่รู้ว่าจะมีอะไรเกิดขึ้น	4.30	.887	high level
16	กิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ได้เพราะได้ทำงานร่วมกับเพื่อนๆ	4.58	.626	highest level
17	นักเรียนชอบกิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เพราะนักเรียนสามารถตัดสินใจด้วยตนเองว่าจะทำอะไร	3.88	.697	high level
18	นักเรียนต้องการให้มีกิจกรรมภาคปฏิบัติในวิชาวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น	4.07	.884	high level
19	นักเรียนเรียนรู้บทเรียนวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นเมื่อได้ทำกิจกรรมภาคปฏิบัติ	4.05	.815	high level
20	นักเรียนตั้งใจว่าจะทำกิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์	3.79	.638	high level
21	กิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าเบื่อ	4.19	.699	high level

TABLE 33 (Continued)

No.	Item of Consideration	N = 43		Interpretation
		Mean	S.D.	
	Science outside of school (6 items)			
22	นักเรียนต้องการเข้าร่วมชุมนุมวิทยาศาสตร์	3.47	.909	medium level
23	นักเรียนชอบดูรายการโทรทัศน์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	3.93	.910	high level
24	นักเรียนชอบไปพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์	4.14	.804	high level
25	นักเรียนต้องการทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนอกสถานที่	4.07	.985	high level
26	นักเรียนชอบอ่านนิตยสารหรือหนังสือเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	3.44	.881	medium level
27	การเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งใหม่ๆ ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าตื่นเต้น	4.37	.655	high level
	Future participation in science (5 items)			
28	นักเรียนต้องการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้นในอนาคต	3.70	.964	high level
29	นักเรียนต้องการเรียนสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมหาวิทยาลัย	3.72	.984	high level
30	นักเรียนต้องการทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์	3.60	1.027	high level
31	นักเรียนต้องการเป็นครูวิทยาศาสตร์	3.37	.846	medium level
32	นักเรียนต้องการเป็นนักวิทยาศาสตร์	3.44	.934	medium level
	Importance of science (5 items)			
33	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสำคัญต่อสังคมของเรา	4.19	.932	high level
34	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีช่วยทำให้การดำรงชีวิตง่ายและสะดวกสบายมากขึ้น	4.47	.735	high level
35	ประโยชน์ที่ได้จากความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์มีมากกว่าผลเสีย	3.93	.936	high level
36	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีส่วนช่วยขจัดความยากไร้	3.86	.743	high level
37	มีสิ่งที่น่าสนใจต่างๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกิดขึ้นมากมาย	4.33	.778	high level
Mean of attitude towards science post-test scores from confirmatory study is 3.93				

TABLE 34 ATTITUDE TOWARDS SCIENCE AVERAGE PRE-TEST AND POST-TEST
SCORES FROM CONFIRMATORY STUDY

Attitude Category	Average Scores		% of Increase
	Pre-test (N=43)	Post-test (N=43)	
Learning science in school (5 scores)	3.84	4.17	6.60
Self-concept in science (5 scores)	3.17	3.57	8.00
Practical work in science (5 scores)	4.02	4.15	2.60
Science outside of school (5 scores)	3.66	3.90	4.80
Future participation in science (5 scores)	3.11	3.57	9.20
Importance of science (5 scores)	4.12	4.16	0.80
Total	3.66	3.93	5.40

APPENDIX D
Research Tools

แบบประเมินโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้

คำชี้แจง

แบบประเมินโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ให้ผู้เชี่ยวชาญใช้ในการประเมินหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สสารในชีวิตประจำวัน ที่สอดคล้องกับการอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิค fading scaffold เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลของนักเรียน จุดมุ่งหมายสำคัญของแบบประเมินนี้เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องขององค์ประกอบต่างๆ ในหน่วยการเรียนรู้ อันได้แก่ สภาพปัญหาและความจำเป็น เป้าหมายของหน่วยการเรียนรู้ ระดับช่วงชั้น เนื้อหาสาระ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ สื่อ/อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้ และการวัดผลและการประเมินผล โดยมีเกณฑ์การประเมินคือ สอดคล้อง ไม่แน่ว่าสอดคล้อง และไม่สอดคล้อง พร้อมทั้งส่วนของความคิดเห็นเพิ่มเติมเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่นๆ ที่จะประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ให้ดีขึ้น

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นางสาวอารยา ปาละโชติ

นิสิตปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

1. เป้าหมายของหน่วยการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับสภาพปัญหาและความจำเป็นหรือไม่

☐ สอดคล้อง ☐ ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง ☐ ไม่สอดคล้อง

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ระดับช่วงชั้นมีความสอดคล้องกับเป้าหมายของหน่วยการเรียนรู้หรือไม่

☐ สอดคล้อง ☐ ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง ☐ ไม่สอดคล้อง

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. เนื้อหาสาระมีความสอดคล้องกับเป้าหมายของหน่วยการเรียนรู้หรือไม่

☐ สอดคล้อง ☐ ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง ☐ ไม่สอดคล้อง

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. โครงสร้างกิจกรรมตามแนว fading scaffold technique มีความสอดคล้องกับเป้าหมายของหน่วยการเรียนรู้หรือไม่

☐ สอดคล้อง ☐ ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง ☐ ไม่สอดคล้อง

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. เนื้อหาสาระ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ สื่อ/อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้ และการวัดผลและประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มีความสอดคล้องกันหรือไม่

☐ สอดคล้อง ☐ ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง ☐ ไม่สอดคล้อง

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. เนื้อหาสาระ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ สื่อ/อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้ และการวัดผลและประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีความสอดคล้องกันหรือไม่

☐ สอดคล้อง ☐ ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง ☐ ไม่สอดคล้อง

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

7. เนื้อหาสาระ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ สื่อ/อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้ และการวัดผลและประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 มีความสอดคล้องกันหรือไม่

☐ สอดคล้อง ☐ ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง ☐ ไม่สอดคล้อง

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

8. เนื้อหาสาระ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ สื่อ/อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้ และการวัดผลและประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 มีความสอดคล้องกันหรือไม่

☐ สอดคล้อง ☐ ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง ☐ ไม่สอดคล้อง

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

9. เนื้อหาสาระ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ สื่อ/อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้ และการวัดผลและประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 มีความสอดคล้องกันหรือไม่

☐ สอดคล้อง ☐ ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง ☐ ไม่สอดคล้อง

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

10. เนื้อหาสาระ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ สื่อ/อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้ และการวัดผลและประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 มีความสอดคล้องกันหรือไม่

☐ สอดคล้อง

☐ ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง

☐ ไม่สอดคล้อง

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

11. เนื้อหาสาระ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ สื่อ/อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้ และการวัดผลและประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 มีความสอดคล้องกันหรือไม่

☐ สอดคล้อง

☐ ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง

☐ ไม่สอดคล้อง

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

12. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

ผู้ประเมิน.....

วันที่.....

แบบประเมินแบบทดสอบวัดทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ให้ผู้เชี่ยวชาญใช้ในการประเมินแบบทดสอบวัดทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ จุดมุ่งหมายสำคัญของแบบประเมินนี้เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา การใช้คำถาม การใช้ตัวเลือก และความสอดคล้องของข้อคำถามกับพฤติกรรมที่วัด รวมทั้งความถูกต้องและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินและข้อเสนอแนะต่างๆ ไปปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยมีระดับการประเมินดังนี้

- +1 หมายถึง ข้อสอบข้อนั้นสามารถวัดได้ตามพฤติกรรมที่ต้องการวัด
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นสามารถวัดได้ตามพฤติกรรมที่ต้องการวัด
- 1 หมายถึง ข้อสอบข้อนั้นไม่สามารถวัดได้ตามพฤติกรรมที่ต้องการวัด

พฤติกรรมที่ต้องการวัดโดยแบบทดสอบวัดทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. **Controlling variables** หมายถึง ความคิดที่แสดงถึงความเข้าใจในความจำเป็นที่จะออกแบบการทดลองโดยการควบคุมตัวแปรอื่นๆ ได้
2. **Proportional thinking** หมายถึง ความคิดที่แสดงถึงความสามารถในการอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ เชิงคณิตศาสตร์
3. **Probabilistic thinking** หมายถึง ความคิดที่แสดงถึงการสรุปหรืออธิบายปรากฏการณ์ใดๆ บนพื้นฐานของทฤษฎีความน่าจะเป็น
4. **Correlational thinking** หมายถึง ความคิดที่แสดงถึงการแปลผลการศึกษาโดยคำนึงถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง
นางสาวอารยา ปาละโชติ
นิสิตปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

แบบประเมินแบบทดสอบวัดทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ข้อ	พฤติกรรมที่วัด	ระดับความคิดเห็น			ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
1	Controlling variables				
2	Probabilistic thinking				
3	Proportional thinking				
4	Proportional thinking				
5	Controlling variables				
6	Probabilistic thinking				
7	Correlational thinking				
8	Correlational thinking				

ผู้ประเมิน.....
วันที่.....

แบบประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คำชี้แจง

แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ให้ผู้เชี่ยวชาญใช้ในการประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สสารในชีวิตประจำวัน จุดมุ่งหมายสำคัญของแบบประเมินนี้เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา การใช้คำถาม การใช้ตัวเลือก และความสอดคล้องของข้อคำถามกับพฤติกรรมที่วัด รวมทั้งความถูกต้องและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินและข้อเสนอแนะต่างๆ ไปปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยมีระดับการประเมินดังนี้

- +1 หมายถึง ข้อสอบข้อนั้นสามารถวัดได้ตามพฤติกรรมที่ต้องการวัด
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นสามารถวัดได้ตามพฤติกรรมที่ต้องการวัด
- 1 หมายถึง ข้อสอบข้อนั้นไม่สามารถวัดได้ตามพฤติกรรมที่ต้องการวัด

พฤติกรรมที่ต้องการวัดโดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. **ความรู้-ความจำ** หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนมาแล้วได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง นิยาม แนวความคิด หลักการ กฎหรือทฤษฎี วิธีดำเนินการ ลำดับขั้นและแนวโน้ม
2. **ความเข้าใจ** หมายถึง ความสามารถในการเข้าใจการสื่อความหมายของความรู้และแนวคิด ในรูปของการแปลความหมาย จับใจความ ดีความ และขยายความคิดในเรื่องราวต่างๆ
3. **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** หมายถึง ความสามารถในด้านต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสังเกต การวัด การบันทึกข้อมูล การจัดกระทำกับข้อมูล การแปลความหมายข้อมูล การสรุป การสร้างและทดสอบสมมุติฐาน และการแก้ปัญหา
4. **การนำไปใช้** หมายถึง ความสามารถในการประยุกต์หลักการ เทคนิค แนวคิด หรือทฤษฎีต่างๆ ไปในชีวิตประจำวัน ในสถานการณ์ใหม่ หรือที่แตกต่างไปจากเดิมที่เคยเรียนรู้อยู่มาแล้ว

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง
นางสาวอารยา ปาละโชติ
นิสิตปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

แบบประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อ	พฤติกรรมที่วัด	ระดับความคิดเห็น			ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
1	การนำไปใช้				
2	ความเข้าใจ				
3	ความรู้-ความจำ				
4	ทักษะ กบก.				
5	ความรู้-ความจำ				
6	ทักษะ กบก.				
7	ความเข้าใจ				
8	ความเข้าใจ				
9	ทักษะ กบก.				
10	ทักษะ กบก.				
11	การนำไปใช้				
12	ความเข้าใจ				
13	ทักษะ กบก.				
14	ความรู้-ความจำ				
15	ความรู้-ความจำ				
16	ความรู้-ความจำ				
17	ความเข้าใจ				
18	ความเข้าใจ				
19	ความรู้-ความจำ				
20	ทักษะ กบก.				
21	ทักษะ กบก.				
22	ทักษะ กบก.				
23	ความรู้-ความจำ				
24	ความเข้าใจ				
25	การนำไปใช้				

ผู้ประเมิน.....
วันที่.....

**แบบทดสอบวัดทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์
สำหรับนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 3 (ม.1 – ม.3)**

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีจำนวน 8 ข้อ ใช้เวลาทำ 30 นาที
2. ข้อที่ 1-6 ให้นักเรียนพิจารณาคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในตัวข้อสอบและเขียนอธิบายเหตุผลสำหรับคำตอบที่เลือก
3. ข้อที่ 7-8 ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในช่องว่างและเขียนอธิบายเหตุผลสำหรับคำตอบ
4. ให้นักเรียนส่งคืนแบบทดสอบให้กรรมการคุมสอบทันทีเมื่อหมดเวลา
5. ให้เขียนชื่อ-นามสกุล ชั้น เลขที่ ลงในแบบทดสอบให้เรียบร้อย

ชื่อ-นามสกุล

ชั้น เลขที่

1. การศึกษาการละลายของสีผสมอาหารโดยเติมสีผสมอาหารลงในตัวทำละลายที่อยู่ในบีกเกอร์ ด้านล่างจนกระทั่งไม่ละลายอีกต่อไป (ตัวทำละลายในแต่ละบีกเกอร์มีปริมาตร 50 cm^3 เท่ากัน)



น้ำกลั่นอุณหภูมิ 15°C
บีกเกอร์ที่ 1



น้ำกลั่นอุณหภูมิ 70°C
บีกเกอร์ที่ 2



เอทานอลอุณหภูมิ 70°C
บีกเกอร์ที่ 3

การศึกษาว่าอุณหภูมิมีผลต่อการละลายของสีผสมอาหารหรือไม่ จะต้องเลือกบีกเกอร์ใดมาเปรียบเทียบตามที่ตั้งจุดมุ่งหมายไว้

ก. 1 และ 2

ข. 2 และ 3

ค. 1 และ 3

จงอธิบายเหตุผลสำหรับคำตอบที่เลือก

.....

.....

.....

.....

.....

2. การวิเคราะห์ปริมาณเกลือในน้ำทะเลหาดบางแสน โดยเก็บตัวอย่างน้ำปริมาตรเท่ากัน เวลาและสถานที่เดียวกันมา 3 ตัวอย่าง นำไประเหยและชั่งเกลือที่ได้ ผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

ตัวอย่างที่	ปริมาณเกลือ (%โดยน้ำหนัก)
1	2.65
2	2.65
3	2.50

จากผลการวิเคราะห์ นักเรียนจะสรุปว่าน้ำทะเลหาดบางแสนมีปริมาณเกลืออยู่ที่ % โดยน้ำหนัก

ก. 2.50

ข. 2.55

ค. 2.60

ง. 2.65

จงอธิบายเหตุผลสำหรับคำตอบที่เลือก

.....

.....

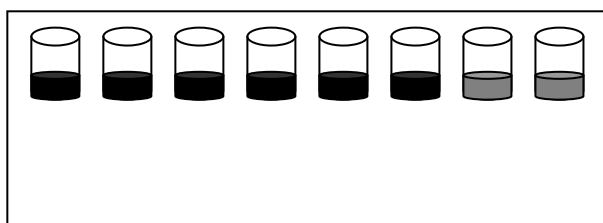
.....

.....

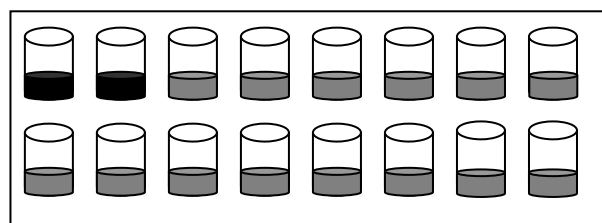
.....

จงใช้ข้อมูลการทดลองต่อไปนี้เพื่อตอบคำถามข้อที่ 3-4

การทดสอบความเป็นกรด-เบสของดินบริเวณหน้าบ้านและหลังบ้านโดยเก็บดินบริเวณหน้าบ้าน 8 จุด และบริเวณหลังบ้าน 16 จุด จุดละประมาณ 5 กรัม ใส่ลงในปิกรเกอร์ เติมน้ำลงไป 10 cm^3 เขย่าแล้วทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสทั้งสองสี ได้ผลดังภาพ



ดินบริเวณหน้าบ้าน



ดินบริเวณหลังบ้าน

กำหนดให้



แทนดินที่เป็นกรด และ



แทนดินที่เป็นเบส

3. ถ้าดินบริเวณหลังบ้านมีสัดส่วนของดินที่เป็นกรดต่อดินที่เป็นเบสเท่ากับดินบริเวณหน้าบ้าน ดินบริเวณหลังบ้านจะมีดินที่เป็นกรดกี่ปิกรเกอร์

ก. 6

ข. 8

ค. 12

ง. 14

จงอธิบายเหตุผลสำหรับคำตอบที่เลือก

.....

.....

.....

.....

.....

4. ถ้าเก็บตัวอย่างดินบริเวณหลังบ้านมาตรวจสอบทั้งหมด 24 จุด จะมีดินที่เป็นกรดกี่จุด

ก. 2

ข. 3

ค. 6

ง. 7

จงอธิบายเหตุผลสำหรับคำตอบที่เลือก

.....

.....

.....

.....

.....

5. การศึกษาการสกัดน้ำมันจากงาดำและงาขาวโดยนำงา 50 กรัม มาสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ ดังภาพ

บีกเกอร์ที่ 1



งาดำสกัดด้วยเฮกเซน

บีกเกอร์ที่ 2



งาดำสกัดด้วยโทลูอีน

บีกเกอร์ที่ 3



งาขาวสกัดด้วยโทลูอีน

ถ้าต้องการเปรียบเทียบว่าตัวทำละลายชนิดใดสามารถสกัดน้ำมันงาได้มากกว่า จะต้องเลือกบีกเกอร์ใดมาเปรียบเทียบตามที่ตั้งจุดมุ่งหมายไว้

ก. 1 และ 2

ข. 2 และ 3

ค. 1 และ 3

จงอธิบายเหตุผลสำหรับคำตอบที่เลือก

.....

.....

.....

.....

6. นักเรียน 4 คน วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีในฝรั่งด้วยวิธีการเดียวกัน แต่จำนวนครั้งของการวิเคราะห์แตกต่างกันออกไป การวิเคราะห์แต่ละครั้งใช้ฝรั่งสด 100 กรัม ผลการวิเคราะห์และการนำเสนอผลการวิเคราะห์ของนักเรียนทั้ง 4 คนเป็นดังนี้

คนที่	จำนวนครั้งที่วิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์ (มิลลิกรัม)	สรุปผลการวิเคราะห์
1	1	160	ในฝรั่ง 100 กรัม มีวิตามินซี 160 มก.
2	3	156, 158, 160	ในฝรั่ง 100 กรัม มีวิตามินซี 158 มก.
3	3	150, 151, 168	ในฝรั่ง 100 กรัม มีวิตามินซี 168 มก.
4	2	163, 170	ในฝรั่ง 100 กรัม มีวิตามินซี 170 มก.

นักเรียนคิดว่าข้อสรุปของนักเรียนคนใดน่าเชื่อถือที่สุด

ก. คนที่ 1

ข. คนที่ 2

ค. คนที่ 3

ง. คนที่ 4

จงอธิบายเหตุผลสำหรับคำตอบที่เลือก

.....

.....

.....

.....

7. ทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ย A และ B โดยผสมปุ๋ยกับดินก่อนปลูกพืชและหวานเมล็ดพืชลงไป 30 เมล็ดในแต่ละแปลง เมื่อเวลาผ่านไป 3 สัปดาห์ ผลการทดสอบเป็นดังนี้

แปลงพืช	จำนวนต้นพืชที่เหลืออยู่ในแปลง	
	ต้นที่เจริญเติบโตดี	ต้นที่ล้มต้นลีบ ไม่มีใบ
แปลงที่ผสมปุ๋ยชนิด A	8	20
แปลงที่ผสมปุ๋ยชนิด B	17	3

นักเรียนคิดว่าปุ๋ยชนิดใดเหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืชชนิดนี้.....

จงอธิบายเหตุผลสำหรับคำตอบ

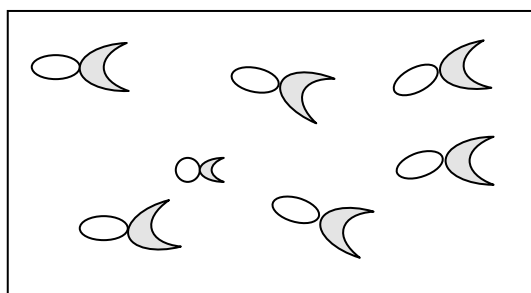
.....

.....

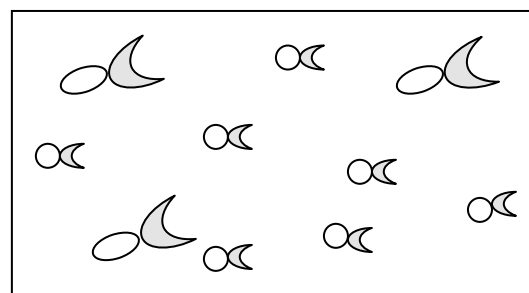
.....

.....

8. ทดสอบสภาพความเป็นกรด-เบสของน้ำต่อการเจริญเติบโตของปลาทอง โดยเลี้ยงปลาทองในตู้ ที่มีสภาพเป็นกรดอ่อนและเบสอ่อน ตู้ละ 10 ตัว เมื่อเวลาผ่านไป 3 เดือน ผลการทดสอบเป็นดังนี้



น้ำที่มีสภาพเป็นกรดอ่อน



น้ำที่มีสภาพเป็นเบสอ่อน

กำหนดให้  แทนปลาที่เจริญเติบโตได้ดี

 แทนปลาที่แคระแกรน

นักเรียนคิดว่าสภาพน้ำแบบใดที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาทอง.....

จงอธิบายเหตุผลสำหรับคำตอบ

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การประเมินแบบทดสอบวัดทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	คะแนน	เกณฑ์การประเมิน	ตัวอย่างคำตอบ
1	เลือกตอบ	1	ตอบ ก. 1 และ 2
	เติมคำ	2	นักเรียนระบุตัวแปรต้นและตัวแปรควบคุมของการศึกษาได้อย่างถูกต้อง (ถูกทั้ง 2 อย่าง)
		1	นักเรียนระบุตัวแปรต้นหรือตัวแปรควบคุมของการศึกษาได้อย่างถูกต้อง (อย่างใดอย่างหนึ่ง)
		0	นักเรียนให้เหตุผลที่ไม่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาตัวแปรของการศึกษา หรือไม่อธิบายเหตุผล
2	เลือกตอบ	1	ตอบ ค. 2.60%
	เติมคำ	2	นักเรียนใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยจากผลการศึกษาทดลองทั้งหมดที่ให้มา
		1	-
		0	นักเรียนให้เหตุผลที่ไม่เกี่ยวข้องกับการหาค่าเฉลี่ยของการศึกษาทดลองทั้งหมดที่ให้มา หรือไม่อธิบายเหตุผล
3	เลือกตอบ	1	ตอบ ค. 12
	เติมคำ	2	นักเรียนระบุสัดส่วนของดินที่เป็นกรดต่อดินที่เป็นเบสบริเวณหน้าบ้านได้อย่างถูกต้อง และประยุกต์สัดส่วนดังกล่าวเพื่อหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง
		1	นักเรียนประยุกต์สัดส่วนของดินที่เป็นกรดต่อดินที่เป็นเบสบริเวณหน้าบ้านเพื่อหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ระบุสัดส่วนดังกล่าวไว้อย่างชัดเจน
		0	นักเรียนให้เหตุผลที่ไม่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาสัดส่วนของดินที่เป็นกรดต่อดินที่เป็นเบสบริเวณหน้าบ้านเพื่อหาคำตอบ หรือไม่อธิบายเหตุผล

เกณฑ์การประเมินแบบทดสอบวัดทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ข้อที่	คะแนน	เกณฑ์การประเมิน	ตัวอย่างคำตอบ
4	เลือกตอบ	1	ตอบ ข. 3
	เติมคำ	2	นักเรียนระบุสัดส่วนของดินที่เป็นกรดต่อดินที่เป็นเบสบริเวณหลังบ้านได้อย่างถูกต้อง และประยุกต์สัดส่วนดังกล่าวเพื่อหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง
		1	นักเรียนประยุกต์สัดส่วนของดินที่เป็นกรดต่อดินที่เป็นเบสบริเวณหลังบ้านเพื่อหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ระบุสัดส่วนดังกล่าวไว้อย่างชัดเจน
		0	นักเรียนให้เหตุผลที่ไม่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาสัดส่วนของดินที่เป็นกรดต่อดินที่เป็นเบสบริเวณหลังบ้านเพื่อหาคำตอบหรือไม่อธิบายเหตุผล
5	เลือกตอบ	1	ตอบ ก. 1 และ 2
	เติมคำ	2	นักเรียนสามารถระบุตัวแปรต้นและตัวแปรควบคุมของการศึกษาได้อย่างถูกต้อง (ถูกต้อง 2 อย่าง)
		1	นักเรียนสามารถระบุตัวแปรต้นหรือตัวแปรควบคุมของการศึกษาได้อย่างถูกต้อง (อย่างใดอย่างหนึ่ง)
		0	นักเรียนระบุเหตุผลที่ไม่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาตัวแปรของการศึกษา หรือไม่ตอบคำถาม
6	เลือกตอบ	1	ตอบ ข. คนที่ 2
	เติมคำ	2	นักเรียนกล่าวถึงการทดลองซ้ำเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของการศึกษาทดลองและหาค่าเฉลี่ยผลการศึกษาทั้งหมดเพื่อตอบคำถาม
		1	นักเรียนกล่าวถึงการทดลองซ้ำเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของการศึกษาทดลอง แต่ไม่หาค่าเฉลี่ยผลการศึกษาทั้งหมดเพื่อตอบคำถาม
		0	นักเรียนให้เหตุผลที่ไม่เกี่ยวข้องกับการทดลองซ้ำเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของการศึกษาทดลองและการหาค่าเฉลี่ยผลการศึกษาทั้งหมด หรือไม่อธิบายเหตุผล

เกณฑ์การประเมินแบบทดสอบวัดทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ข้อที่	คะแนน	เกณฑ์การประเมิน	ตัวอย่างคำตอบ
7	เลือกตอบ	1	ตอบ ปุ๋ยชนิด B
	เติมคำ	2	นักเรียนระบุถึงปัจจัยหลักที่ต้องการพิจารณาและเปรียบเทียบผลการศึกษาทดลองโดยใช้ปัจจัยดังกล่าว
		1	นักเรียนระบุถึงปัจจัยหลักที่ต้องการพิจารณาแต่ไม่แสดงการเปรียบเทียบผลการศึกษาทดลองไว้อย่างชัดเจน
		0	นักเรียนให้เหตุผลที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลักที่ต้องการพิจารณาและการเปรียบเทียบผลการศึกษาทดลองโดยใช้ปัจจัยดังกล่าวหรือไม่อธิบายเหตุผล
8	เลือกตอบ	1	ตอบ กรดอ่อน
	เติมคำ	2	นักเรียนระบุถึงปัจจัยหลักที่ต้องการพิจารณาและเปรียบเทียบผลการศึกษาทดลองโดยใช้ปัจจัยดังกล่าว
		1	นักเรียนระบุถึงปัจจัยหลักที่ต้องการพิจารณาแต่ไม่แสดงการเปรียบเทียบผลการศึกษาทดลองไว้อย่างชัดเจน
		0	นักเรียนให้เหตุผลที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลักที่ต้องการพิจารณาและการเปรียบเทียบผลการศึกษาทดลองโดยใช้ปัจจัยดังกล่าวหรือไม่อธิบายเหตุผล

ตารางวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้สำหรับการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จุดประสงค์การเรียนรู้	ความรู้- ความจำ	ความ เข้าใจ	ทักษะ กบก.	การ นำไปใช้
สารและการจำแนกสาร (6 ข้อ)				
1. ตรวจสอบและอธิบายสมบัติทางกายภาพของสารโดยใช้วิธีการที่กำหนดให้ได้				/ (1)
2. อธิบายสมบัติและยกตัวอย่างสารเนื้อเดียวและสารเนื้อผสมที่พบในชีวิตประจำวันได้		/ (2)		
3. ตรวจสอบขนาดอนุภาคของสารโดยใช้วิธีการที่กำหนดให้ได้	/ (3)			
4. จัดกลุ่มสารได้เป็นสารแขวนลอย คอลลอยด์และสารละลาย โดยพิจารณาขนาดอนุภาคของสารเป็นเกณฑ์			/ (4)	
5. อธิบายสมบัติและยกตัวอย่างสารแขวนลอย คอลลอยด์ และสารละลายที่พบในชีวิตประจำวันได้	/ (5)			
สารละลาย (9 ข้อ)				
6. ตรวจสอบและอธิบายความสามารถในการละลายของสารตามชนิดของตัวละลาย ชนิดของตัวทำละลาย และอุณหภูมิโดยใช้วิธีการที่กำหนดให้ได้			/ (6)	
7. อธิบายความหมายของตัวละลายและตัวทำละลายได้		/ (7)		
8. ยกตัวอย่างสารละลายที่อยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลว และก๊าซได้		/ (8)		
9. อธิบายเกี่ยวกับสภาพการละลายได้ของสาร และสารละลายอิ่มตัวได้			/ (9)	
10. เตรียมสารละลายและสารละลายเจือจางโดยใช้วิธีการที่กำหนดให้ได้			/ (10)	/ (11)
11. บอกความหมายของคำว่า ความเข้มข้นของสารละลาย ร้อยละโดยมวลต่อมวล ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร และส่วนในพันส่วน (ppt) ได้		/ (12)		
12. คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายที่เตรียมได้ในหน่วยส่วนในพันส่วน (ppt) ได้			/ (13)	

ตารางวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้สำหรับการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ต่อ)

จุดประสงค์ของการเรียนรู้	ความรู้- ความจำ	ความ เข้าใจ	ทักษะ กบก.	การ นำไปใช้
การแยกสาร (6 ข้อ)				
13. อธิบายหลักการแยกสารโดยการตกผลึก การสกัดด้วยตัวทำละลาย การกลั่นด้วยไอน้ำ การกลั่น และโครมาโทกราฟีกระดาษได้	/ (14)			
14. ยกตัวอย่างการนำหลักการแยกสารไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	// (15,16)			
15. ทดลองและประยุกต์ใช้หลักการแยกสารโดยการตกผลึก การสกัดด้วยตัวทำละลาย การกลั่นด้วยไอน้ำ การกลั่น และโครมาโทกราฟีกระดาษได้		// (17,18)		
สารละลายกรด-เบส (9 ข้อ)				
16. ตรวจสอบและอธิบายสมบัติของสารละลายกรด-เบสได้	/ (19)		/ (20)	
17. ตรวจสอบหาค่า pH ของสารละลายกรด-เบสโดยใช้อินดิเคเตอร์ได้			/ (21)	
18. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับสมบัติความเป็นกรด-เบสของสารละลายได้			/ (22)	
19. อธิบายความหมายของคำว่า ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ และ pH มิเตอร์ได้	/ (23)			
20. สืบเสาะตรวจสอบ และอธิบายสมบัติของสารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวันได้		/ (24)		
21. ยกตัวอย่างปฏิกิริยาของสารละลายกรด-เบสกับสารบางชนิดที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน				/ (25)
รวมทั้งสิ้น 25 ข้อ	7 ข้อ	7 ข้อ	8 ข้อ	3 ข้อ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
หน่วยการเรียนรู้เรื่อง สสารในชีวิตประจำวัน
สำหรับนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 3 (ม.1 – ม.3)

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีจำนวนทั้งหมด 25 ข้อ ให้เวลาทำ 30 นาที
2. ข้อสอบทั้งหมดเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบที่มีตัวเลือก 4 ตัว ก. ข. ค. และ ง.
ให้นักเรียนพิจารณาคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ ดังตัวอย่าง

ข้อ	ก	ข	ค	ง
0			X	

ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ขีดเครื่องหมาย = ทับคำตอบเดิม ดังตัวอย่าง

ข้อ	ก	ข	~~ค~~	ง
0	X		X	

3. ห้ามขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ ลงในแบบทดสอบฉบับนี้เป็นอันขาด หากต้องการทดเลขให้ทำในกระดาษทดที่แจกให้
4. ให้นักเรียนส่งคืนแบบทดสอบและกระดาษคำตอบให้กรรมการคุมสอบทันทีเมื่อหมดเวลา
5. ให้เขียนชื่อ-นามสกุล ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้เรียบร้อย

6. ตารางแสดงผลการผสมสาร A B C และ D กับน้ำกลั่นเป็นดังนี้

สาร	ผลการสังเกต
A + น้ำกลั่น	ได้ของเหลวใส สีฟ้า เป็นเนื้อเดียว
B + น้ำกลั่น	ได้ของเหลวใส ไม่มีสี เป็นเนื้อเดียว
C + น้ำกลั่น	ได้ของเหลวใส สีแดง มีตะกอน
D + น้ำกลั่น	ได้ของเหลวแยกตัวเป็นสองชั้น

จากข้อมูล สารใดไม่ละลายในน้ำกลั่น

၈. A
 ၉. C
 ၁၀. B
 ၁၁. D

7. ข้อความที่กล่าวถึงสารละลายข้อความใด**ไม่**เป็นจริง

- ก. จะต้องมีทั้งตัวทำละลาย และตัวละลายเสมอ
- ข. สารละลายอาจประกอบด้วยสารมากกว่าสองชนิดได้
- ค. อัตราส่วนของตัวละลาย และตัวทำละลายมีค่าคงที่เสมอ
- ง. เป็นสารเนื้อเดียวที่แยกตัวละลาย และตัวทำละลายออกจากกันได้

8. สารชุดใดต่อไปนี้จะจัดเป็นสารละลายทุกชนิด

- ก. เกลือแกง หิงเจอร์ไอโอดีน แก๊สหุงต้ม ข. เหยี่ยวบาบ น้าอัลดม อากาศ
ค. จุนสี น้าเชื่อม แก๊สออกซิเจน ง. ทองเหลือง น้าส้มสายชู แก๊สไฮโดรเจน

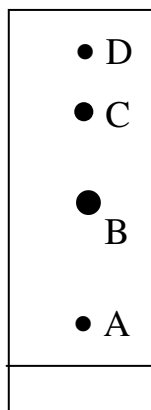
9. ตารางแสดงสภาพการละลายได้ของสารในน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ชนิดของสาร	ปริมาณสาร (g)	ปริมาณน้ำ (cm ³)
A	10	200
B	6	600
C	10	500
D	5	250

จากข้อมูล สารใดมีความสามารถในการละลายได้สูงที่สุด

၈. A
 ၉. C
 ၁၀. B
 ၁၁. D

17. การทดลองแยกสารชนิดหนึ่งโดยวิธีโครมาโทกราฟีกระดาษได้ผลตามรูป ข้อสรุปใดเป็นจริง



- ก. สาร A และ D เป็นสารชนิดเดียวกัน
- ข. ลำดับการถูกดูดซับของสาร $D > C > B > A$
- ค. สารที่นำมาแยกมีสารผสมกันอย่างน้อย 4 ชนิด
- ง. ลำดับความสามารถในการละลายของสาร $A > B$

18. สาร A เป็นของเหลวสีแดง เมื่อนำมากลั่นจะเดือดที่ 89°C จะได้ของเหลวไม่มีสี มีกลิ่นฉุน และมีของแข็งสีแดงอยู่ในขวดกลั่น จากข้อมูลดังกล่าวจะสรุปเกี่ยวกับสาร A ได้อย่างไร

- ก. สาร A เป็นสารละลายของของแข็งสีแดงในน้ำ
- ข. สาร A เป็นสารละลายของของเหลวสีแดงในน้ำ
- ค. สาร A เป็นสารละลายของของแข็งสีแดงในของเหลวที่ไม่ใช่ น้ำ
- ง. สาร A เป็นสารละลายของของเหลวสีแดงในของเหลวที่ไม่ใช่ น้ำ

19. สมบัติของสารละลายเบสเป็นอย่างไร

- ก. มีรสเปรี้ยว
- ข. มีรสฝาด ลื่นมือคล้ายสบู่
- ค. ทำปฏิกิริยากับหินปูน ได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
- ง. เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง

20. การทดสอบของเหลวชนิดหนึ่งด้วยกระดาษลิตมัส พบว่ากระดาษลิตมัสทั้งสีแดงและสีน้ำเงินไม่เปลี่ยนสี เมื่อนำตะปูใส่ลงในของเหลวนี้ จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

- ก. ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง
- ข. เกิดฟองแก๊สไฮโดรเจน
- ค. เกิดตะกอนคลอไรด์ของตะปู
- ง. เกิดฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

**เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
หน่วยการเรียนรู้เรื่อง สสารในชีวิตประจำวัน**

ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
1.	ง	14.	ก
2.	ก	15.	ค
3.	ง	16.	ง
4.	ข	17.	ค
5.	ง	18.	ค
6.	ง	19.	ข
7.	ค	20.	ก
8.	ข	21.	ข
9.	ก	22.	ง
10.	ค	23.	ก
11.	ข	24.	ค
12.	ง	25.	ง
13.	ค		

แบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

แบบสอบถามฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดเจตคติของนักเรียนต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ให้
นักเรียนอ่านข้อความต่อไปนี้แล้วเขียนเครื่องหมาย / ลงในช่องที่ตรงกับความเห็น ความรู้สึก
ของนักเรียน โดยมีระดับการประเมินดังนี้

- 5 หมายถึง เห็นด้วยเป็นอย่างยิ่ง
- 4 หมายถึง เห็นด้วย
- 3 หมายถึง เฉยๆ
- 2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย
- 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยเป็นอย่างยิ่ง

ขอให้นักเรียนตอบแบบสอบถามนี้ให้ครบถ้วนและตรงกับความเป็นจริง

ข้อ	รายการ	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	นักเรียนได้เรียนรู้สิ่งที่น่าสนใจจากบทเรียนวิทยาศาสตร์					
2	นักเรียนตั้งใจรอที่จะเรียนบทเรียนวิทยาศาสตร์					
3	บทเรียนวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าตื่นเต้น					
4	นักเรียนต้องการเรียนวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมที่โรงเรียน					
5	นักเรียนชอบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์มากที่สุด					
6	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่น่าเบื่อ					
7	นักเรียนพบว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ยาก					
8	นักเรียนไม่ถนัดเรียนวิชาวิทยาศาสตร์					
9	นักเรียนได้คะแนนดีในวิชาวิทยาศาสตร์					
10	นักเรียนเรียนรู้บทเรียนวิทยาศาสตร์ได้อย่างรวดเร็ว					
11	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่นักเรียนเรียนได้ดีที่สุดวิชาหนึ่ง					
12	นักเรียนรู้สึกว่าการเรียนวิทยาศาสตร์ไม่มีประโยชน์					
13	นักเรียนเข้าใจทุกเรื่องในวิชาวิทยาศาสตร์					
14	กิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าตื่นเต้น					
15	นักเรียนชอบทำกิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เพราะไม่รู้ว่าจะมีอะไรเกิดขึ้น					
16	กิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ดีเพราะได้ทำงานร่วมกับเพื่อนๆ					

ข้อ	รายการ	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
17	นักเรียนชอบกิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เพราะนักเรียนสามารถตัดสินใจด้วยตนเองว่าจะทำอะไร					
18	นักเรียนต้องการให้มีกิจกรรมภาคปฏิบัติในวิชาวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น					
19	นักเรียนเรียนรู้บทเรียนวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นเมื่อได้ทำกิจกรรมภาคปฏิบัติ					
20	นักเรียนตั้งใจรอที่จะทำกิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์					
21	กิจกรรมภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าเบื่อ					
22	นักเรียนต้องการเข้าร่วมชุมนุมวิทยาศาสตร์					
23	นักเรียนชอบดูรายการโทรทัศน์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์					
24	นักเรียนชอบไปพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์					
25	นักเรียนต้องการทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนอกสถานที่					
26	นักเรียนชอบอ่านนิตยสารหรือหนังสือเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์					
27	การเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งใหม่ๆ ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าตื่นเต้น					
28	นักเรียนต้องการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้นในอนาคต					
29	นักเรียนต้องการเรียนสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมหาวิทยาลัย					
30	นักเรียนต้องการทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์					
31	นักเรียนต้องการเป็นครูวิทยาศาสตร์					
32	นักเรียนต้องการเป็นนักวิทยาศาสตร์					
33	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสำคัญต่อสังคมของเรา					
34	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีช่วยทำให้การดำรงชีวิตง่ายและสะดวกสบายมากขึ้น					
35	ประโยชน์ที่ได้จากความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์มีมากกว่าผลเสีย					
36	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีส่วนช่วยขจัดความยากไร้					
37	มีสิ่งที่น่าสนใจแตกต่างกันทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกิดขึ้นมากมาย					

ชื่อ-นามสกุล

ชั้น เลขที่

แบบสำรวจชั้นเรียน

คำชี้แจง

แบบสำรวจฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลโดยรวมในห้องเรียนขณะที่ครูผู้สอนจัดการเรียนการสอนโดยใช้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สสารในชีวิตประจำวัน ที่สอดคล้องหลักการอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิค fading scaffold เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลของนักเรียน ผู้วิจัยจะเป็นผู้ประเมินโดยบันทึกผลการสังเกตตามประเด็นต่างๆ ที่กำหนดไว้ ดังนี้

1. บทบาทครู (บทบาทหน้าที่ของครูมีความเหมาะสมและเอื้อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดกิจกรรมที่ใช้เทคนิค fading scaffold หรือไม่)

.....

.....

.....

.....

.....

2. บทบาทนักเรียน (นักเรียนสามารถทำกิจกรรมตามโครงสร้างที่กำหนดไว้ได้หรือไม่ นักเรียนแต่ละคนมีปัญหาหรือความสามารถในการทำกิจกรรมแตกต่างกันอย่างไร)

.....

.....

.....

.....

.....

3. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ (กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ รวมถึงสื่อ/อุปกรณ์การเรียนรู้ และการวัดผลและประเมินผล ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาสาระได้ดีเพียงใด และควรมีการปรับกิจกรรมในส่วนใดเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีที่สุด)

.....

.....

.....

.....

.....

4. โครงสร้างกิจกรรมตามแนว fading scaffold (โครงสร้างกิจกรรมมีความชัดเจนและเหมาะสมหรือไม่
รูปแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับโครงสร้างกิจกรรมตามแนว fading scaffold เพียงใด)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (นักเรียนมีโอกาสนในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในช่วงใดบ้าง
ขณะที่นักเรียนอธิบายและตอบคำถามใดๆ นักเรียนใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองและหลักการทาง
วิทยาศาสตร์มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบของตนหรือไม่)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลสำรวจการจัดการเรียนรู้ตามแผนที่.....เรื่อง.....

ผู้ประเมิน.....

วันที่.....

แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่มีต่อหน่วยการเรียนรู้

คำชี้แจง

แบบสัมภาษณ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมความคิดเห็นของครูผู้สอนที่มีต่อหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สสารในชีวิตประจำวัน ที่สอดแทรกการอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิค fading scaffold เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลของนักเรียน ผู้วิจัยเป็นผู้สัมภาษณ์ครูผู้สอนและบันทึกข้อมูลลงในแบบสัมภาษณ์ฉบับนี้

1. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรต่อรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้เทคนิค fading scaffold

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ท่านคิดว่าครูมีบทบาทสำคัญต่อการจัดการเรียนการสอนตามแนว fading scaffold อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. นักเรียนแต่ละคนมีปัญหาหรือต้องการความช่วยเหลือขณะทำกิจกรรมตามโครงสร้างที่กำหนดไว้อย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. เมื่อนักเรียนมีโอกาสอธิบายหรือตอบคำถามใดๆ นักเรียนใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองและหลักการทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบของตนหรือไม่

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ท่านคิดว่ากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เทคนิค fading scaffold ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการสืบเสาะหาความรู้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. ท่านคิดว่ากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. ท่านคิดว่าควรมีการปรับบทบาทหน้าที่ของครูเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้นได้อย่างไร

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

8. ท่านคิดว่าควรมีการปรับปรุงแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ สื่อ/อุปกรณ์การเรียนรู้ และการวัดผลและประเมินผล เพื่อให้นักเรียนพัฒนาทักษะการสืบเสาะหาความรู้ได้ดียิ่งขึ้นอย่างไร

[illegible]

9. ท่านคิดว่าควรมีการปรับปรุงแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ สื่อ/อุปกรณ์การเรียนรู้ และการวัดผลและประเมินผล เพื่อให้นักเรียนพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้นอย่างไร

[illegible]

10. ท่านคิดว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนโดยใช้หน่วยการเรียนรู้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

11. ท่านมีความพึงพอใจต่อหน่วยการเรียนรู้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

12. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผู้ให้สัมภาษณ์.....

วันที่.....

APPENDIX E
The Learning Unit

หน่วยการเรียนรู้

สสารในชีวิตประจำวัน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ช่วงชั้นที่ 3 (ม.1 – ม.3)



คณะกรรมการที่ปรึกษา

โดย

รศ.ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย

ผศ.ดร.จินดา แต้มบรรจง

ดร.ปรีชาญ เดชศรี

นางสาวอารยา ปาละโชติ

นิสิตปริญญาการศึกษาดุษฎิบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คำนำ

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สสารในชีวิตประจำวัน ชุดนี้พัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมให้นักเรียน ได้พัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งถือว่ามีสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับโลกในยุคโลกา-ภิวัตน์ การเรียนเนื้อหาสาระในหน่วยการเรียนรู้ควบคู่ไปกับการสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ ข้อค้นพบ หลักฐานและการให้เหตุผล กล่าวคือการอธิบายข้อค้นพบใดๆ ที่ได้จากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้นั้น จำเป็นต้องอาศัยหลักฐานหรือข้อมูลที่ได้จากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เพื่อสนับสนุนข้อค้นพบดังกล่าวให้มีความน่าเชื่อถือ นอกจากนี้ ควรมีการให้เหตุผลโดยอาศัยหลักการทั่วไปทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อค้นพบ เพื่อแสดงให้เห็นว่าหลักฐานหรือข้อมูลที่ให้มานั้นมีความเหมาะสมที่จะนำมาสนับสนุนข้อค้นพบดังกล่าว การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ชุดนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคนิค fading scaffold ในการส่งเสริมกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ให้เป็นแบบปลายเปิด เพื่อให้ นักเรียนได้ฝึกคิดในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองมากยิ่งขึ้น และมีโอกาสฝึกทักษะการอธิบายโดยอาศัยความคิดของตนเองมากยิ่งขึ้นด้วย ซึ่งจะมีผลทำให้นักเรียนได้พัฒนาทั้งด้านความรู้ ทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ เป้าหมายสำคัญของการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สสารในชีวิตประจำวัน ก็เพื่อต้องการให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดเชิงเหตุผลซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในสังคมปัจจุบัน

ในคู่มือหน่วยการเรียนรู้ฉบับนี้จะได้กล่าวถึงสภาพปัญหาและความจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เป้าหมายของหน่วยการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง เนื้อหาสาระและความรู้เดิม กิจกรรมและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ความหมายของ scaffolding technique และโครงสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว fading scaffold technique ทั้งนี้ กิจกรรมทั้งหมดในหน่วยการเรียนรู้จะใช้เวลาทั้งสิ้น 23 คาบเรียน แต่ละกิจกรรมจะดำเนินไปตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E ที่สอดแทรกการอธิบายทางวิทยาศาสตร์และประยุกต์ใช้เทคนิค fading scaffold ในขั้นของการสำรวจหาข้อมูล ข้อสนเทศ และขั้นการอภิปรายและลงข้อสรุป

นางสาวอารยา ปาละโชติ
ผู้พัฒนาหน่วยการเรียนรู้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สภาพปัญหาและความจำเป็น.....	1
เป้าหมายของหน่วยการเรียนรู้	2
มาตรฐานการเรียนรู้	3
เนื้อหาสาระและความรู้พื้นฐาน.....	4
กิจกรรมและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง.....	6
ความหมายของ scaffolding technique.....	8
โครงสร้างกิจกรรมตามแนว fading scaffold technique.....	10
แผนการจัดการเรียนรู้.....	13
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1.....	14
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2.....	25
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3.....	37
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4.....	49
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5.....	59
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6.....	66
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7.....	72
เอกสารประกอบการเรียนรู้	

สภาพปัญหาและความจำเป็น

เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันต้องการให้นักเรียนได้พัฒนากระบวนการคิด ความสามารถในการเรียนรู้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการแก้ปัญหา และการคิดค้นสร้างองค์ความรู้ อย่างไรก็ตาม ผลจากการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มักจะเรียนแบบท่องจำจากตำราหรือสิ่งที่ครูอธิบายในชั้นเรียน นักเรียนเหล่านี้มักยอมรับองค์ความรู้ต่างๆ โดยปราศจากคำถามหรือข้อสงสัยใดๆ และมักเข้าใจว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ถูกค้นพบและทำการพิสูจน์ยืนยันมาแล้วโดยนักวิทยาศาสตร์ จึงเป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้ พฤติกรรมดังกล่าวส่งผลให้เห็นนอกชั้นเรียนด้วยเช่นกัน นั่นคือการยอมรับข้อมูลข่าวสารที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจากวิทยาการด้านต่างๆ ในปัจจุบันโดยปราศจากคำถามหรือข้อสงสัยใดๆ ดังนั้นควรมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของนักเรียนให้มีความสามารถในการคิด การตัดสินใจเลือกรับข้อมูลข่าวสารต่างๆ ที่เชื่อถือได้ ปัญหาดังกล่าวน่าจะลดลงได้โดยการเปลี่ยนรูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบปลายเปิดมากขึ้น ให้นักเรียนสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองในประเด็นที่ตนสนใจแทนการทำการทดลองตามคู่มือกิจกรรมที่นักเรียนไม่เข้าใจในหลักการและเหตุผลของแต่ละขั้นตอน รวมทั้งผลการทดลองที่เกิดขึ้น ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการทั้งทางด้านความรู้ ความคิด และทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ตามเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของการค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม การสืบเสาะหาความรู้แบบปลายเปิดนั้นไม่ใช่เรื่องง่าย นักเรียนจำเป็นต้องได้รับการฝึกฝนแบบค่อยเป็นค่อยไปในกำกับดูแลของครูผู้สอนที่จะถ่ายทอดกระบวนการคิด เทคนิค และวิธีการต่างๆ เพื่อไม่ให้นักเรียนรับภาระงานที่หนักเกินความสามารถของตน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนของกิจกรรมโดยเพิ่มความซับซ้อนของงานให้กับนักเรียนและลดการช่วยเหลือจากครูผู้สอนแบบค่อยเป็นค่อยไปตามลำดับเวลา เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาไปที่ละขั้นจนเกิดความชำนาญและสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองในที่สุด

เป้าหมายของหน่วยการเรียนรู้

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สสารในชีวิตประจำวัน ที่สอดคล้องกับการอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิค fading scaffold เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลของนักเรียน มีเป้าหมายสำคัญดังต่อไปนี้

1. เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานเรื่องสาร และการจำแนกสาร การแยกสาร สารละลายและสารละลายกรด-เบส
2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ธรรมชาติและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์
4. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
5. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์
6. เพื่อให้นักเรียนได้นำความรู้ความเข้าใจเรื่องสารและสมบัติของสาร การจำแนกสาร การแยกสาร สารละลาย และสารละลายกรด-เบส ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

มาตรฐานการเรียนรู้

เนื้อหาสาระของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สสารในชีวิตประจำวัน อยู่ในสาระที่ 3: สาร และสมบัติของสาร ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามมาตรฐานการเรียนรู้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ดังนี้

มาตรฐาน ว 3.1 : เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และ จิตวิทยาศาสตร์ สืบสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 : เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิด สารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และ จิตวิทยาศาสตร์ สืบสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สำหรับเนื้อหาในส่วนที่เลือกมานั้นจัดอยู่ในมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) ดังนี้

1. สังเกต สำนวจตรวจสอบ วิเคราะห์ อภิปรายสมบัติต่างๆ ของสาร จำแนกสารออกเป็น กลุ่มตามเนื้อสาร หรือขนาดของอนุภาค
2. สำนวจตรวจสอบ เปรียบเทียบ อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับหน่วยที่ใช้แสดงปริมาณ ของตัวละลายในตัวทำละลาย วิธีเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นตามหน่วยที่ กำหนดและนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน
3. สำนวจตรวจสอบและอธิบายหลักการแยกสารด้วยวิธีการกรอง การกลั่น การตกผลึก การสกัดและโครมาโทกราฟี และนำวิธีการแยกสารไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม
4. สำนวจตรวจสอบสารเนื้อเดียว อภิปราย และอธิบายสมบัติความเป็นกรด-เบสของ สารละลาย ค่า pH ของสารละลาย และการนำความรู้เกี่ยวกับกรด-เบสไปใช้ประโยชน์

เนื้อหาสาระและความรู้พื้นฐาน

เนื้อหาสาระ	ความรู้เดิม
สารและสมบัติของสาร สสารและสาร สมบัติทางกายภาพ	สสารรอบตัว ความหมายของสสารและสาร
การจำแนกสาร การจำแนกสารตามสถานะของสาร การจำแนกสารตามลักษณะเนื้อสาร - สารเนื้อเดียว - สารเนื้อผสม การจำแนกสารตามขนาดอนุภาคของสาร - สารแขวนลอย - คอลลอยด์ - สารละลาย	การจำแนกประเภทของสารในชีวิตประจำวัน สถานะของสาร ลักษณะของสารเนื้อเดียวและสารเนื้อผสม การกรองสารด้วยกระดาษกรอง
สารละลาย องค์ประกอบของสารละลาย การละลายของสาร - ปัจจัยที่มีผลต่อการละลาย การเตรียมสารละลาย - การเตรียมสารละลายที่ความเข้มข้นต่างๆ - การเตรียมสารละลายเจือจาง - ความเข้มข้นของสารละลาย	สถานะของสาร ลักษณะ และองค์ประกอบของสารละลาย การละลายของสาร ตัวละลายและตัวทำละลาย การวัดมวลและปริมาตรของสาร

เนื้อหา	ความรู้เดิม
การแยกสาร การตกผลึก การสกัดด้วยตัวทำละลาย การกลั่นด้วยไอน้ำ การกลั่น โครมาโทกราฟีกระดาษ	สารละลาย ผลของอุณหภูมิต่อการละลายของสาร การกรอง สารละลาย จุดเดือดของสาร การเปลี่ยนสถานะของสาร จุดเดือดของสาร การแพร่ของสาร สารละลาย
สารละลายกรด-เบส สมบัติของสารละลายกรด-เบส - สมบัติและปฏิกิริยาของสารละลายกรด - สมบัติและปฏิกิริยาของสารละลายเบส การตรวจสอบความเป็นกรด-เบส - pH ของสารละลายกรด-เบส - การเปลี่ยนสีอินดิเคเตอร์ของสารละลายกรด-เบส สารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวัน	สารละลาย การเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสของสารละลายกรด-เบส สารละลาย สมบัติของสารละลายกรด-เบส สมบัติของสารละลายกรด-เบส อินดิเคเตอร์สำหรับสารละลายกรด-เบส

กิจกรรมและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

กิจกรรม	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
กิจกรรมที่ 1 สมบัติทางกายภาพและการ จำแนกสารตามลักษณะเนื้อสาร	1) ตรวจสอบและอธิบายสมบัติทางกายภาพของสารโดยใช้วิธีการที่กำหนดให้ได้ 2) วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และจัดกลุ่มสารเป็นสารเนื้อเดียวและสารเนื้อผสม โดยใช้ลักษณะเนื้อสารเป็นเกณฑ์ได้ 3) อธิบายสมบัติและยกตัวอย่างสารเนื้อเดียวและสารเนื้อผสมที่พบในชีวิตประจำวันได้
กิจกรรมที่ 2 การตรวจสอบสมบัติของสาร แว่นลอย คอลลอยด์ และ สารละลาย	4) ตรวจสอบขนาดอนุภาคของสารโดยใช้วิธีการที่กำหนดให้ได้ 5) จัดกลุ่มสารเป็นสารแขวนลอย คอลลอยด์และสารละลายโดยใช้ขนาดอนุภาคของสารเป็นเกณฑ์ได้ 6) อธิบายสมบัติและยกตัวอย่างสารแขวนลอย คอลลอยด์และสารละลายที่พบในชีวิตประจำวันได้
กิจกรรมที่ 3 การละลายและปัจจัยที่มีผลต่อ การละลายของสาร	7) ตรวจสอบและอธิบายความสามารถในการละลายของสารตามชนิดของตัวละลาย ชนิดของตัวทำละลาย และอุณหภูมิโดยใช้วิธีการที่กำหนดให้ได้ 8) อธิบายความหมายของตัวละลายและตัวทำละลายได้ 9) ยกตัวอย่างสารละลายที่อยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลว และก๊าซได้ 10) อธิบายเกี่ยวกับสภาพการละลายได้ของสาร และสารละลายอิ่มตัวได้

กิจกรรม	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
กิจกรรมที่ 4 การเตรียมสารละลายและ สารละลายเจือจาง	11) เตรียมสารละลายและสารละลายเจือจางโดยใช้วิธีการที่กำหนดให้ได้ 12) บอกความหมายของคำว่า ความเข้มข้นของสารละลาย ร้อยละโดยมวลต่อมวล ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร และส่วนในพันส่วน (ppt) ได้ 13) คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายที่เตรียมได้
กิจกรรมที่ 5 การประยุกต์ใช้หลักการแยก สารในชีวิตประจำวัน	14) อธิบายหลักการแยกสารโดยการตกผลึก การสกัดด้วยตัวทำละลาย การกลั่นด้วยไอน้ำ การกลั่นและโครมาโทกราฟีกระดาษได้ 15) ยกตัวอย่างการนำหลักการแยกสารไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ 16) ทดลองและสามารถประยุกต์หลักการแยกสารโดยการตกผลึก การสกัดด้วยตัวทำละลาย การกลั่นด้วยไอน้ำ การกลั่น และโครมาโทกราฟีกระดาษได้
กิจกรรมที่ 6 สมบัติของสารละลายกรด-เบส	17) ตรวจสอบและอธิบายสมบัติของสารละลายกรด-เบสได้ 18) ตรวจสอบค่า pH ของสารละลายกรด-เบสได้ 19) อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับสมบัติความเป็นกรด-เบสของสารละลายได้ 20) อธิบายความหมายของคำว่า ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ และ pH มิเตอร์ได้
กิจกรรมที่ 7 สารละลายกรด-เบสใน ชีวิตประจำวัน	21) สืบเสาะตรวจสอบ และอธิบายสมบัติของสารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวันได้ 22) ยกตัวอย่างปฏิกิริยาของสารละลายกรด-เบสกับสารบางชนิดที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน 23) เสนอแนะวิธีการใช้สารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

ความหมายของ Scaffolding Technique

Scaffolding technique หมายถึง เทคนิคการให้ความช่วยเหลือเพื่อลดความซับซ้อนของการทำงานหรือการแก้ปัญหาโดยผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญมากกว่า เช่น ครูผู้สอน ความซับซ้อนของงานหรือปัญหาที่มอบหมายให้กับผู้เรียนจะต้องอยู่ในระดับที่เหนือขีดความสามารถของผู้เรียนและครูผู้สอนจะต้องคอยวิเคราะห์ว่าผู้เรียนมีปัญหา ขอบกพร่อง หรือต้องการความช่วยเหลือใดๆ ในการทำงานหรือการแก้ปัญหานั้น จากนั้นจะให้คำแนะนำหรือความช่วยเหลือในรูปแบบต่างๆ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาหรือทำงานนั้นๆ ได้สำเร็จ เทคนิคนี้ประกอบด้วย 2 ลักษณะด้วยกันคือ

1. Fading scaffold technique เป็นการให้ความช่วยเหลือที่มีการปรับเพิ่มระดับความซับซ้อนของงานและการปรับลดการช่วยเหลือจากผู้รู้แบบค่อยเป็นค่อยไป โดยในระยะเริ่มต้นผู้เรียนจะรับผิดชอบงานที่มีความซับซ้อนไม่มากและครูผู้สอนจะคอยให้การช่วยเหลือหรือคำแนะนำเพื่อเป็นต้นแบบทางความคิดในการทำงานหรือการแก้ปัญหาในส่วนที่มีความซับซ้อนมากขึ้น จากนั้นครูจะถอนการช่วยเหลือดังกล่าวออกมาทีละน้อยเพื่อให้ผู้เรียนได้รับผิดชอบงานที่มีความซับซ้อนเพิ่มมากขึ้นแบบค่อยเป็นค่อยไป ทำให้ผู้เรียนต้องคิดย้อนกลับถึงวิธีการแก้ปัญหาในส่วนที่มีความซับซ้อนเพิ่มมากขึ้นและแก้ปัญหาหรือทำงานนั้นให้สำเร็จด้วยตนเอง หลังจากนั้น เมื่อผู้เรียนต้องรับผิดชอบงานในลักษณะดังกล่าวอีกครั้ง ผู้เรียนจะมีความชำนาญ สามารถคิดและแก้ปัญหาทั้งหมดได้ด้วยตนเอง

2. Non-fading scaffold technique เป็นการให้ความช่วยเหลือที่ไม่มีการปรับระดับทั้งในด้านความซับซ้อนของงานและการให้ความช่วยเหลือจากครูผู้สอน ผู้เรียนทำงานที่มีระดับความซับซ้อนเท่าเดิมเสมอ ขณะที่ครูจะคอยให้การช่วยเหลือและคำแนะนำตลอดเวลาเช่นกัน นักเรียนไม่มีโอกาสที่จะฝึกแก้ปัญหาหรือทำงานนั้นๆ ด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนไม่มีพัฒนาการในการเรียนรู้ หลังจากนั้น เมื่อผู้เรียนต้องรับผิดชอบงานในลักษณะดังกล่าวอีกครั้ง ผู้เรียนจะไม่สามารถแก้ปัญหาหรือทำงานนั้นๆ ได้ด้วยตนเอง ครูจำเป็นต้องคอยให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำตลอดไป

การจัดกิจกรรมในหน่วยการเรียนรู้ชุดนี้เป็นแบบ fading scaffold โดยมีการปรับโครงสร้างของกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ในขั้นของการสำรวจหาข้อมูล ข้อเสนอแนะ และขั้นการอภิปรายและลงข้อสรุปตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E ทำให้บทบาทหน้าที่ของครูและนักเรียนในขั้นดังกล่าวแตกต่างกันไปในแต่ละกิจกรรม หน้าที่ที่นักเรียนต้องรับผิดชอบในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยชั้นย่อยๆ 6 ชั้น ซึ่งนักเรียนจะต้องรับผิดชอบและทำหน้าที่แต่ละชั้นที่มีความซับซ้อนเพิ่มมากขึ้นตามลำดับด้วยตนเอง กล่าวคือกิจกรรมแรกจะเริ่มจากครูเป็นผู้กำหนดโครงสร้างและเป็นผู้นำการทำกิจกรรมทั้งหมดตั้งแต่การกำหนดประเด็นหรือคำถามที่จะศึกษา การวางแผนและกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ การวางแผนและกำหนดรูปแบบในการบันทึกผล

และอภิปรายผลข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบ และการสรุปผล และนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบ หรือจัดว่าเป็นกิจกรรมประเภทการพิสูจน์กฎหรือทฤษฎี (verification) ซึ่งนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมควบคู่ไปกับการตามติดกระบวนการคิดที่เป็นลำดับขั้นของครูเพื่อเป็นต้นแบบความคิดของการดำเนินกิจกรรมในครั้งถัดไป หลังจากนั้นกิจกรรมต่อมาจะเปลี่ยนเป็นแบบปลายเปิดมากขึ้น (guided inquiry และ open-guided inquiry) โดยโครงสร้างต่างๆ ที่ครูเป็นผู้กำหนดหรือเป็นผู้นำการทำกิจกรรมจะลดลงทีละขั้นๆ ในที่สุดรูปแบบของกิจกรรมจะเปลี่ยนเป็นการสืบเสาะหาความรู้แบบปลายเปิด (open-ended inquiry) นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมทุกขั้นตอนด้วยตนเองในประเด็นที่ตนสนใจ โครงสร้างกิจกรรมตามแนว fading scaffold technique ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน เป็นดังนี้

โครงสร้างกิจกรรมตามแนว fading scaffold technique

ระยะ	กิจกรรม	บทบาทหน้าที่	
		ครู	นักเรียน
(คาบที่) ระยะที่ 1 (1-2)	ประเภทของกิจกรรมเป็นแบบ Verification <u>กิจกรรมที่ 1</u> สมบัติทางกายภาพและการจำแนก สารตามลักษณะเนื้อสาร	กำหนดและควบคุมการทำกิจกรรมของนักเรียน ให้คำปรึกษา โดยมีหน้าที่หลัก ดังนี้ - กำหนดประเด็นหรือคำถามที่จะศึกษา - วางแผนและกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ - วางแผนและกำหนดรูปแบบในการบันทึกผลและ อภิปรายผลข้อมูล - นำวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการสำรวจ ตรวจสอบ - สรุปผลและนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบ	ทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดในบทเรียน
 ระยะที่ 2 (3-5)	ประเภทของกิจกรรมเป็นแบบ Guided Inquiry <u>กิจกรรมที่ 2</u> การตรวจสอบสมบัติของสาร แขวนลอย คอลลอยด์ และสารละลาย	กำหนดและควบคุมการทำกิจกรรมของนักเรียน ให้คำปรึกษา โดยมีหน้าที่หลัก ดังนี้ - กำหนดประเด็นหรือคำถามที่จะศึกษา - วางแผนและกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ - วางแผนและกำหนดรูปแบบในการบันทึกผลและ อภิปรายผลข้อมูล - นำวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการสำรวจ ตรวจสอบ	ทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดในบทเรียน และเพิ่มบทบาท ในการสรุปผลและนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง

ระยะ	กิจกรรม	บทบาทหน้าที่	
		ครู	นักเรียน
(คาบที่) ระยะที่ 3 (6-8)	ประเภทของกิจกรรมเป็นแบบ Guided Inquiry <u>กิจกรรมที่ 3</u> การละลายและปัจจัยที่มีผลต่อการ ละลายของสาร	กำหนดและควบคุมการทำกิจกรรมของนักเรียน ให้คำปรึกษา โดยมีหน้าที่หลัก ดังนี้ - กำหนดประเด็นหรือคำถามที่จะศึกษา - วางแผนและกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ - วางแผนและกำหนดรูปแบบในการบันทึกผลและ อภิปรายผลข้อมูล	ทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดในบทเรียน และมีบทบาท เพิ่มเติม ดังนี้ - วิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบ - สรุปผลและนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบด้วย ตนเอง
ระยะที่ 4 (9-14)	ประเภทของกิจกรรมเป็นแบบ Guided Inquiry <u>กิจกรรมที่ 4</u> การเตรียมสารละลายและสารละลาย เจือจาง <u>กิจกรรมที่ 5</u> การประยุกต์ใช้หลักการแยกสารใน ชีวิตประจำวัน (ตอนที่ 1)	กำหนดและควบคุมการทำกิจกรรมของนักเรียน ให้คำปรึกษา โดยมีหน้าที่หลัก ดังนี้ - กำหนดประเด็นหรือคำถามที่จะศึกษา - วางแผนและกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ	ทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดในบทเรียน และมีบทบาท เพิ่มเติม ดังนี้ - วางแผนและกำหนดรูปแบบในการบันทึกผลและ อภิปรายผลข้อมูล - วิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบ - สรุปผลและนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบด้วย ตนเอง

ระยะ	กิจกรรม	บทบาทหน้าที่	
		ครู	นักเรียน
(คาบที่) ระยะที่ 5 (15-19)	ประเภทของกิจกรรมเป็นแบบ Open-guided Inquiry <u>กิจกรรมที่ 5</u> การประยุกต์ใช้หลักการแยกสารในชีวิตประจำวัน (ตอนที่ 2) <u>กิจกรรมที่ 6</u> สมบัติของสารละลายกรด-เบส	กำหนดและควบคุมการทำกิจกรรมของนักเรียน ให้คำปรึกษาโดยมีหน้าที่หลัก คือ กำหนดประเด็นหรือคำถามที่จะศึกษา	ทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดในบทเรียน และมีบทบาทเพิ่มเติม ดังนี้ - วางแผนและกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ - วางแผนและกำหนดรูปแบบในการบันทึกผลและอภิปรายผลข้อมูล - วิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบ - สรุปผลและนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง
ระยะที่ 6 (20-23)	ประเภทของกิจกรรมเป็นแบบ Open Inquiry <u>กิจกรรมที่ 7</u> สารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวัน	ควบคุมการทำกิจกรรมและให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	ทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดในบทเรียน และมีบทบาทเพิ่มเติม ดังนี้ - กำหนดประเด็นหรือคำถามที่จะศึกษา - วางแผนและกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ - วางแผนและกำหนดรูปแบบในการบันทึกผลและอภิปรายผลข้อมูล - วิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบ - สรุปผลและนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง

แผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

รายวิชา วิทยาศาสตร์ 1

ชั้น มัธยมศึกษาตอนต้น

ชื่อแผน สมบัติทางกายภาพและการจัดหมวดหมู่สารตามลักษณะเนื้อสาร

วันที่

เวลา 100 นาที

โครงสร้างกิจกรรม

กิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เป็นประเภท Verification จัดอยู่ในระยะที่ 1 ของโครงสร้างกิจกรรมตามแนว fading scaffold technique บทบาทหน้าที่ของครูและนักเรียนเป็นดังนี้

ครูมีบทบาทหน้าที่ในการกำหนดและควบคุมการทำกิจกรรมของนักเรียน ให้คำปรึกษา โดยมีหน้าที่หลักดังนี้ - กำหนดประเด็นหรือคำถามที่จะศึกษา - วางแผนและกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ - วางแผนและกำหนดรูปแบบในการบันทึกผลและอภิปรายผลข้อมูล - นำวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบ - สรุปผลและนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบ	นักเรียนมีบทบาทหน้าที่ในการทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดในบทเรียน

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. ตรวจสอบและอธิบายสมบัติทางกายภาพของสารโดยใช้วิธีการที่กำหนดให้ได้
2. วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และจัดกลุ่มสารเป็นสารเนื้อเดียวและสารเนื้อผสม โดยใช้ลักษณะเนื้อสารเป็นเกณฑ์ได้
3. อธิบายสมบัติและยกตัวอย่างสารเนื้อเดียวและสารเนื้อผสมที่พบในชีวิตประจำวันได้

ความรู้เดิม

ความรู้พื้นฐานสำหรับการเรียนรู้เรื่องนี้ประกอบด้วย

1. ความหมายของสาร
2. สถานะของสาร
3. การจำแนกประเภทของสารในชีวิตประจำวัน

สาระการเรียนรู้

สมบัติทางกายภาพของสารใช้แสดงถึงลักษณะภายนอกของสาร เช่น สถานะ รูปร่าง สี กลิ่น รส การละลาย จุดเดือด จุดหลอมเหลว การนำความร้อน การนำไฟฟ้า ความร้อนแฝง ความหนาแน่น ซึ่งแตกต่างกันตามแต่ชนิดของสาร สมบัติเหล่านี้ของสารช่วยในการจัดหมวดหมู่สารเพื่อความสะดวกในการศึกษา การจัดกลุ่มสารโดยใช้ลักษณะเนื้อสารเป็นเกณฑ์แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ สารเนื้อเดียว เป็นสารที่มีองค์ประกอบกลมกลืนเป็นเนื้อเดียวกัน สมบัติแต่ละส่วนเหมือนกันโดยตลอด เช่น น้ำเกลือ น้ำกลั่น ลูกเหม็น น้ำตาลทราย แอลกอฮอล์ เหล็ก และสารเนื้อผสม เป็นสารที่มีองค์ประกอบไม่กลมกลืนเป็นเนื้อเดียวกัน สมบัติแต่ละส่วนไม่เหมือนกันโดยตลอด เช่น พริกเกลือ แengจืด ดิน น้ำโคลน น้ำแข็งดิบ คอนกรีต

การเตรียมล่วงหน้า

1. นักเรียนแต่ละคนศึกษาและสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ และสิ่งที่อยากรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ เรื่อง สมบัติทางกายภาพของสารและการจัดหมวดหมู่สารโดยใช้ลักษณะเนื้อสารเป็นเกณฑ์ ลงในใบงานที่ 1.1 (รู้แล้ว อยากรู้อีก)
2. เตรียมสารตัวอย่างให้นักเรียนกลุ่มละ 2 ชนิดๆ ละ 1 cm^3 ใส่ในหลอดทดลองขนาดเล็ก (จัดไว้เป็นคู่ ดังนี้)
น้ำกลั่น และสารละลายยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์
น้ำส้มสายชู และสารละลายยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์
สารละลายไฮโดรเจนคาร์บอเนต (ผงฟู) และสารละลายยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์
3. เตรียมสารตัวอย่าง 10 ชนิดได้แก่ น้ำแข็งดิบ น้ำตาลทราย น้ำส้มสายชู พริกเกลือ น้ำเกลือ ข้าวผัด แป้งมัน ส้มตำ น้ำโคลน และน้ำมันพืช ใส่ในปิ๊กเกอร์ขนาด 50 cm^3 ชนิดละประมาณ 10 กรัมหรือ 10 cm^3 กลุ่มละ 1 ชุด

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ขั้นนำเข้าสู่กิจกรรม

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับสารตัวอย่าง 2 ชนิด สังเกตสารโดยใช้ประสาทสัมผัสต่างๆ และอธิบายสมบัติของสารทั้งสอง
2. นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าแต่ละกลุ่มได้รับสารชนิดเดียวกันหรือไม่ ทราบได้อย่างไร
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มผสมสารทั้งสองชนิดเข้าด้วยกัน และสังเกตการเปลี่ยนแปลง
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และอธิบายสมบัติของสารที่ได้จากการผสมสารทั้งสองโดยใช้ประสาทสัมผัสต่างๆ ให้เพื่อนในชั้นเรียนฟัง

2. ขั้นสำรวจหาข้อมูล ข้อสนเทศ (Verification, ระยะที่ 1)



1. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 1 เพื่อตรวจสอบลักษณะของสารตัวอย่าง 10 ชนิด และจัดกลุ่มสารโดยใช้ลักษณะเนื้อสารเป็นเกณฑ์
2. นักเรียนทำกิจกรรมตามวิธีการที่ครูกำหนดให้ โดยสังเกตลักษณะของสารตัวอย่างแต่ละชนิดเกี่ยวกับสถานะ รูปร่าง สี กลิ่น ลักษณะเนื้อสาร และบันทึกผลลงในแบบบันทึกที่กำหนดให้

3. ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป



1. ครูเป็นผู้นำการวิเคราะห์ข้อมูล และการอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบตามประเด็นต่อไปนี้
 - สารตัวอย่างแต่ละชนิดมีสมบัติเหมือนหรือต่างกันอย่างไร
 - มีสารตัวอย่างคู่ใดที่มีสมบัติเหมือนกันหมดทุกประการ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
 - สารตัวอย่างแต่ละชนิดมีลักษณะเนื้อสารที่เหมือนหรือต่างกันอย่างไร



2. ครูเป็นผู้สรุปผลการสำรวจตรวจสอบ และนำเสนอข้อสรุปที่ได้ต่อนักเรียน โดยอธิบายและยกตัวอย่างข้อมูลจากกิจกรรมการทดลองมาสนับสนุนข้อสรุปดังกล่าว



3. นักเรียนซักถามข้อสงสัย หรือเสนอแนะข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

4. ขั้นอธิบายเพิ่มเติมและลงรายละเอียด

1. นักเรียนร่วมกันอภิปรายประเด็นต่อไปนี้ พร้อมทั้งทำกิจกรรมในใบงานที่ 1.2 (การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของสาร)
 - ความหมายของสมบัติทางกายภาพของสาร
 - ความหมายของการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของสาร
2. นักเรียนร่วมกันอภิปรายประเด็นต่อไปนี้
 - เกณฑ์อื่นๆ ที่สามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการจัดกลุ่มสาร
 - การจัดกลุ่มสารโดยใช้เกณฑ์ต่างกัน แต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยสารชนิดเดียวกันหรือต่างกัน พร้อมให้ข้อมูลประกอบการอธิบาย
 - การที่สารแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน มีประโยชน์อย่างไร
 - ความหมายของสารเนื้อเดียวและสารเนื้อผสม พร้อมทั้งยกตัวอย่างสารเนื้อเดียวและสารเนื้อผสมที่พบในชีวิตประจำวัน

5. ขั้นประเมินการเรียนรู้

1. นักเรียนแต่ละคนแก้ไขหรือสรุปสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้เพิ่มเติมในใบงานที่ 1.1
2. นักเรียนร่วมกันถามและตอบคำถามที่ยังไม่ได้คำตอบจากใบงานที่ 1.1

สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการเรียนหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สสารในชีวิตประจำวัน (หน้า 1-4)
2. ใบงานที่ 1.1
3. ใบงานที่ 1.2
4. ใบกิจกรรมที่ 1
5. อุปกรณ์และสารเคมีของกิจกรรมที่ 1

แหล่งการเรียนรู้

-

การวัดผลและการประเมินผล

1. ตรวจใบงานที่ 1.1
2. ตรวจใบงานที่ 1.2
3. ตรวจใบกิจกรรมที่ 1

ชื่อ..... ชั้น.....
วันที่..... กลุ่มที่.....

กิจกรรมที่ 1 สมบัติทางกายภาพและการจัดหมวดหมู่สารตามลักษณะเนื้อสาร

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของสารตัวอย่าง
2. เปรียบเทียบลักษณะเนื้อสารของสารตัวอย่าง
3. จัดกลุ่มสารโดยใช้ลักษณะเนื้อสารเป็นเกณฑ์

สารเคมีและอุปกรณ์

1. น้ำแข็งดิบ
2. น้ำตาลทราย
3. น้ำส้มสายชู
4. พริกเกลือ
5. น้ำเกลือ
6. ข้าวผัด
7. ส้มตำ
8. แป้งมัน
9. น้ำโคลน
10. น้ำมันพืช
11. หลอดทดลองขนาดกลาง 10 หลอด
12. ที่ตั้งหลอดทดลอง 1 อัน

วิธีการทดลอง

สังเกตลักษณะของสารตัวอย่างแต่ละชนิดเกี่ยวกับสถานะ รูปร่าง สี กลิ่น ลักษณะเนื้อสาร และบันทึกผลลงในแบบบันทึกที่กำหนดให้

ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของสารตัวอย่าง 10 ชนิด

สารตัวอย่าง	ผลการสังเกต
น้ำแป้งดิบ	
น้ำตาลทราย	
น้ำส้มสายชู	
พริกเกลือ	
น้ำเกลือ	
ข้าวผัด	
แป้งมัน	
ส้มตำ	
น้ำโคลน	
น้ำมันพืช	

อภิปรายผลการทดลอง

1. สารตัวอย่างแต่ละชนิดมีสมบัติเหมือนหรือต่างกันอย่างไร ยกตัวอย่างประกอบ
2. มีสารตัวอย่างคู่ใดที่มีสมบัติเหมือนกันหมดทุกประการ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
3. สารตัวอย่างแต่ละชนิดมีลักษณะเนื้อสารที่เหมือนหรือต่างกันอย่างไร

สรุปผลการทดลอง

1. นักเรียนสรุปผลของกิจกรรมเกี่ยวกับสมบัติของสารได้อย่างไร
2. นักเรียนสรุปผลของการจัดกลุ่มสารโดยใช้ลักษณะเนื้อสารเป็นเกณฑ์ได้อย่างไร

ชื่อ.....ชั้น.....วันที่.....กลุ่มที่.....



ใบงานที่ 1.1 (รู้แล้ว อยากรู้อีก)

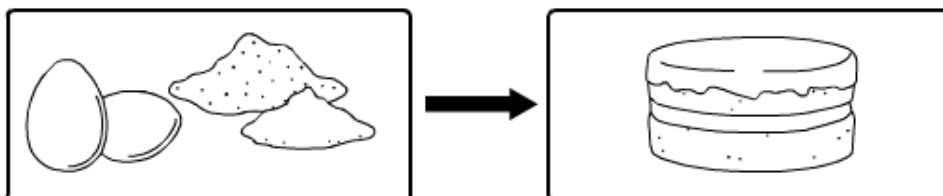
คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาบทเรียนหัวข้อ 1.1 - 2.2 (หน้า 1-4) แล้วสรุปความรู้ที่ได้และนำเสนอ
ในรูปแบบการสรุปความ รูปภาพพร้อมคำอธิบาย การ์ตูน แผนผังความคิดหรือเกมปริศนาอักษรไขว้
เป็นต้น พร้อมทั้งระบุคำถามหรือสิ่งที่นักเรียนอยากเรียนรู้เพิ่มเติม



ชื่อ.....ชั้น.....วันที่.....กลุ่มที่.....

ใบงานที่ 1.2 (การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของสาร)

คำชี้แจง ให้นักเรียนพิจารณาภาพด้านล่างแล้วตอบคำถาม

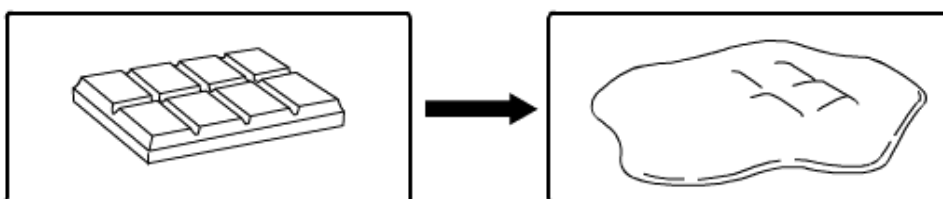


การอบขนมเค้กเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือไม่ จงอธิบายและให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

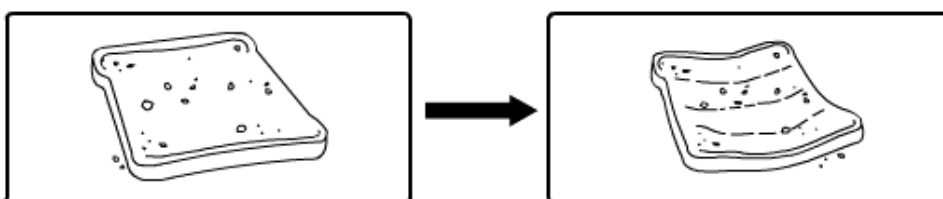


การละลายของน้ำแข็งเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือไม่ จงอธิบายและให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

.....



ขนมปังปิ้งเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือไม่ จงอธิบายและให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

ตัวอย่างอื่นๆ ของการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของสารที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน

.....

.....

แบบบันทึกผลหลังการสอน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมบัติทางกายภาพและการจัดหมวดหมู่สารตามลักษณะเนื้อสาร

ความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้

.....

.....

.....

2. ด้านเนื้อหา

.....

.....

.....

3. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ เวลา สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

.....

.....

.....

ผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน

1. ด้านความรู้ความสามารถ

.....

.....

.....

2. ด้านจิตวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

ครูผู้สอน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

รายวิชา วิทยาศาสตร์ 1

ชั้น มัธยมศึกษาตอนต้น

ชื่อแผน การตรวจสอบสมบัติของสารแขวนลอย คอลลอยด์ และสารละลาย

วันที่

เวลา 150 นาที

โครงสร้างกิจกรรม

กิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เป็นประเภท Guided Inquiry จัดอยู่ในระยะที่ 2 ของโครงสร้างกิจกรรมตามแนว fading scaffold technique บทบาทหน้าที่ของครูและนักเรียนเป็นดังนี้

ครูมีบทบาทหน้าที่ในการกำหนดและควบคุมการทำกิจกรรมของนักเรียน ให้คำปรึกษา โดยมีหน้าที่หลักดังนี้ - กำหนดประเด็นหรือคำถามที่จะศึกษา - วางแผนและกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ - วางแผนและกำหนดรูปแบบในการบันทึกผลและอภิปรายผลข้อมูล - นำวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบ	นักเรียนมีบทบาทหน้าที่ในการทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดในบทเรียน และเพิ่มบทบาทในการสรุปผลและนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. ตรวจสอบขนาดอนุภาคของสารโดยใช้วิธีการที่กำหนดให้ได้
2. จัดกลุ่มสารเป็นสารแขวนลอย คอลลอยด์ และสารละลาย โดยใช้ขนาดอนุภาคของสารเป็นเกณฑ์
3. อธิบายสมบัติและยกตัวอย่างสารแขวนลอย คอลลอยด์ และสารละลายที่พบในชีวิตประจำวันได้

ความรู้เดิม

ความรู้พื้นฐานสำหรับการเรียนรู้เรื่องนี้ประกอบด้วย

1. ลักษณะของสารเนื้อเดียวและสารเนื้อผสม
2. การกรองสารด้วยกระดาษกรอง

สาระการเรียนรู้

ในการจัดกลุ่มสารผสมที่มีอนุภาคของสารหนึ่งแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของอีกสารหนึ่งอย่างสม่ำเสมอ ตามขนาดอนุภาคของสารจะแบ่งสารได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. สารแขวนลอย เป็นสารที่ประกอบด้วยอนุภาคของแข็งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 10^{-4} cm. ลอยกระจายอยู่ในตัวกลางที่เป็นของเหลวหรือก๊าซ ถ้าอนุภาคมีขนาดใหญ่มากจะมองเห็นอนุภาคได้อย่างชัดเจน เมื่อตั้งทิ้งไว้จะตกตะกอน แต่ถ้าอนุภาคมีขนาดเล็กจะไม่ตกตะกอน ทำให้สารนั้นขุ่น อนุภาคของสารแขวนลอยที่เป็นของเหลวไม่สามารถกรองผ่านทั้งกระดาษกรองและกระดาษเซลโลเฟน ตัวอย่างของสารแขวนลอย เช่น น้ำแป้งดิบ น้ำแกงส้ม น้ำโคลน น้ำอบไทย

2. คอลลอยด์ เป็นสารที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 10^{-4} - 10^{-7} cm. ลอยกระจายในตัวกลางที่อาจเป็นของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ เราสามารถพบคอลลอยด์ได้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน เช่น นมสด น้ำสลัด น้ำแป้งสุก เมฆ หมอกควันไฟ ฝุ่นละอองในอากาศ อนุภาคของคอลลอยด์ที่เป็นของเหลวสามารถผ่านกระดาษกรองได้ แต่ไม่สามารถผ่านกระดาษเซลโลเฟน เมื่อตั้งทิ้งไว้จะไม่มีการตกตะกอน

3. สารละลาย เป็นสารที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10^{-7} cm. สารละลายอาจมีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ อนุภาคของสารละลายที่เป็นของเหลวสามารถผ่านทั้งกระดาษกรองและกระดาษเซลโลเฟน ตัวอย่างสารละลายได้แก่ น้ำเชื่อม น้ำเกลือ น้ำอัดลม น้ำส้มสายชู ทองเหลือง ก๊าซหุงต้ม อากาศ

การเตรียมล่วงหน้า

- นักเรียนแต่ละคนศึกษาและสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ และสิ่งที่อยากรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ เรื่อง การตรวจสอบสมบัติของสารแขวนลอย คอลลอยด์ และสารละลายลงในใบงานที่ 2.1 (รู้แล้ว อยากรู้อีก)
- เตรียมสารผสมระหว่างทรายและกรวดใส่ในปิកเกอร์ขนาด 250 cm^3 พร้อมทั้ง กระชอนและจานรอง กลุ่มละ 1 ชุด
- ตัดกระดาษเซลโลเฟน $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ กลุ่มละ 3 แผ่น
- เตรียมสารตัวอย่างให้กลุ่มละ 1 ชุด ดังนี้
น้ำแป้งดิบ ใช้แป้งมัน 2 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 50 cm^3 คนให้เข้ากัน
นมสด ผสมนมสด 2 cm^3 ในน้ำกลั่น 50 cm^3 คนให้เข้ากัน
น้ำแดง ผสมน้ำหวานสีแดง 1 cm^3 ในน้ำกลั่น 50 cm^3 คนให้เข้ากัน

*** ควรเตรียมสารตัวอย่างใหม่ทุกครั้งก่อนการทำกิจกรรม ***

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ขั้นนำเข้าสู่กิจกรรม

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาลักษณะเนื้อสารของสารผสมระหว่างทรายและกรวด จากนั้นร่อนของผสมโดยใช้กระชอน
2. นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับองค์ประกอบของสารผสมและเปรียบเทียบขนาดอนุภาคของสารองค์ประกอบ
3. นักเรียนพิจารณาสารที่เป็นของเหลว เช่น น้ำนมสดและน้ำแดง และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการตรวจสอบจำนวนและขนาดอนุภาคของสารองค์ประกอบ

2. ขั้นสำรวจหาข้อมูล ข้อสังเกต (Guided Inquiry, ระยะที่ 2)



1. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 2 เพื่อตรวจสอบขนาดอนุภาคของน้ำแป้งดิบ น้ำนมสด และน้ำแดง
2. นักเรียนทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดให้ ดังนี้
 - 1) ใช้แท่งแก้วคนสารตัวอย่างแต่ละชนิดและสังเกตลักษณะของเหลว บันทึกผลลงในแบบบันทึกที่กำหนดให้ ตั้งไว้ 5 นาที แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น บันทึกผล
 - 2) แบ่งสารตัวอย่างแต่ละชนิดออกเป็น 2 ส่วน
 - ส่วนที่หนึ่งนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง สังเกตสารที่ติดค้างอยู่บนกระดาษกรองและของเหลวที่ผ่านกระดาษกรอง บันทึกผล
 - ส่วนที่สองใส่ลงในบีกเกอร์ที่บุกระดาษเชลโลเฟนไว้ด้านใน รวบชายของกระดาษเชลโลเฟนผูกให้เป็นถุง ผูกปากให้แน่น เช็ดด้านนอกถุงให้สะอาด จับปากถุงให้ตั้งตรง เติมน้ำลงในบีกเกอร์โดยให้ระดับน้ำต่ำกว่าตำแหน่งที่ผูกปากถุงเล็กน้อย แช่ถุงเชลโลเฟนไว้ 10 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลง จากนั้นนำถุงเชลโลเฟนออกมาคลี่ดูด้านใน บันทึกผล

3. ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป



1. ครูเป็นผู้นำการวิเคราะห์ข้อมูล และการอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบตามประเด็นต่อไปนี้
 - ของเหลวทั้งสามชนิดมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร
 - เมื่อกรองสารแต่ละชนิดด้วยกระดาษกรองได้ผลเป็นอย่างไร แสดงให้เห็นถึงสิ่งใด
 - เมื่อกรองสารแต่ละชนิดด้วยถุงเชลโลเฟนได้ผลเป็นอย่างไร แสดงให้เห็นถึงสิ่งใด
 - นักเรียนสามารถจัดลำดับขนาดอนุภาคของสารทั้งสามชนิดจากใหญ่ไปหาเล็กได้อย่างไร



2. นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลการสำรวจตรวจสอบ และนำเสนอข้อสรุปที่ได้ต่อเพื่อนในชั้นเรียน โดยครูคอยกระตุ้นให้ผู้เรียนอธิบาย ยกตัวอย่างข้อมูลจากกิจกรรมและใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนข้อสรุปดังกล่าว



3. เพื่อนนักเรียนซักถามข้อสงสัย หรือเสนอแนะข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

4. ชั้นอธิบายเพิ่มเติมและลงรายละเอียด

นักเรียนร่วมกันอภิปรายประเด็นต่อไปนี้ โดยใช้แผนภาพขนาดอนุภาคของสาร

1. ขนาดรูพรุนของกระดาษกรองและถุงเซลโลเฟนแตกต่างกันอย่างไร
2. ความหมายของสารแขวนลอย คอลลอยด์ และสารละลาย พร้อมทั้งยกตัวอย่างสารดังกล่าว
3. สารแต่ละชนิดมีองค์ประกอบเพียงชนิดเดียวหรือไม่ ทราบได้อย่างไร
4. วิธีการตรวจสอบองค์ประกอบของสารละลายซึ่งไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยกระดาษกรองหรือถุงเซลโลเฟน
5. ในแหล่งน้ำธรรมชาติมีสารประเภทใดเจือปนอยู่บ้าง ทำให้น้ำมีลักษณะอย่างไร และจะมีวิธีการทำน้ำให้สะอาดได้อย่างไร

5. ชั้นประเมินการเรียนรู้

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำใบงานที่ 2.2 (การผลิตน้ำประปา) แล้วอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน
2. นักเรียนแต่ละคนแก้ไขหรือสรุปสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้เพิ่มเติมในใบงานที่ 2.1
3. นักเรียนร่วมกันถามและตอบคำถามที่ยังไม่ได้คำตอบจากใบงานที่ 2.1

สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการเรียนหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน (หน้า 5-10)
2. ใบงานที่ 2.1
3. ใบงานที่ 2.2
4. ใบกิจกรรมที่ 2
5. อุปกรณ์และสารเคมีของกิจกรรมที่ 2

แหล่งการเรียนรู้

-

การวัดผลและการประเมินผล

1. ตรวจใบงานที่ 2.1
2. ตรวจใบงานที่ 2.2
3. ตรวจใบกิจกรรมที่ 2

กิจกรรมที่ 2 การตรวจสอบสมบัติของสารแขวนลอย คอลลอยด์ และสารละลาย

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. ตรวจสอบขนาดอนุภาคของสารตัวอย่าง โดยใช้กระดาษกรองและกระดาษเซลโลเฟน
2. เปรียบเทียบลักษณะเนื้อสารและขนาดอนุภาคของสารตัวอย่าง

สารเคมีและอุปกรณ์

1. น้ำแป้งดิบ 20 cm³
2. น้ำนมสด 20 cm³
3. น้ำแดง 20 cm³
4. บีกเกอร์ขนาด 50 cm³ จำนวน 3 ใบ
5. บีกเกอร์ขนาด 100 cm³ จำนวน 1 ใบ
6. กระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 cm 3 แผ่น
7. กระดาษเซลโลเฟนขนาด 10 cm x 10 cm 3 แผ่น
8. กรวยแยก 1 อัน
9. ขวดรูปกรวยขนาด 250 cm³ 1 ใบ
10. แท่งแก้วคนสาร 1 อัน
11. ยางรัด 3 เส้น

วิธีการทดลอง

1. ใช้แท่งแก้วคนสารตัวอย่างแต่ละชนิดและสังเกตลักษณะของเหลว บันทึกผลลงในแบบบันทึกที่กำหนดให้ ตั้งไว้ 5 นาที แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น บันทึกผล
2. แบ่งสารตัวอย่างแต่ละชนิดออกเป็น 2 ส่วน
 - ส่วนที่หนึ่งนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง สังเกตสารที่ติดค้างอยู่บนกระดาษกรองและของเหลวที่ผ่านกระดาษกรอง บันทึกผล
 - ส่วนที่สองใส่ลงในบีกเกอร์ที่บุกระดาษเซลโลเฟนไว้ด้านใน รวบชายของกระดาษเซลโลเฟนผูกให้เป็นถุง ผูกปากให้แน่น เช็ดด้านนอกถุงให้สะอาด จับปากถุงให้ตั้งตรง เติมน้ำลงในบีกเกอร์โดยให้ระดับน้ำต่ำกว่าตำแหน่งที่ผูกปากถุงเล็กน้อย แช่ถุงเซลโลเฟนไว้ 10 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการสังเกตลักษณะของเหลวและการตรวจสอบขนาดอนุภาคของสารตัวอย่าง 3 ชนิด

สารตัวอย่าง	ผลการสังเกตลักษณะของเหลว		ผลที่สังเกตได้จากการกรอง	
	เมื่อคนด้วยแท่งแก้ว	หลังตั้งทิ้งไว้ 5 นาที	บนกระดาษกรอง	ในถุงเซลโลเฟน
น้ำแป้งดิบ				
น้ำนมสด				
น้ำแดง				

ชื่อ.....ชั้น.....วันที่.....กลุ่มที่.....



ใบงานที่ 2.1 (รู้แล้ว อยากรู้อีก)

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาบทเรียนหัวข้อ 2.3 (หน้า 5-10) แล้วสรุปความรู้ที่ได้และนำเสนอในรูปแบบการสรุปความรู้ รูปภาพพร้อมคำอธิบาย การ์ตูน แผนผังความคิดหรือเกมปริศนาอักษรไขว้ เป็นต้น พร้อมทั้งระบุคำถามหรือสิ่งที่นักเรียนอยากเรียนรู้เพิ่มเติม

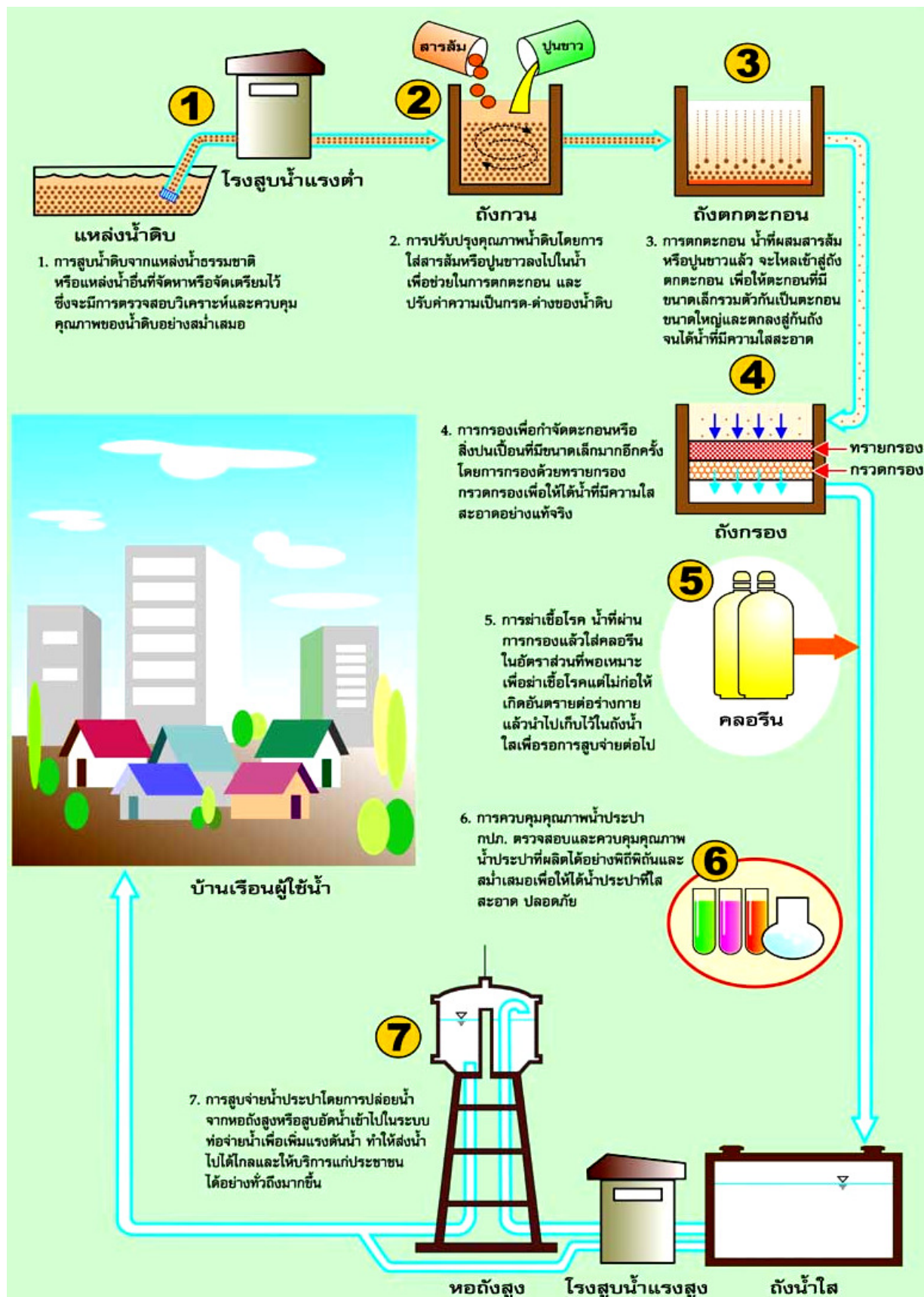


ชื่อ.....ชั้น.....วันที่.....กลุ่มที่.....

ใบงานที่ 2.2 (การผลิตน้ำประปา)

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษากระบวนการผลิตน้ำประปาในหน้าถัดไป และเขียนอธิบายหลักการของขั้นตอนการผลิตที่ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับขนาดอนุภาคของสาร

หลักการทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับขนาดอนุภาคของสารที่นำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตน้ำประปา



ขั้นตอนการผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค

แบบบันทึกผลหลังการสอน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การตรวจสอบสมบัติของสารแขวนลอย คอลลอยด์ และสารละลาย

ความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้

.....

.....

.....

2. ด้านเนื้อหา

.....

.....

.....

3. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ เวลา สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

.....

.....

.....

ผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน

1. ด้านความรู้ความสามารถ

.....

.....

.....

2. ด้านจิตวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

ครูผู้สอน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

รายวิชา วิทยาศาสตร์ 1

ชั้น มัธยมศึกษาตอนต้น

ชื่อแผน การละลายและปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของสาร

วันที่

เวลา 150 นาที

โครงสร้างกิจกรรม

กิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เป็นประเภท Guided Inquiry จัดอยู่ในระยะที่ 3 ของโครงสร้างกิจกรรมตามแนว fading scaffold technique บทบาทหน้าที่ของครูและนักเรียนเป็นดังนี้

ครูมีบทบาทหน้าที่ในการกำหนดและควบคุมการทำกิจกรรมของนักเรียน ให้คำปรึกษา โดยมีหน้าที่หลักดังนี้ - กำหนดประเด็นหรือคำถามที่จะศึกษา - วางแผนและกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ - วางแผนและกำหนดรูปแบบในการบันทึกผลและอภิปรายผลข้อมูล	นักเรียนมีบทบาทหน้าที่ในการทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดในบทเรียน และมีบทบาทเพิ่มเติม ดังนี้ - วิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบ - สรุปผลและนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. ตรวจสอบและอธิบายความสามารถในการละลายของสารตามชนิดของตัวละลาย ชนิดของตัวทำละลาย และอุณหภูมิโดยใช้วิธีการที่กำหนดให้ได้
2. อธิบายความหมายของตัวละลายและตัวทำละลายได้
3. ยกตัวอย่างสารละลายที่อยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลว และก๊าซได้
4. อธิบายเกี่ยวกับสภาพการละลายได้ของสาร และสารละลายอิ่มตัวได้

ความรู้เดิม

ความรู้พื้นฐานสำหรับการเรียนรู้เรื่องนี้ประกอบด้วย

1. สถานะของสาร
2. ลักษณะ และองค์ประกอบของสารละลาย

สาระการเรียนรู้

องค์ประกอบของสารละลายประกอบด้วย **ตัวละลาย** เป็นสารที่มีปริมาณน้อยกว่าในสารละลายและถูกละลายโดย**ตัวทำละลาย** ซึ่งเป็นสารที่มีปริมาณมาก

การละลายของสารขึ้นอยู่กับชนิดของตัวละลายและตัวทำละลาย ตัวละลายชนิดเดียวกันละลายในตัวทำละลายต่างชนิดกันได้ต่างกัน และตัวละลายต่างชนิดกันละลายในตัวทำละลายชนิดเดียวกันได้ต่างกัน นอกจากนี้ความสามารถในการละลายของสารยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย สารบางชนิดจะละลายได้ดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่สารบางชนิดจะละลายได้น้อยลง ในการละลายของสารถ้าสารละลายมีตัวละลายอยู่มากจนไม่สามารถละลายเพิ่มได้อีกแล้ว จะอยู่ในสภาวะที่เรียกว่า **สารละลายอิ่มตัว** ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นอาจละลายตัวละลายเพิ่มได้อีกขึ้นอยู่กับสภาพละลายได้ของสารแต่ละชนิด **สภาพละลายได้**คือความสามารถในการละลายได้ของสารคิดเป็นจำนวนกรัมของสารนั้นที่ละลายจนอิ่มตัวในน้ำหรือตัวทำละลายอื่น 100 กรัม ณ อุณหภูมิหนึ่ง

การเตรียมล่วงหน้า

1. นักเรียนแต่ละคนศึกษาและสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ และสิ่งที่อยากรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ เรื่อง การละลายของสาร ลงในใบงานที่ 3.1 (รู้แล้ว อยากรู้อีก)
2. เตรียมสารส้มบดละเอียดประมาณ 0.75 กิโลกรัม

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ชี้นำเข้าสู่กิจกรรม

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มสังเกตลักษณะสาร 5 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลทราย สีส้มอาหาร (สีแดง) น้ำมันพืช น้ำกลั่น และเอทานอล แล้วแต่ละกลุ่มเลือกสารใดๆ 2 ชนิดมาผสมกัน (สารที่เป็นของแข็งใช้ประมาณ 0.3 กรัม ถ้าเป็นของเหลวใช้ประมาณ 3 cm³)
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มแสดงผลที่ได้และระบุว่าสารผสมที่ได้เป็นสารละลายหรือไม่ พร้อมทั้งบอกตัวละลาย ตัวทำละลาย และลักษณะของสารละลายที่ได้
3. นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าเมื่อผสมสารใดๆ เข้าด้วยกันจะได้เป็นสารละลายเสมอไปหรือไม่ และการละลายจะขึ้นกับปัจจัยใดบ้าง

2. ขั้นสำรวจหาข้อมูล ข้อสนเทศ (Guided Inquiry, ระยะที่ 3)



1. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 3 เพื่อตรวจสอบการละลายและปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของสาร



2. นักเรียนทำกิจกรรมตามวิธีการที่กำหนดให้ ดังนี้

ตอนที่ 1

- 1) ใส่น้ำกลั่นและเอทานอลชนิดละ 2 cm^3 ลงในหลอดทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ จากนั้นใส่น้ำตาลทรายลงไปในแต่ละหลอดๆ ละ 0.3 กรัม เขย่า สังเกตการละลายของน้ำตาลทราย บันทึกผลลงในแบบบันทึกที่กำหนดให้
- 2) ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อที่ 1 แต่เปลี่ยนจากน้ำตาลทรายเป็นสีผสมอาหาร (สีแดง) และน้ำมันพืช (0.5 cm^3 หรือประมาณ 10 หยด) ตามลำดับ

*** หลังจากทำการทดลองตอนที่ 1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูล และอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบตามประเด็นที่ครูกำหนดให้เรียบร้อย ก่อนเริ่มทำกิจกรรมตอนที่ 2

ตอนที่ 2

- 1) ใส่น้ำกลั่น 50 cm^3 ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 cm^3 วัดและบันทึกอุณหภูมิ
- 2) ใช้ช้อนชาตักสารส้มใส่ลงไปในบีกเกอร์จำนวน 1 ช้อน คนด้วยแท่งแก้วคนสารจนสารส้มละลายหมด ตักสารส้มใส่เพิ่มลงไปอีกครั้งละ 1 ช้อน พร้อมทั้งคนสารละลายจนกว่าสารส้มจะไม่ละลายอีกต่อไป บันทึกจำนวนช้อนทั้งหมดที่ใส่สารส้มลงไปในสารละลาย
- 3) นำสารละลายไปตั้งไฟจนเดือด วัดและบันทึกอุณหภูมิ พร้อมทั้งคนให้สารส้มละลาย ถ้าสารส้มที่ใส่ลงไปในตอนแรกละลายหมด ให้ตักสารส้มใส่เพิ่มลงไปอีกครั้งละ 1 ช้อน พร้อมทั้งคนสารละลาย จนกว่าสารส้มจะไม่ละลายอีกต่อไป บันทึกจำนวนช้อนทั้งหมดที่ใส่สารส้มลงไปในสารละลาย (จำนวนช้อนในตอนแรกก่อนนำมาตั้งไฟรวมกับจำนวนช้อนที่ใส่เพิ่มลงไป)
- 4) ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อที่ 1-3 แต่เปลี่ยนจากสารส้มเป็นเกลือแกง

3. ขั้วอภิปรายและลงข้อสรุป

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูล และอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบตามประเด็นที่ครูกำหนดให้ ดังนี้

ตอนที่ 1

- สารคู่ใดละลายกันได้ นักเรียนจัดสารใดเป็นตัวละลายและตัวทำละลาย
- พิจารณานชนิดของตัวทำละลายที่มีผลต่อการละลายของสารชนิดหนึ่งๆ
- พิจารณานชนิดของตัวละลายที่มีผลต่อการละลายในตัวทำละลายชนิดเดียวกัน

ตอนที่ 2

- พิจารณาปริมาณสารส้มที่ละลายได้ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิต่างๆ ผลที่ได้หมายความว่าอย่างไร
- ปริมาณเกลือแกงที่ละลายได้ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิต่างๆ มีแนวโน้มเหมือนการละลายของสารส้มในน้ำกลั่นหรือไม่ อย่างไร
- ณ อุณหภูมิเดียวกัน สารส้มและเกลือแกงละลายในน้ำกลั่นได้เท่ากันหรือไม่ ผลที่ได้หมายความว่าอย่างไร



2. นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลการสำรวจตรวจสอบ และนำเสนอข้อสรุปที่ได้ให้เพื่อนในชั้นเรียนฟัง โดยครูคอยกระตุ้นให้ผู้เรียนอธิบาย ยกตัวอย่างข้อมูลจากกิจกรรมและใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนข้อสรุปดังกล่าว



3. เพื่อนนักเรียนซักถามข้อสงสัย หรือเสนอแนะข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

4. ชั้นอธิบายเพิ่มเติมและลงรายละเอียด

นักเรียนร่วมกันอภิปรายประเด็นต่อไปนี้

1. ตัวทำละลายและตัวละลายมีความหมายว่าอย่างไร
2. สารละลายมีสารองค์ประกอบมากกว่าสองชนิดได้หรือไม่ พร้อมทั้งยกตัวอย่าง
3. สารละลายอยู่ในสถานะใดได้บ้าง พร้อมทั้งยกตัวอย่าง
4. ความหมายของสภาพการละลายได้ของสาร และสารละลายอิ่มตัว
5. แนวโน้มการละลายของสารที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นอย่างไร และวาดกราฟในใบงานที่ 3.2 (แนวโน้มการละลายของสาร)

5. ชั้นประเมินการเรียนรู้

นักเรียนแต่ละคนแก้ไขหรือสรุปสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้เพิ่มเติมในใบงานที่ 3.1

นักเรียนร่วมกันถามและตอบคำถามที่ยังไม่ได้คำตอบจากใบงานที่ 3.1

สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการเรียนหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน (หน้า 11-15)
2. ใบงานที่ 3.1
3. ใบงานที่ 3.2
4. ใบกิจกรรมที่ 3
5. อุปกรณ์และสารเคมีของกิจกรรมที่ 3

แหล่งการเรียนรู้

-

การวัดผลและการประเมินผล

1. ตรวจใบงานที่ 3.1
2. ตรวจใบงานที่ 3.2
3. ตรวจใบกิจกรรมที่ 3

ชื่อ..... ชั้น.....
วันที่..... กลุ่มที่.....

กิจกรรมที่ 3 การละลายและปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของสาร

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. ตรวจสอบและเปรียบเทียบความสามารถในการละลายของสาร
2. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการละลายของสาร

สารเคมีและอุปกรณ์

1. น้ำกลั่น
2. เอทานอล
3. น้ำตาลทราย
4. สีผสมอาหาร (สีแดง)
5. น้ำมันพืช
6. สารส้ม
7. เกลือแกง
8. หลอดทดลองขนาดกลาง 6 หลอด
9. หลอดหยด 1 อัน
10. ที่ตั้งหลอดทดลอง 1 อัน
11. บีกเกอร์ขนาด 100 cm^3 จำนวน 2 ใบ
12. เทอร์โมมิเตอร์
13. ช้อนชา
14. แท่งแก้วคนสาร
15. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่บังลมและตะแกรงลวด

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1

- 1) ใส่น้ำกลั่นและเอทานอลชนิดละ 2 cm³ ลงในหลอดทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ จากนั้นใส่น้ำตาลทรายลงไปในแต่ละหลอดๆ ละ 0.3 กรัม เขย่า สังเกตการละลายของน้ำตาลทราย บันทึกผลลงในแบบบันทึกที่กำหนดให้
- 2) ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อที่ 1 แต่เปลี่ยนจากน้ำตาลทรายเป็นสีผสมอาหาร (สีแดง) และน้ำมันพืช (0.5 cm³ หรือประมาณ 10 หยด) ตามลำดับ

ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 ตารางบันทึกผลการละลายของสารทั้ง 3 ชนิดในน้ำกลั่นและเอทานอล

สารตัวอย่าง	การสังเกตผลการละลาย	
	น้ำกลั่น	เอทานอล
น้ำตาลทราย		
สีผสมอาหาร (สีแดง)		
น้ำมันพืช		

อภิปรายผลการทดลอง

ตอนที่ 1

1. สารคู่ใดละลายกันได้ นักเรียนจัดสารใดเป็นตัวละลายและตัวทำละลาย

2. พิจารณานิตของตัวทำละลายที่มีผลต่อการละลายของสารชนิดหนึ่งๆ

3. พิจารณานิตของตัวละลายที่มีผลต่อการละลายในตัวทำละลายชนิดเดียวกัน

สรุปผลการทดลอง

นักเรียนสรุปผลของกิจกรรมเกี่ยวกับการละลายของสารได้อย่างไร

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 2

- 1) ใส่ น้ำกลั่น 50 cm^3 ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 cm^3 วัดและบันทึกอุณหภูมิ
- 2) ใช้ช้อนชาตักสารส้มใส่ลงไปในบีกเกอร์จำนวน 1 ช้อน คนด้วยแท่งแก้วจนสารส้มละลายหมด ตักสารส้มใส่เพิ่มลงไปอีกครั้งละ 1 ช้อน พร้อมทั้งคนสารละลาย จนกว่าสารส้มจะไม่ละลายอีกต่อไป บันทึกจำนวนช้อนทั้งหมดที่ใส่สารส้มลงไปในสารละลาย
- 3) นำสารละลายไปตั้งไฟจนเดือด วัดและบันทึกอุณหภูมิ พร้อมทั้งคนให้สารส้มละลาย ถ้าสารส้มที่ใส่ลงไปในตอนแรกละลายหมด ให้ตักสารส้มใส่เพิ่มลงไปอีกครั้งละ 1 ช้อน พร้อมทั้งคนสารละลาย จนกว่าสารส้มจะไม่ละลายอีกต่อไป บันทึกจำนวนช้อนทั้งหมดที่ใส่สารส้มลงไปในสารละลาย (จำนวนช้อนในตอนแรกก่อนนำมาตั้งไฟรวมกับจำนวนช้อนที่ใส่เพิ่มลงไป)
- 4) ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อที่ 1-3 แต่เปลี่ยนจากสารส้มเป็นเกลือแกง

ผลการทดลอง

ตอนที่ 2 ตารางบันทึกปริมาณการละลายของสารส้มและเกลือแกงในน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ

สาร	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	จำนวนสารที่สามารถละลายได้ (ช้อน/น้ำ 50 cm^3)
สารส้ม		
เกลือแกง		

อภิปรายผลการทดลอง

ตอนที่ 2

1. พิจารณาปริมาณสารสั้มที่ละลายได้ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิต่างๆ ผลที่ได้หมายความว่าอย่างไร

2. ปริมาณเกลือแกงที่ละลายได้ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิต่างๆ มีแนวโน้มเหมือนการละลายของสารสั้มในน้ำกลั่นหรือไม่ อย่างไร

3. ณ อุณหภูมิเดียวกัน สารสั้มและเกลือแกงละลายในน้ำกลั่นได้เท่ากันหรือไม่ ผลที่ได้หมายความว่าอย่างไร

สรุปผลการทดลอง

นักเรียนสามารถสรุปผลของกิจกรรมเกี่ยวกับการละลายและปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของสารได้อย่างไร

ชื่อ.....ชั้น.....วันที่.....กลุ่มที่.....



ใบงานที่ 3.1 (รู้แล้ว อยากรู้อีก)

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาบทเรียนหัวข้อ 3.1 - 3.2 (หน้า 11-15) แล้วสรุปความรู้ที่ได้และนำเสนอ
ในรูปแบบการสรุปความ รูปภาพพร้อมคำอธิบาย การ์ตูน แผนผังความคิดหรือเกมปริศนาอักษรไขว้
เป็นต้น พร้อมทั้งระบุคำถามหรือสิ่งที่นักเรียนอยากรู้เพิ่มเติม



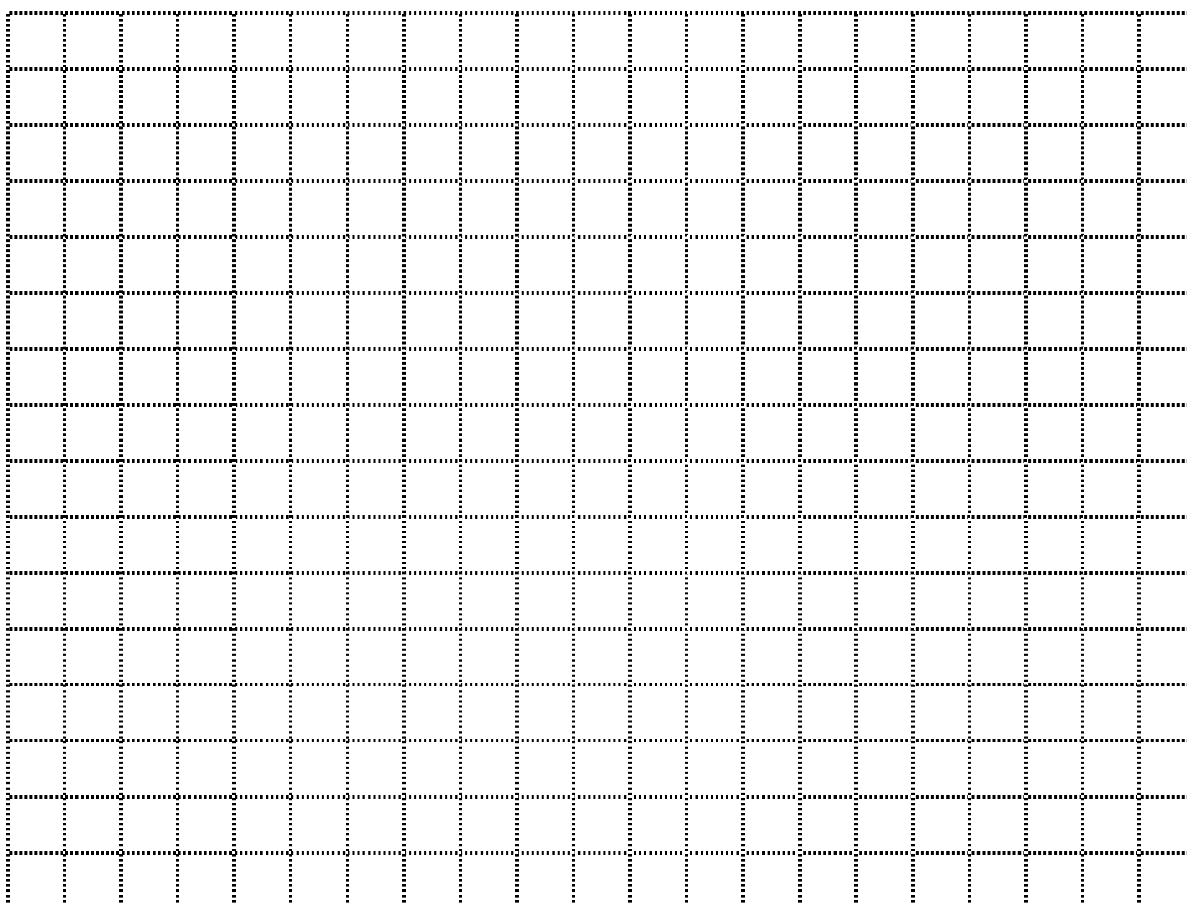
ชื่อ.....ชั้น.....วันที่.....กลุ่มที่.....

ใบงานที่ 3.2 (แนวโน้มการละลายของสาร)

ตารางแสดงความสามารถในการละลายของสารในน้ำ 100 กรัมที่อุณหภูมิต่างๆ

สาร	อุณหภูมิ (°C)			
	0	20	60	100
สารส้ม (โพแทสเซียม)	3.0	5.9	24.8	109
เกลือแกง (โซเดียมคลอไรด์)	35.7	36.0	37.3	39.2
ปูนซีเมนต์ (คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต)	14.3	20.7	40.0	75.4
ดินประสิว (โพแทสเซียมไนเตรด)	13.9	31.6	106.0	245.0
ปูนขาว (แคลเซียมไฮดรอกไซด์)	0.19	0.17	0.12	0.08

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนกราฟแสดงแนวโน้มการละลายของสารทั้ง 5 ชนิด



นักเรียนสรุปความหมายจากกราฟได้อย่างไร

.....

.....

.....

แบบบันทึกผลหลังการสอน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การละลายและปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของสาร

ความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้

.....

.....

.....

2. ด้านเนื้อหา

.....

.....

.....

3. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ เวลา สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

.....

.....

.....

ผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน

1. ด้านความรู้ความสามารถ

.....

.....

.....

2. ด้านจิตวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

ครูผู้สอน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ รายวิชา วิทยาศาสตร์ 1
 ชั้น มัธยมศึกษาตอนต้น ชื่อแผน การเตรียมสารละลายและสารละลายเจือจาง
 วันที่ เวลา 200 นาที

โครงสร้างกิจกรรม

กิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เป็นประเภท Guided Inquiry จัดอยู่ในระยะที่ 4 ของโครงสร้างกิจกรรมตามแนว fading scaffold technique บทบาทหน้าที่ของครูและนักเรียนเป็นดังนี้

ครูมีบทบาทหน้าที่ในการกำหนดและควบคุมการทำกิจกรรมของนักเรียน ให้คำปรึกษา โดยมีหน้าที่หลักดังนี้ - กำหนดประเด็นหรือคำถามที่จะศึกษา - วางแผนและกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ	นักเรียนมีบทบาทหน้าที่ในการทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดในบทเรียน และมีบทบาทเพิ่มเติม ดังนี้ - วางแผนและกำหนดรูปแบบในการบันทึกผลและอภิปรายผลข้อมูล - วิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบ - สรุปผลและนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. เตรียมสารละลายและสารละลายเจือจางโดยใช้วิธีการที่กำหนดให้ได้
2. บอกความหมายของคำว่า ความเข้มข้นของสารละลาย ร้อยละโดยมวลต่อมวล ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร และส่วนในพันส่วน (ppt) ได้
3. คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายที่เตรียมได้

ความรู้เดิม

ความรู้พื้นฐานสำหรับการเรียนรู้เรื่องนี้ประกอบด้วย

1. การละลายของสาร
2. ตัวละลายและตัวทำละลาย
3. การวัดมวลและปริมาตรของสาร

สาระการเรียนรู้

การเตรียมสารละลายทำได้โดยการละลายตัวละลายในตัวทำละลาย แต่ในกรณีที่มีสารละลายอยู่แล้วอาจเตรียมสารละลายใหม่โดยการทำเป็นสารละลายเจือจางด้วยการเติมตัวทำละลายลงไป สารละลายใหม่ที่ได้จึงมีความเข้มข้นลดลง

โดยทั่วไป สารละลายที่เตรียมได้มักจะระบุ ความเข้มข้นของสารละลาย โดยการระบุปริมาณของตัวละลายที่อยู่ในสารละลาย หน่วยความเข้มข้นที่ควรทราบมีดังนี้ ร้อยละโดยมวลต่อมวล เป็นหน่วยที่บอกมวลของตัวละลาย (กรัม) ที่ละลายอยู่ในสารละลาย 100 กรัม ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร เป็นหน่วยที่บอกมวลของตัวละลาย (กรัม) ที่ละลายอยู่ในสารละลาย 100 cm^3 ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร เป็นหน่วยที่บอกปริมาตรของตัวละลาย (cm^3) ที่ละลายอยู่ในสารละลาย 100 cm^3 สำหรับการระบุความเข้มข้นของสารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยมากๆ นิยมบอกหน่วยเป็น ส่วนในพันส่วน (ppt) หมายความว่า ในสารละลาย 1,000 ส่วน มีตัวละลายอยู่ 1 ส่วน

การเตรียมล่วงหน้า

1. นักเรียนแต่ละคนศึกษาและสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ และสิ่งที่อยากรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ เรื่อง การเตรียมสารละลายและสารละลายเจือจาง ลงในใบงานที่ 4.1 (รู้แล้ว อยากรู้อีก)
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มเตรียมฉลากอาหาร ฉลากยา และฉลากอื่นๆ ที่ระบุชนิดและปริมาณส่วนผสมมาอย่างน้อยกลุ่มละ 3 ฉลาก

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ชี้นำเข้าสู่กิจกรรม

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายว่าฉลากที่กลุ่มเตรียมมาบอกให้ทราบข้อมูลใดบ้าง มีสารใดบ้างที่เป็นสารละลาย สารที่เป็นส่วนผสมมีปริมาณเท่าไร ใช้หน่วยอะไรในการบอกปริมาณสารนั้น
2. นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าถ้านักเรียนเตรียมสารละลายใดๆ และต้องการระบุปริมาณสารองค์ประกอบเหมือนกับในฉลากที่เตรียมมาจะทำได้หรือไม่ อย่างไร

2. ขั้นสำรวจหาข้อมูล ข้อเสนอเทศ (Guided Inquiry, ระยะที่ 4)



1. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 4 เพื่อเตรียมสารละลายและสารละลายเจือจาง
2. นักเรียนทำกิจกรรมตามวิธีการที่กำหนดให้ ดังนี้

ตอนที่ 1

- 1) ใส่คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต 5 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 cm^3
- 2) เติมน้ำกลั่น 20 cm^3 คนให้คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ละลายหมด

- 3) เทสารละลายในข้อ 2 ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 cm^3 เติมน้ำกลั่นจำนวนเล็กน้อยลงในบีกเกอร์เพื่อล้างคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตที่ติดอยู่ในบีกเกอร์ แล้วนำไปเทลงในขวดวัดปริมาตร ทำซ้ำ 2-3 ครั้ง ให้แน่ใจว่าไม่มีคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตเหลืออยู่ในบีกเกอร์
- 4) เติมน้ำกลั่นลงในขวดวัดปริมาตรจนสารละลายมีปริมาตร 100 cm^3
- 5) ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อที่ 1-4 แต่เพิ่มปริมาณคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตที่ใช้เป็น 10 กรัม สังเกตและเปรียบเทียบลักษณะของสารละลายที่เตรียมได้ทั้งสองครั้ง บันทึกผลลงในแบบบันทึกที่แต่ละกลุ่มกำหนดรูปแบบเอง

ตอนที่ 2

- 1) เตรียมบีกเกอร์ขนาด 50 cm^3 จำนวน 4 ใบ
- 2) แบ่งสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตที่เตรียมได้จากตอนที่ 1 ข้อ 5 ใส่ในบีกเกอร์ใบที่ 1 ประมาณ 10 cm^3
- 3) ใช้หลอดหยดดูดสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตจากบีกเกอร์ใบที่ 1 แล้วหยดลงในบีกเกอร์ใบที่ 2 จำนวน 1 cm^3 (ประมาณ 20 หยด) แล้วเติมน้ำกลั่นจำนวน 9 cm^3 ใช้แท่งแก้วคนให้สารเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน
- 4) ใช้หลอดหยดดูดสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตจากบีกเกอร์ใบที่ 1 แล้วหยดลงในบีกเกอร์ใบที่ 3 จำนวน 1 cm^3 (ประมาณ 20 หยด) แล้วเติมน้ำกลั่นจำนวน 9 cm^3 ใช้แท่งแก้วคนให้สารเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน
- 5) ใช้หลอดหยดดูดสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตจากบีกเกอร์ใบที่ 2 แล้วหยดลงในบีกเกอร์ใบที่ 4 จำนวน 1 cm^3 (ประมาณ 20 หยด) แล้วเติมน้ำกลั่นจำนวน 9 cm^3 ใช้แท่งแก้วคนให้สารเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน
- 6) สังเกตและเปรียบเทียบลักษณะของสารละลายทั้ง 4 บีกเกอร์ บันทึกผลลงในแบบบันทึกที่แต่ละกลุ่มกำหนดรูปแบบเอง

3. ขั้นตอนิปรายและลงข้อสรุป



1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูล และอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบตามประเด็นที่แต่ละกลุ่มกำหนด



2. นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลการสำรวจตรวจสอบ และนำเสนอข้อสรุปที่ได้ต่อเพื่อนในชั้นเรียน โดยครูคอยกระตุ้นให้ผู้เรียนอธิบาย ยกตัวอย่างข้อมูลจากกิจกรรมและใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนข้อสรุปดังกล่าว



3. เพื่อนนักเรียนซักถามข้อสงสัย หรือเสนอแนะข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

4. ขั้นอธิบายเพิ่มเติมและลงรายละเอียด

1. นักเรียนร่วมกันอภิปรายประเด็นต่อไปนี้
 - เกณฑ์การพิจารณาตัวละครและตัวทำละลา
 - ความหมายของความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยของร้อยละโดยมวลต่อมวล ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร ส่วนในพันส่วน
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายที่เตรียมได้ในหน่วยส่วนในพันส่วน ในใบงานที่ 4.2 (ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยส่วนในพันส่วน

5. ขั้นประเมินการเรียนรู้

1. นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าจะนำความรู้เกี่ยวกับการเตรียมสารละลาย และสารละลายเจือจางไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร
2. นักเรียนแต่ละคนแก้ไขหรือสรุปสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้เพิ่มเติมในใบงานที่ 4.1
3. นักเรียนร่วมกันถามและตอบคำถามที่ยังไม่ได้คำตอบจากใบงานที่ 4.1

สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการเรียนหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน (หน้า 15-18)
2. ใบงานที่ 4.1
3. ใบงานที่ 4.2
4. ใบกิจกรรมที่ 4
5. อุปกรณ์และสารเคมีของกิจกรรมที่ 4

แหล่งการเรียนรู้

-

การวัดผลและการประเมินผล

1. ตรวจใบงานที่ 4.1
2. ตรวจใบงานที่ 4.2
3. ตรวจใบกิจกรรมที่ 4

ชื่อ..... ชั้น.....
วันที่..... กลุ่มที่.....

กิจกรรมที่ 4 การเตรียมสารละลายและสารละลายเจือจาง

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. เตรียมสารละลายและสารละลายเจือจางที่มีความเข้มข้นตามหน่วยที่กำหนด
2. เปรียบเทียบลักษณะและความเข้มข้นของสารละลายที่เตรียมได้

สารเคมีและอุปกรณ์

1. คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต (จุนสี)
2. น้ำกลั่น
3. บีกเกอร์ขนาด 50 cm^3 จำนวน 6 ใบ
4. กระบอกตวงขนาด 100 cm^3 จำนวน 1 ใบ
5. กระบอกตวงขนาด 10 cm^3 จำนวน 1 ใบ
6. แท่งแก้วคนสาร 1 อัน
7. ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 cm^3 2 ใบ
8. ขวดน้ำกลั่น 1 ขวด
9. หลอดหยด 1 อัน
10. เครื่องชั่ง

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1

- 1) ใส่คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต 5 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 cm^3
- 2) เติมน้ำกลั่น 20 cm^3 คนให้คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ละลายหมด
- 3) เทสารละลายในข้อ 2 ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 cm^3 เติมน้ำกลั่นจำนวนเล็กน้อยลงในบีกเกอร์เพื่อล้างคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตที่ติดอยู่ในบีกเกอร์ แล้วนำไปเทลงในขวดวัดปริมาตร ทำซ้ำ 2-3 ครั้ง ให้แน่ใจว่าไม่มีคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตเหลืออยู่ในบีกเกอร์
- 4) เติมน้ำกลั่นลงในขวดวัดปริมาตรจนสารละลายมีปริมาตร 100 cm^3

- 5) ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อที่ 1-4 แต่เพิ่มปริมาณคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตที่ใช้เป็น 10 กรัม สังเกตและเปรียบเทียบลักษณะของสารละลายที่เตรียมได้ทั้งสองครั้ง บันทึกผลลงในแบบบันทึกที่แต่ละกลุ่มกำหนดรูปแบบเอง

ตอนที่ 2

- 1) เตรียมบีกเกอร์ขนาด 50 cm^3 จำนวน 4 ใบ
- 2) แบ่งสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตที่เตรียมได้จากตอนที่ 1 ข้อ 5 ใส่ในบีกเกอร์ใบที่ 1 ประมาณ 10 cm^3
- 3) ใช้หลอดหยดดูดสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตจากบีกเกอร์ใบที่ 1 แล้วหยดลงในบีกเกอร์ใบที่ 2 จำนวน 1 cm^3 (ประมาณ 20 หยด) แล้วเติมน้ำกลั่นจำนวน 9 cm^3 ใช้แท่งแก้วคนให้สารเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน
- 4) ใช้หลอดหยดดูดสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตจากบีกเกอร์ใบที่ 2 แล้วหยดลงในบีกเกอร์ใบที่ 3 จำนวน 1 cm^3 (ประมาณ 20 หยด) แล้วเติมน้ำกลั่นจำนวน 9 cm^3 ใช้แท่งแก้วคนให้สารเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน
- 5) ใช้หลอดหยดดูดสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตจากบีกเกอร์ใบที่ 3 แล้วหยดลงในบีกเกอร์ใบที่ 4 จำนวน 1 cm^3 (ประมาณ 20 หยด) แล้วเติมน้ำกลั่นจำนวน 9 cm^3 ใช้แท่งแก้วคนให้สารเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน
- 6) สังเกตและเปรียบเทียบลักษณะของสารละลายทั้ง 4 บีกเกอร์ บันทึกผลลงในแบบบันทึกที่แต่ละกลุ่มกำหนดรูปแบบเอง

ชื่อ.....ชั้น.....วันที่.....กลุ่มที่.....



ใบงานที่ 4.1 (รู้แล้ว อยากรู้อีก)

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาบทเรียนหัวข้อ 3.3 (หน้า 15-18) แล้วสรุปความรู้ที่ได้และนำเสนอในรูปแบบการสรุปความ รูปภาพพร้อมคำอธิบาย การ์ตูน แผนผังความคิดหรือเกมปริศนาอักษรไขว้ เป็นต้น พร้อมทั้งระบุคำถามหรือสิ่งที่นักเรียนอยากเรียนรู้เพิ่มเติม



ปีกเกอร์ไบที่ 2 เข้มข้น เมื่อนำ มา 1 cm^3 แล้วเติมน้ำให้
ครบ 10 cm^3 ในปีกเกอร์ไบที่ 3 จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น.....

วิธีคำนวณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปีกเกอร์ไบที่ 3 เข้มข้น เมื่อนำ มา 1 cm^3 แล้วเติมน้ำให้
ครบ 10 cm^3 ในปีกเกอร์ไบที่ 4 จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น.....

วิธีคำนวณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เพราะฉะนั้นสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตที่เตรียมได้มีความเข้มข้น.....

แบบบันทึกผลหลังการสอน
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การเตรียมสารละลายและสารละลายเจือจาง

ความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้

.....

.....

.....

2. ด้านเนื้อหา

.....

.....

.....

3. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ เวลา สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

.....

.....

.....

ผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน

1. ด้านความรู้ความสามารถ

.....

.....

.....

2. ด้านจิตวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

ครูผู้สอน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

รายวิชา วิทยาศาสตร์ 1

ชั้น มัธยมศึกษาตอนต้น

ชื่อแผน หลักการแยกสารและการประยุกต์ในชีวิตประจำวัน

วันที่

เวลา 200 นาที

โครงสร้างกิจกรรม

กิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 (ตอนที่ 1) เป็นประเภท Guided Inquiry จัดอยู่ในระยะที่ 4 ของโครงสร้างกิจกรรมตามแนว fading scaffold technique บทบาทหน้าที่ของครูและนักเรียนเป็นดังนี้

ครูมีบทบาทหน้าที่ในการกำหนดและควบคุมการทำกิจกรรมของนักเรียน ให้คำปรึกษา โดยมีหน้าที่หลักดังนี้ - กำหนดประเด็นหรือคำถามที่จะศึกษา - วางแผนและกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ	นักเรียนมีบทบาทหน้าที่ในการทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดในบทเรียน และมีบทบาทเพิ่มเติม ดังนี้ - วางแผนและกำหนดรูปแบบในการบันทึกผลและอภิปรายผลข้อมูล - วิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบ - สรุปผลและนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง

กิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 (ตอนที่ 2) เป็นประเภท Open-guided Inquiry จัดอยู่ในระยะที่ 5 ของโครงสร้างกิจกรรมตามแนว fading scaffold technique บทบาทหน้าที่ของครูและนักเรียนเป็นดังนี้

ครูมีบทบาทหน้าที่ในการกำหนดและควบคุมการทำกิจกรรมของนักเรียน ให้คำปรึกษาโดยมีหน้าที่หลักคือ กำหนดประเด็นหรือคำถามที่จะศึกษา	นักเรียนมีบทบาทหน้าที่ในการทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดในบทเรียน และมีบทบาทเพิ่มเติม ดังนี้ - วางแผนและกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ - วางแผนและกำหนดรูปแบบในการบันทึกผลและอภิปรายผลข้อมูล - วิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบ - สรุปผลและนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. อธิบายหลักการแยกสารโดยการตกผลึก การสกัดด้วยตัวทำละลาย การกลั่นด้วยไอน้ำ การกลั่น และโครมาโทกราฟีกระดาษได้
2. ยกตัวอย่างการนำหลักการแยกสารไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
3. ทดลองและประยุกต์ใช้หลักการแยกสารโดยการตกผลึก การสกัดด้วยตัวทำละลาย การกลั่นด้วยไอน้ำ การกลั่น และโครมาโทกราฟีกระดาษได้

ความรู้เดิม

ความรู้พื้นฐานสำหรับการเรียนรู้เรื่องนี้ประกอบด้วย

1. สมบัติทางกายภาพของสาร
2. จุดเดือดของสาร
3. การแพร่ของสาร
4. การแยกสารบางชนิดที่ผสมกันโดยการร่อน การใช้อำนาจแม่เหล็ก การตกตะกอน การกรอง การระเหิด และการระเหยแห้ง
5. สารละลาย และความสามารถในการละลายของสารในตัวทำละลายต่างๆ

สาระการเรียนรู้

สารบางชนิดอาจรวมอยู่กับสารอื่นๆ ในรูปของสารเนื้อเดียว ถ้าต้องการนำสารนั้นมาใช้ประโยชน์ อาจใช้สมบัติเฉพาะตัวของสารนั้นเพื่อแยกสารออกมาด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การตกผลึก เหมาะสำหรับสารที่สามารถละลายได้ในตัวทำละลายที่เหมาะสมและตกผลึกได้เป็นของแข็งที่มีรูปทรงเรขาคณิตเมื่อสารนั้นละลายได้น้อยลง การสกัดด้วยตัวทำละลาย เหมาะสำหรับแยกของผสมที่สารองค์ประกอบมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายต่างชนิดกัน การกลั่นด้วยไอน้ำ เหมาะสำหรับสกัดพวกน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่มีจุดเดือดต่ำ ระเหยง่าย โดยใช้ไอน้ำเป็นตัวพาสารที่ต้องการออกจากส่วนต่างๆ ของพืช การกลั่น เหมาะสำหรับทำของเหลวให้บริสุทธิ์ โดยทำให้ของเหลวได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอ แล้วทำให้ควบแน่นกลับมาเป็นของเหลวอีก นอกจากนี้ยังเป็นการแยกของผสมที่เป็นของเหลวกับของเหลว หรือของแข็งกับของเหลวที่ผสมกันเป็นสารละลายเนื้อเดียวออกจากกัน โดยอาศัยความแตกต่างของจุดเดือด โครมาโทกราฟีกระดาษ วิธีนี้เหมาะสำหรับการแยกสาร และการวิเคราะห์สารที่มีปริมาณน้อยโดยอาศัยความแตกต่างในการละลายและการดูดซับของสาร เนื่องจากสารแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลาย และการดูดซับบนตัวดูดซับได้ต่างกัน

การเตรียมล่วงหน้า

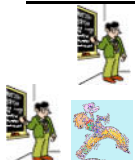
1. นักเรียนแต่ละคนศึกษาและสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ และสิ่งที่อยากรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ เรื่อง การแยกสาร ลงในใบงานที่ 5.1 (รู้แล้ว อยากรู้อีก)
2. เตรียมกระดาษอ่อนสีแผ่นใหญ่ (กลุ่มละ 2 แผ่น) ปากกาเมจิก และกระดาษขาว

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ชี้นำเข้าสู่กิจกรรม

1. นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับหลักการแยกสารเนื้อผสม เช่น การคั้นน้ำผลไม้ การแยกก้อนกรวดออกจากข้าวสาร การคั้นกะทิ การร่อนแป้งก่อนจะนำไปทำขนม และ ยกตัวอย่างเหตุการณ์อื่นๆ
2. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวิธีการแยกสารต่างๆ ที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันว่าจะแยกออกมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไร

2. ขั้นสำรวจหาข้อมูล ข้อสังเกต



ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 5 การประยุกต์ใช้หลักการแยกสารในชีวิตประจำวัน

ตอนที่ 1 (Guided Inquiry, ระยะที่ 4)

- 1) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับหลักการแยกสารแต่ละประเภท และ ยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้หลักการแยกสารแต่ละวิธีที่พบเห็นในท้องถิ่น และ ยกตัวอย่างเพิ่มเติมให้ได้มากที่สุด
- 2) แต่ละกลุ่มบันทึกผลการอภิปรายเกี่ยวกับตัวอย่างการประยุกต์ใช้หลักการแยกสาร แต่ละประเภทลงในกระดาษสีที่ครูเตรียมไว้ให้ แล้วแปะติดไว้ที่โต๊ะประจำกลุ่ม
- 3) แต่ละกลุ่มเวียนศึกษาผลการอภิปรายของกลุ่มอื่น โดยย้ายตำแหน่งไปที่ละกลุ่ม พร้อมๆ กัน (กลุ่มละ 5 นาที) และหากนักเรียนพบว่าตัวอย่างการแยกสารใดๆ ที่ กล่าวไว้ไม่ถูกต้อง หรือไม่สามารถใช้หลักการนั้นๆ ได้ ให้ทำเครื่องหมายดอกจันไว้ เหนือรายการนั้น (ถ้ากลุ่มอื่นเห็นตรงกันก็ให้ทำดอกจันเพิ่มอีก)
- 4) นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับตัวอย่างการแยกสารที่ถูกทำดอกจันไว้ว่าถูกหรือ ผิด ถ้าผิดให้เสนอแนะว่าสามารถแยกสารดังกล่าวได้ด้วยวิธีการใด

ครูทำฉลากเพื่อแบ่งหัวข้อการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการแยกสารทั้ง 5 วิธี โดยให้นักเรียน นำหลักการไปทดลองและประยุกต์ใช้จริง (กลุ่มที่ได้หลักการเดียวกัน จะต้องทำการทดลองใน ประเด็นที่ต่างกัน)

ตอนที่ 2 (Open-guided Inquiry, ระยะที่ 5)



- 1) แต่ละกลุ่มแยกย้ายกันไปศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการแยกสารตามหัวข้อที่ได้รับใน ห้องสมุดหรือปรึกษาครูผู้สอน เพื่อร่วมกันวางแผนกำหนดแนวทางการทดลอง (นักเรียนบันทึกข้อมูลในรูปแบบรายงานการทดลอง)

2) แต่ละกลุ่มเตรียมอุปกรณ์ ทำการทดลอง และบันทึกผล

3. ชั้นอภิปรายและลงข้อสรุป



1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูล และอภิปรายผลของกิจกรรมภายในกลุ่ม



2. นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลการสำรวจตรวจสอบ โดยครูคอยกระตุ้นให้ผู้เรียนอธิบาย ยกตัวอย่างข้อมูลจากกิจกรรมและใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนข้อสรุป ดังกล่าว



3. นักเรียนแต่ละกลุ่มเตรียมนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบโดยใช้กระดาษสีที่ครูเตรียมไว้ จากนั้นติดไว้ในชั้นเรียนเป็นเวลา 1 สัปดาห์

4. ชั้นอธิบายเพิ่มเติมและลงรายละเอียด

นักเรียนแต่ละคนศึกษาข้อมูลที่แต่ละกลุ่มจัดแสดงไว้ แล้วสรุปลงในใบงานที่ 5.2 (ตัวอย่างการแยกสารด้วยวิธีต่างๆ)

5. ชั้นประเมินการเรียนรู้

1. นักเรียนแต่ละคนแก้ไขหรือสรุปสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้เพิ่มเติมในใบงานที่ 5.1
2. นักเรียนร่วมกันถามและตอบคำถามที่ยังไม่ได้คำตอบจากใบงานที่ 5.1

สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการเรียนหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน (หน้า 19-27)
2. ใบงานที่ 5.1
3. ใบงานที่ 5.2
4. อุปกรณ์และสารเคมีกิจกรรมที่ 5

แหล่งการเรียนรู้

ห้องสมุด

การวัดผลและการประเมินผล

1. ตรวจใบงานที่ 5.1
2. ตรวจใบงานที่ 5.2
3. รายงานการทดลองกิจกรรมที่ 5

ชื่อ.....ชั้น.....วันที่.....กลุ่มที่.....



ใบงานที่ 5.1 (รู้แล้ว อยากรู้อีก)

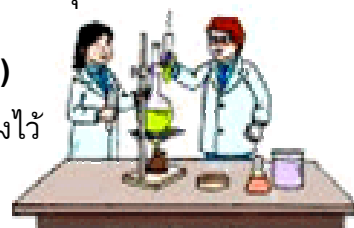
คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาบทเรียนหัวข้อ 4 (หน้า 19-27) แล้วสรุปความรู้ที่ได้และนำเสนอในรูปแบบการสรุปความ รูปภาพพร้อมคำอธิบาย การ์ตูน แผนผังความคิดหรือเกมปริศนาอักษรไขว้ เป็นต้น พร้อมทั้งระบุคำถามหรือสิ่งที่นักเรียนอยากเรียนรู้เพิ่มเติม



ชื่อ.....ชั้น.....วันที่.....กลุ่มที่.....

ใบงานที่ 5.2 (ตัวอย่างการแยกสารด้วยวิธีต่าง ๆ)

คำชี้แจง ให้นักเรียนสรุปตัวอย่างการแยกสารด้วยวิธีต่าง ๆ ที่แต่ละกลุ่มจัดแสดงไว้



แบบบันทึกผลหลังการสอน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง หลักการแยกสารและการประยุกต์ในชีวิตประจำวัน

ความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้

.....

.....

.....

2. ด้านเนื้อหา

.....

.....

.....

3. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ เวลา สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

.....

.....

.....

ผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน

1. ด้านความรู้ความสามารถ

.....

.....

.....

2. ด้านจิตวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

ครูผู้สอน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ รายวิชา วิทยาศาสตร์ 1
 ชั้น มัธยมศึกษาตอนต้น ชื่อแผน สมบัติของสารละลายกรด-เบส
 วันที่ เวลา 150 นาที

โครงสร้างกิจกรรม

กิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เป็นประเภท Open-guided Inquiry จัดอยู่ในระยะที่ 5 ของโครงสร้างกิจกรรมตามแนว fading scaffold technique บทบาทหน้าที่ของครูและนักเรียนเป็นดังนี้

ครูมีบทบาทหน้าที่ในการกำหนดและควบคุมการทำกิจกรรมของนักเรียน ให้คำปรึกษาโดยมีหน้าที่หลักคือ กำหนดประเด็นหรือคำถามที่จะศึกษา	นักเรียนมีบทบาทหน้าที่ในการทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดในบทเรียน และมีบทบาทเพิ่มเติม ดังนี้ - วางแผนและกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ - วางแผนและกำหนดรูปแบบในการบันทึกผลและอภิปรายผลข้อมูล - วิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบ - สรุปผลและนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. ตรวจสอบและอธิบายสมบัติของสารละลายกรด-เบสได้
2. ตรวจสอบหาค่า pH ของสารละลายกรด-เบสโดยใช้อินดิเคเตอร์ได้
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับสมบัติความเป็นกรด-เบสของสารละลายได้
4. อธิบายความหมายของคำว่า ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ และ pH มิเตอร์ได้

ความรู้เดิม

ความรู้พื้นฐานสำหรับการเรียนรู้เรื่องนี้ประกอบด้วย

1. สารละลาย
2. การเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสของสารละลายกรด-เบส

สาระการเรียนรู้

สารละลายกรดมีรสเปรี้ยว มีฤทธิ์ในการกัดกร่อน ทำปฏิกิริยากับโลหะได้แก๊สไฮโดรเจน ทำปฏิกิริยากับหินปูนหรือสารประกอบคาร์บอเนตได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ นำไฟฟ้าได้ และเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง ส่วนสารละลายเบสจะมีรสฝาด ลื่นมือ คล้ายสบู่ มีฤทธิ์ในการกัดกร่อน นำไฟฟ้าได้ และเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน สำหรับสารที่ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสทั้งสองสีจัดว่าเป็นสารละลายที่เป็นกลาง

สารที่ใช้ทดสอบความเป็นกรด-เบสของสารละลาย เรียกว่า **อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส (acid-base indicator)** โดยการเปลี่ยนแปลงสีในสารละลายกรดและสารละลายเบสที่ไม่เหมือนกัน ลิตมัสจัดเป็นอินดิเคเตอร์ชนิดหนึ่ง เป็นสารที่สกัดจากไลเคน ละลายน้ำได้ เมื่อนำกระดาษมาจุ่มจะได้เป็นกระดาษลิตมัสที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ยังมีน้ำคั้นจากพืชชนิดอื่นๆ ที่สามารถนำมาใช้เป็นอินดิเคเตอร์ได้ เช่น น้ำคั้นจากกะหล่ำปลีสีม่วง น้ำคั้นจากดอกอัญชัน น้ำคั้นจากดอกกุหลาบ การทดสอบด้วยอินดิเคเตอร์เหล่านี้ไม่สามารถระบุได้ว่าสารใดเป็นกรดหรือเบสมากกว่ากัน ระดับความเป็นกรด-เบสของสารละลายระบุได้จากค่า pH ซึ่งค่านี้มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนที่เกิดจากไฮโดรเจนที่แตกตัวออกมาจากการรวมตัวกับน้ำ สารละลายที่เป็นกรดจะมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนมากกว่าสารละลายที่เป็นเบส สำหรับสารละลายที่มี pH เท่ากับ 7 จะมีสมบัติเป็นกลาง สารละลายที่มี pH ต่ำกว่า 7 จะมีสมบัติเป็นกรด และสารละลายที่มี pH มากกว่า 7 จะมีสมบัติเป็นเบส ดังนั้น การหาค่า pH ของสารละลายหนึ่งๆ อาจจะต้องใช้อินดิเคเตอร์หลายๆ ชนิดมาทดสอบ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ pH ของสารละลายร่วมกัน แต่วิธีนี้ไม่สะดวกในการใช้ จึงมีการนำอินดิเคเตอร์หลายๆ ชนิด ซึ่งเปลี่ยนสีในช่วง pH ต่างๆ กันมาผสมกันในสัดส่วนที่เหมาะสม เรียกว่า ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนสีได้ในสารละลายที่มี pH ต่างๆ สามารถใช้บอกค่า pH ของสารละลายได้ตั้งแต่ 1–14 นอกจากนี้ การระบุค่า pH ที่ละเอียดถูกต้องอีกวิธีหนึ่งอาจใช้เครื่องมือวัดที่เรียกว่า pH มิเตอร์ โดยจะบอกค่า pH เป็นตัวเลขที่หน้าปัด จึงได้ค่าที่ละเอียดกว่า

การเตรียมล่วงหน้า

1. นักเรียนแต่ละคนศึกษาและสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ และสิ่งที่อยากรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ เรื่อง สมบัติของสารละลายกรด-เบส ลงในใบงานที่ 6.1 (รู้แล้ว อยากรู้อีก)
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกหัวข้อการค้นคว้า สำหรับกิจกรรมที่ 6 สมบัติของสารละลายกรด-เบส ดังนี้

ปฏิกิริยาของสารละลายกรดกับโลหะ

ปฏิกิริยาของสารละลายกรดกับสารประกอบคาร์บอเนต

สมบัติของสารละลายเบส และสารละลายที่เป็นกลาง

ความหมายของค่า pH

การตรวจสอบความเป็นกรด-เบสโดยใช้อินดิเคเตอร์
 การตรวจสอบความเป็นกรด-เบสโดยใช้น้ำคั้นจากพืช
 ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ และ pH มิเตอร์
 ค่า pH ของสารรอบตัวและสารในร่างกาย

- นักเรียนแต่ละกลุ่มเตรียมนำเสนอและสาธิตเกี่ยวกับหัวข้อที่รับผิดชอบในชั้นเรียน (กลุ่มละ 10 นาที) พร้อมทั้งเตรียมสารเคมีและอุปกรณ์ที่ต้องการใช้สำหรับการสาธิตไว้ล่วงหน้า

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ขั้นนำเข้าสู่กิจกรรม

- นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสมบัติการเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสของสารละลายกรด-เบส
- นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสมบัติอื่นๆ ของสารละลายกรด-เบส และวิธีการตรวจสอบ

2. ขั้นสำรวจหาข้อมูล ข้อสนเทศ (Open-guided Inquiry, ระยะที่ 5)



- นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมที่ 6 สมบัติของสารละลายกรด-เบส
- นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอและสาธิตการค้นคว้าที่เตรียมมาในชั้นเรียน (กลุ่มละ 10 นาที) ตามหัวข้อ ดังนี้
 - ปฏิกริยาของสารละลายกรดกับโลหะ
 - ปฏิกริยาของสารละลายกรดกับสารประกอบคาร์บอเนต
 - สมบัติของสารละลายเบส และสารละลายที่เป็นกลาง
 - ความหมายของค่า pH
 - การตรวจสอบความเป็นกรด-เบสโดยใช้อินดิเคเตอร์
 - การตรวจสอบความเป็นกรด-เบสโดยใช้น้ำคั้นจากพืช
 - ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ และ pH มิเตอร์
 - ค่า pH ของสารรอบตัวและสารในร่างกาย

3. ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป



นักเรียนร่วมกันอภิปราย ซักถามข้อสงสัย หรือเสนอแนะข้อคิดเห็นเพิ่มเติมหลังจากการนำเสนอของแต่ละกลุ่ม

4. ขั้นอธิบายเพิ่มเติมและลงรายละเอียด

นักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปสมบัติทั้งหมดของสารละลายกรด-เบสที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า โดยครูอาจเพิ่มเติมประเด็นเกี่ยวกับสมบัติอื่นๆ ที่นักเรียนไม่ได้กล่าวถึง

5. ขั้นตอนประเมินการเรียนรู้

1. นักเรียนแต่ละคนแก้ไขหรือสรุปสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้เพิ่มเติมในใบงานที่ 6.1
2. นักเรียนร่วมกันถามและตอบคำถามที่ยังไม่ได้คำตอบจากใบงานที่ 6.1

สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการเรียนหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สสารในชีวิตประจำวัน (หน้า 28-33)
2. ใบงานที่ 6.1
3. อุปกรณ์และสารเคมีกิจกรรมที่ 6

แหล่งการเรียนรู้

ห้องสมุด

การวัดผลและการประเมินผล

1. ตรวจใบงานที่ 6.1 (รู้แล้ว อยากรู้อีก)
2. การนำเสนอในชั้นเรียนและการมีส่วนร่วมในการซักถามและแสดงความคิดเห็น

ชื่อ.....ชั้น.....วันที่.....กลุ่มที่.....



เข้าใจค่ะ

ใบงานที่ 6.1 (รู้แล้ว อยากรู้อีก)

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาบทเรียนหัวข้อ 5.1-5.2 (หน้า 28-33) แล้วสรุปความรู้ที่ได้และนำเสนอในรูปแบบการสรุปความรู้ รูปภาพพร้อมคำอธิบาย การ์ตูน แผนผังความคิดหรือเกมปริศนาอักษรไขว้ เป็นต้น พร้อมทั้งระบุคำถามหรือสิ่งที่นักเรียนอยากเรียนรู้เพิ่มเติม



แบบบันทึกผลหลังการสอน
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง สมบัติของสารละลายกรด-เบส

ความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้

.....

.....

.....

2. ด้านเนื้อหา

.....

.....

.....

3. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ เวลา สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

.....

.....

.....

ผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน

1. ด้านความรู้ความสามารถ

.....

.....

.....

2. ด้านจิตวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

ครูผู้สอน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

รายวิชา วิทยาศาสตร์ 1

ชั้น มัธยมศึกษาตอนต้น

ชื่อแผน สารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวัน

วันที่

เวลา 200 นาที

โครงสร้างกิจกรรม

กิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เป็นประเภท Open-ended Inquiry จัดอยู่ในระยะที่ 6 ของโครงสร้างกิจกรรมตามแนว fading scaffold technique บทบาทหน้าที่ของครูและนักเรียนเป็นดังนี้

ครูมีบทบาทหน้าที่ในการควบคุมการทำกิจกรรมและให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	นักเรียนมีบทบาทหน้าที่ในการทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดในบทเรียน และมีบทบาทเพิ่มเติม ดังนี้ - กำหนดประเด็นหรือคำถามที่จะศึกษา - วางแผนและกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ - วางแผนและกำหนดรูปแบบในการบันทึกผลและอภิปรายผลข้อมูล - วิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบ - สรุปผลและนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. สำรวจตรวจสอบ และอธิบายสมบัติของสารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวันได้
2. ยกตัวอย่างปฏิกิริยาของสารละลายกรด-เบสกับสารบางชนิดที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน
3. เสนอแนะวิธีการใช้สารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

ความรู้เดิม

ความรู้พื้นฐานสำหรับการเรียนรู้เรื่องนี้ประกอบด้วย

1. สารละลาย
2. สมบัติของสารละลายกรด-เบส
3. อินดิเคเตอร์สำหรับสารละลายกรด-เบส

สาระการเรียนรู้

สารละลายกรดและเบสมีบทบาทที่สำคัญในชีวิตประจำวัน มีอยู่ทั้งในธรรมชาติและที่สังเคราะห์ขึ้นมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น อาหาร ยารักษาโรค สารทำความสะอาดเครื่องใช้ พื้นห้องน้ำ สุขภัณฑ์ และสารทำความสะอาดร่างกาย ตัวอย่างสารละลายกรดที่คุ้นเคยในชีวิตประจำวัน เช่น กรดแอสคอร์บิก (วิตามินซี) ในน้ำฝรั่ง น้ำส้ม กรดแอสติกในน้ำส้มสายชู กรดซิตริกในน้ำส้มและน้ำมะนาว กรดคาร์บอนิกในน้ำโซดาและน้ำอัดลม ส่วนสารละลายเบสที่คุ้นเคยในชีวิตประจำวันเช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซดาไฟ ใช้ในการทำสบู่และกระดาษ ล้างท่อระบายน้ำที่อุดตัน โซเดียมคาร์บอเนตหรือโซดาซักผ้า ใช้ในการผลิตแก้วและใช้แก้ น้ำกระด้าง โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตหรือโซดาทำขนม ใช้ทำขนมปัง และเป็นยาลดกรด

ในแต่ละวันมีการใช้สารที่เป็นกรด-เบสหลายชนิด การใช้สารเหล่านี้ต้องคำนึงถึงสมบัติของสารที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงผลของการใช้สารที่อาจมีต่อสิ่งมีชีวิตอื่นและสิ่งแวดล้อมด้วย จึงควรศึกษาสมบัติของสาร วิธีการใช้ และการป้องกันอันตรายอย่างถูกวิธี

การเตรียมล่วงหน้า

นักเรียนแต่ละกลุ่มหาข้อมูลเกี่ยวกับสารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวัน ผลกระทบหรืออุบัติเหตุที่เกิดจากการใช้สารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวัน จากแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น ห้องสมุด อินเทอร์เน็ต หนังสือพิมพ์ กลุ่มละ 1 เรื่อง และเตรียมเล่าให้เพื่อนในชั้นเรียนฟัง

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ชี้นำเข้าสู่กิจกรรม

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มเล่าเรื่องที่เตรียมไว้ให้เพื่อนๆ ในชั้นเรียนฟัง
2. นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับความสำคัญของสารละลายกรด-เบส รวมทั้งผลกระทบหรืออุบัติเหตุที่เกิดจากการใช้สารละลายกรด-เบส

2. ขั้นสำรวจหาข้อมูล ข้อสนเทศ (Open Inquiry, ระยะที่ 6)



1. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมที่ 7 สารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวัน โดยร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการประยุกต์ความรู้เรื่อง สมบัติของสารละลายกรด-เบส เพื่อศึกษาสิ่งที่นักเรียนสนใจ



2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเพื่าวางแผนและกำหนดแนวทางในการศึกษาทดลองประเด็นที่กลุ่มสนใจ พร้อมทั้งเตรียมสารเคมีและอุปกรณ์



3. นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาทดลองตามแผนการที่เตรียมไว้

3. ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป



1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูล อภิปรายและสรุปผลการศึกษา และเตรียมนำเสนอผลการศึกษาในรูปแบบของป้ายนิเทศ



2. แต่ละกลุ่มนำเสนอผลการศึกษาในชั้นเรียน และเปิดโอกาสให้เพื่อนนักเรียนซักถามข้อสงสัย หรือเสนอแนะข้อคิดเห็นเพิ่มเติมหลังจากเสร็จสิ้นการนำเสนอ (นักเรียนสรุปการศึกษาทดลองของเพื่อนแต่ละกลุ่มลงในใบงานที่ 7.1 (การศึกษาทดลองเกี่ยวกับสารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวัน)



3. แต่ละกลุ่มนำป้ายนิเทศไปติดตามจุดต่างๆ ในโรงเรียนตามความเหมาะสม เพื่อเผยแพร่ความรู้ที่ได้

4. ขั้นอธิบายเพิ่มเติมและลงรายละเอียด

นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการใช้สารละลายกรด-เบสอย่างถูกต้องและปลอดภัยตามรายละเอียดในบทเรียน

5. ขั้นประเมินการเรียนรู้

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทบทวนข้อมูลจากใบงานที่ 1 และจากการอภิปรายตามรายละเอียดในบทเรียน แล้ววิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสรุปเป็นข้อเสนอแนะวิธีการใช้สารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย ลงในใบงานที่ 7.2

สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการเรียนหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน
2. (หน้า 34-35)
3. ใบงานที่ 7.1
4. ใบงานที่ 7.2
5. อุปกรณ์และสารเคมีกิจกรรมที่ 7

แหล่งการเรียนรู้

ห้องสมุด

การวัดผลและการประเมินผล

1. การนำเสนอในชั้นเรียนและการมีส่วนร่วมในการซักถามและแสดงความคิดเห็น
2. ตรวจใบงานที่ 7.1
3. ตรวจใบงานที่ 7.2

กลุ่มที่.....เรื่องที่ศึกษา.....

สรุปผลการศึกษาทดลอง

[illegible]

กลุ่มที่.....เรื่องที่ศึกษา.....

สรุปผลการศึกษาทดลอง

[illegible]

กลุ่มที่.....เรื่องที่ศึกษา.....

สรุปผลการศึกษาทดลอง

[illegible]

กลุ่มที่.....เรื่องที่ศึกษา.....

สรุปผลการศึกษาทดลอง

[illegible]

กลุ่มที่.....เรื่องที่ศึกษา.....

สรุปผลการศึกษาทดลอง

[illegible]

กลุ่มที่.....เรื่องที่ศึกษา.....

สรุปผลการศึกษาทดลอง

[illegible]

ชื่อ.....ชั้น.....วันที่.....กลุ่มที่.....

ใบงานที่ 7.2

(ข้อเสนอแนะวิธีการใช้สารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย)



คำชี้แจง ให้นักเรียนทบทวนข้อมูลในใบงานที่ 7.1 แล้ววิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสรุปเป็นข้อเสนอแนะ และวิธีการใช้สารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย



แบบบันทึกผลหลังการสอน
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง สารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวัน

ความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้

.....

.....

.....

2. ด้านเนื้อหา

.....

.....

.....

3. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ เวลา สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

.....

.....

.....

ผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน

1. ด้านความรู้ความสามารถ

.....

.....

.....

2. ด้านจิตวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

ครูผู้สอน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เอกสารประกอบการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ สสารในชีวิตประจำวัน



กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ช่วงชั้นที่ 3 (ม.1 – ม.3)

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารและสมบัติของสาร.....	1
สสารและสาร.....	1
สมบัติของสาร.....	2
การจำแนกสาร.....	3
การจำแนกสารตามสถานะของสาร.....	3
การจำแนกสารตามลักษณะของเนื้อสาร.....	4
การจำแนกตามขนาดอนุภาคของสาร.....	5
สารละลาย.....	11
องค์ประกอบของสารละลาย.....	11
การละลายของสาร.....	14
การเตรียมสารละลาย.....	15
การแยกสาร.....	19
การตกผลึก.....	20
การสกัดด้วยตัวทำละลาย.....	22
การกลั่น.....	23
การกลั่นด้วยไอน้ำ.....	24
โครมาโทกราฟีกระดาษ.....	26
สารละลายกรด-เบส.....	28
สมบัติของกรด-เบส.....	28
การตรวจสอบความเป็นกรด-เบสของสารละลาย.....	30
สารละลายกรดและเบสในชีวิตประจำวัน.....	34

สสารในชีวิตประจำวัน

1 สารและสมบัติของสาร



1.1 สารและสาร

สิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัวเรารู้จักว่าเป็น **สสาร** (matter) มีสมบัติร่วมกันคือ มีมวล ต้องการที่อยู่ และสามารถสัมผัสได้ เช่น อาคารบ้านเรือน เครื่องใช้ ถ่านไม้ ดิน หิน อากาศ อาหาร ต้นไม้ แมลง และมนุษย์ สารต่างๆ เหล่านี้ล้วนมี **สาร** (substance) เป็นองค์ประกอบ โดยสารแต่ละชนิดจะมีสมบัติที่แน่นอน โดยทั่วไปแล้ว เราอาจใช้คำว่าสารและสารแทนกันได้ ตัวอย่างสารและสารในชีวิตประจำวัน เช่น

เหรียญบาท เป็นสารที่มี **ทองแดง** และ **นิกเกิล** เป็นองค์ประกอบ

ถ่านไม้ เป็นสารที่มี **คาร์บอน** เป็นองค์ประกอบ

น้ำหวาน เป็นสารที่มี **น้ำตาล** **น้ำ** และ **สี** เป็นองค์ประกอบ

น้ำโซดา เป็นสารที่มี **น้ำ** และ **แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์** เป็นองค์ประกอบ

ตะปู เป็นสารที่มี **เหล็ก** เป็นองค์ประกอบ



นักเรียนลองยกตัวอย่างสารและสารอื่น ๆ ที่นักเรียนรู้จักว่ามีอะไรบ้าง

1.2 สมบัติของสาร

การที่เราสามารถบ่งชี้ว่าสารที่เห็นนั้นคือสารอะไรได้ก็เนื่องจากสารแต่ละชนิดมีสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกัน เช่น สถานะ สี กลิ่น รส การละลาย จุดเดือด การนำไฟฟ้า การเกิดสนิม การเผาไหม้ ลักษณะเฉพาะตัวของสารเหล่านี้จัดว่าเป็น **สมบัติของสาร** แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. สมบัติทางกายภาพ (physical property)

หมายถึง สมบัติของสารที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่ายจากรูปร่างลักษณะภายนอก เช่น สถานะ รูปร่าง สี กลิ่น รส การละลาย จุดเดือด จุดหลอมเหลว การนำความร้อน การนำไฟฟ้า ความร้อนแฝง ความหนาแน่น



2. สมบัติทางเคมี (chemical property)

หมายถึง สมบัติที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบภายในของสารและการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น ความเป็นกรด-เบส การเกิดสารใหม่ การเผาไหม้ การสลายตัวเกิดเป็นสารใหม่ การระเบิด



นักเรียนลองยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีที่นักเรียนรู้จัก



การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของสาร จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสาร ไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น ส่วนใหญ่เป็นการเปลี่ยนแปลงเฉพาะรูปร่างลักษณะภายนอกเท่านั้น สามารถทำให้กลับคืนสู่สภาพเดิมได้ง่าย เช่น การระเหยของน้ำ การละลายของเกลือแกง



ปฏิกิริยาเคมีจะต้องเกิดสารใหม่ขึ้นเสมอ มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในของสารทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของสารด้วย สารใหม่ที่เกิดขึ้นจึงมีสมบัติแตกต่างไปจากสารเดิม ซึ่งเป็นการเปลี่ยนอย่างถาวรจะทำให้กลับมาเป็นสภาพเดิมโดยวิธีง่ายๆ ไม่ได้ สารใหม่ที่เกิดขึ้นในบางปฏิกิริยาอาจจะสังเกตเห็นได้ง่าย เช่น มีแก๊ส เกิดตะกอน สีของสารเปลี่ยนไป เช่น การบูดเน่าของอาหาร การเกิดสนิมเหล็ก การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

2 การจำแนกสาร

ในโลกของเรามีสารต่างๆ เป็นจำนวนมาก สารบางชนิดมีสมบัติคล้ายกัน แต่บางชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน เพื่อความสะดวกในการศึกษาค้นคว้าจึงต้องมีการจัดหมวดหมู่ของสาร โดยใช้สมบัติต่างๆ ของสารเป็นเกณฑ์ เช่น สถานะ สี ลักษณะเนื้อสาร ขนาดของอนุภาค ความบริสุทธิ์ การละลาย การนำไฟฟ้า

2.1 การจำแนกสารตามสถานะของสาร

สารต่างๆ รอบตัวมีอยู่ 3 สถานะ ได้แก่ ของแข็ง ของเหลวและแก๊ส การจัดหมวดหมู่สารตามสถานะให้พิจารณาจากสมบัติดังต่อไปนี้



1. **ของแข็ง** (solid ; s) เป็นสถานะของสารที่มีรูปร่างแน่นอน เนื่องจากโมเลกุลยึดเหนี่ยวกันอย่างแน่นหนา ปริมาตรคงที่ เช่น เหล็ก หิน ดิน ไม้ ปูน กระเบื้อง แก้ว ลูกเหม็น
2. **ของเหลว** (liquid ; l) เป็นสถานะของสารที่มีรูปร่างไม่แน่นอน เนื่องจากโมเลกุลยึดเหนี่ยวกันอย่างหลวมๆ รูปร่างเปลี่ยนแปลงได้ตามภาชนะที่บรรจุ ปริมาตรคงที่ เช่น พรอท น้ำ น้ำหวาน น้ำหอม น้ำอัดลม
3. **แก๊ส** (gas ; g) เป็นสถานะของสารที่มีรูปร่างไม่แน่นอน เนื่องจากโมเลกุลยึดเหนี่ยวกันน้อยมากและฟุ้งกระจายอย่างอิสระ รูปร่างและปริมาตรเปลี่ยนแปลงได้ตามภาชนะที่บรรจุ เช่น แก๊สไฮโดรเจน แก๊สฮีเลียม อากาศ



รูปภาพ 1 แสดงแบบจำลองการจัดอนุภาคของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส



ให้นักเรียนพิจารณาการเปลี่ยนสถานะของน้ำจากรูปภาพด้านล่าง



น้ำแข็ง



น้ำ



ไอน้ำ

นักเรียนคิดว่าปัจจัยใดส่งผลให้น้ำมีการเปลี่ยนแปลงสถานะ และปัจจัยดังกล่าวส่งผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสารชนิดอื่น ๆ ด้วยหรือไม่

2.2 การจำแนกสารตามลักษณะของเนื้อสาร

เมื่อพิจารณาจากเนื้อสารจะจำแนกสารออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ สารเนื้อเดียวและสารเนื้อผสม การจัดหมวดหมู่สารตามลักษณะของเนื้อสารให้พิจารณาจากสมบัติดังต่อไปนี้

1. **สารเนื้อเดียว** (homogeneous substance) เป็นสารที่มีลักษณะของเนื้อสารและสมบัติเหมือนกันตลอดทุกสัดส่วน เช่น น้ำเกลือ น้ำกลั่น ลูกเหม็น น้ำตาลทราย แอลกอฮอล์ เหล็ก
2. **สารเนื้อผสม** (heterogeneous substance) เป็นสารที่มีลักษณะของเนื้อสารและสมบัติไม่เหมือนกันตลอดทุกสัดส่วน สามารถมองเห็นองค์ประกอบที่แตกต่างกันของสารได้อย่างชัดเจน เช่น พริกเกลือ แกงจืด ดิน น้ำโคลน น้ำแป้งดิบ คอนกรีต





2.3 การจำแนกตามขนาดอนุภาคของสาร

เมื่อพิจารณาสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาผสมกัน โดยมีอนุภาคของสารหนึ่งแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของอีกสารหนึ่งอย่างสม่ำเสมอ เราสามารถจำแนกสารดังกล่าวออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ สารแขวนลอย คอลลอยด์ และสารละลาย สมบัติของสารแต่ละกลุ่มพิจารณาได้ดังนี้

1. **สารแขวนลอย** (suspension) เป็นสารเนื้อผสมที่ประกอบด้วยอนุภาคของแข็งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 10^{-4} ซม. กระจายกระจายอยู่ในตัวกลางที่เป็นของเหลวหรือแก๊ส สารที่มีขนาดอนุภาคใหญ่มากจะมองเห็นอนุภาคได้อย่างชัดเจน เมื่อตั้งไว้จะตกตะกอน แต่ถ้าสารที่มีขนาดอนุภาคเล็กจะไม่ตกตะกอนทำให้สารนั้นขุ่น ตัวอย่างของสารแขวนลอยที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เช่น น้ำแป้งดิบ น้ำแกงส้ม น้ำโคลน น้ำอบไทย



รูปภาพ 2 ก. น้ำโคลน และ ข. น้ำโคลนที่ตกตะกอน

ในชีวิตประจำวัน เราใช้น้ำเพื่อทำความสะอาดสิ่งของต่างๆ เพราะน้ำละลายสารต่างๆ ได้ดี สมบัติเกี่ยวกับการละลายสารได้ดีทำให้น้ำมีสิ่งเจือปนอยู่ด้วยเสมอ สิ่งเจือปนในน้ำอาจทำให้น้ำมีสมบัติเปลี่ยนไป การใช้น้ำสำหรับอุปโภคบริโภคจึงควรเลือกจากแหล่งน้ำที่สะอาด มีสิ่งเจือปนอยู่น้อย ในกรณีที่ต้องใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีสิ่งเจือปนมากจำเป็นต้องแยกสิ่งเจือปนบางส่วนออกจากน้ำก่อน



การแยกสิ่งเจือปนออกจากน้ำให้น้ำสะอาดเพื่อการอุปโภคบริโภคทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำที่ต้องการ น้ำใช้สำหรับการซักล้างทำความสะอาดทั่วไปอาจแยกสิ่งเจือปนได้โดยการกรองแยกสารแขวนลอยขนาดใหญ่ออกจากน้ำ การตกตะกอนสารแขวนลอยที่มีขนาดเล็กโดยการเติมสารบางชนิดที่มีสมบัติทำให้สารแขวนลอยรวมตัวกัน เช่น สารส้ม หรือโอโรอน (III) คลอไรด์ (FeCl_3) ทำให้ตะกอนที่มีขนาดเล็กรวมตัวกันและตกตะกอนแยกออกมา จากนั้นจึงกรองแยกสิ่งเจือปนขนาดเล็กอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะได้น้ำที่มีคุณภาพดีพอสำหรับใช้ซักล้างทำความสะอาด

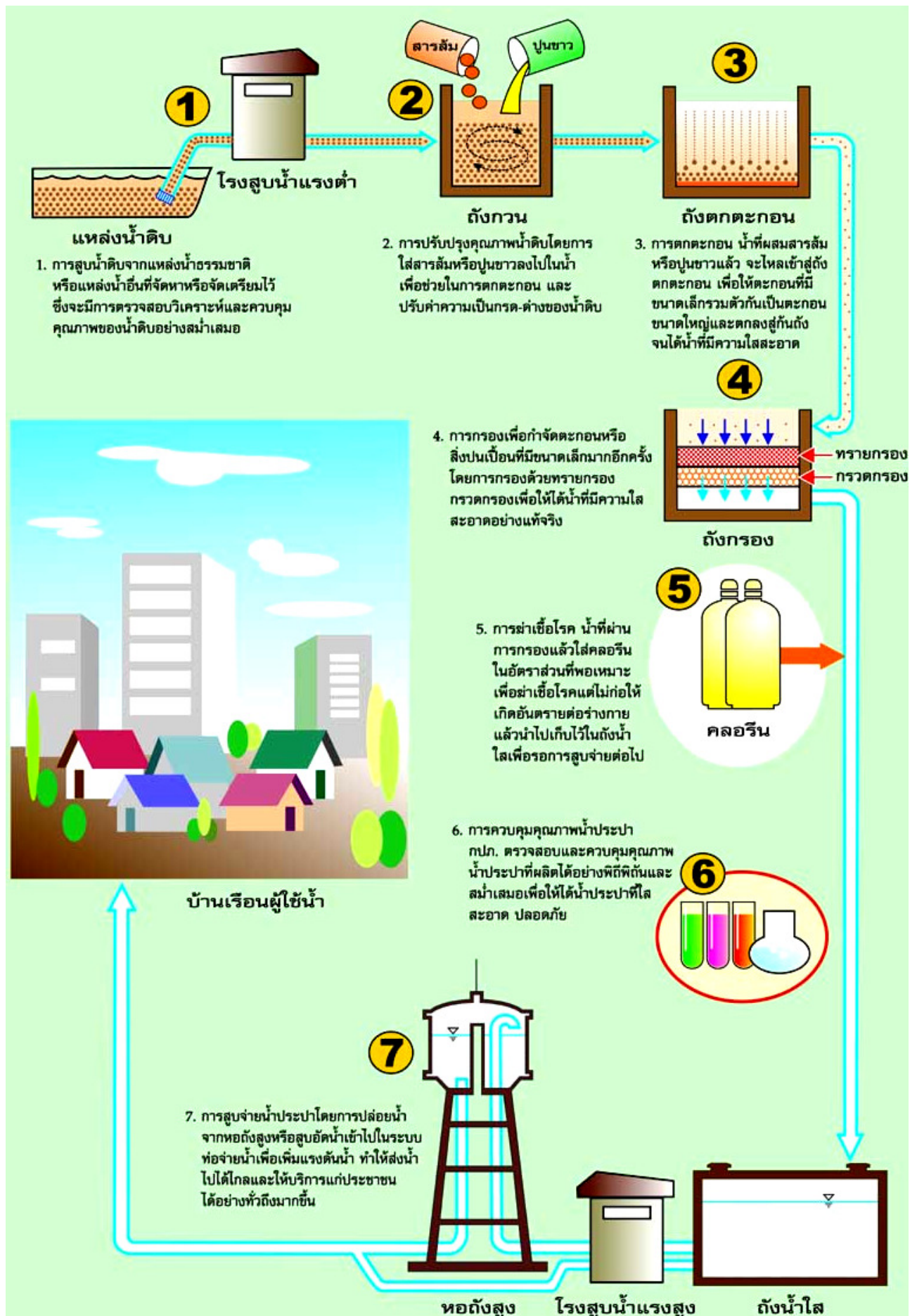
น้ำสำหรับดื่มต้องมีความสะอาดมากกว่าน้ำใช้ การทำน้ำดื่มจึงมีหลายขั้นตอนและต้องนำน้ำมาทำให้ปราศจากเชื้อโรคด้วย การกำจัดเชื้อโรคในน้ำทำได้หลายวิธี เช่นเติมคลอรีน ผ่านโอโซนลงในน้ำ นำน้ำไปต้มหรือกลั่นเพื่อฆ่าจุลินทรีย์ นักเรียนสามารถศึกษาขั้นตอนการผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคได้จากรูปภาพ 3



ยารักษาโรคหลายชนิด เช่น ยาแก้ไอ น้ำตา ยาธาตุ น้ำแดง อยู่ในสภาพของสารแขวนลอย ดังนั้นจึงควรเขย่าขวดยาก่อนรับประทาน เพื่อให้ตัวยาที่ตกตะกอนอยู่ผสมรวมกับน้ำหรือของเหลวในขวดยานั้นโดยทั่วถึง

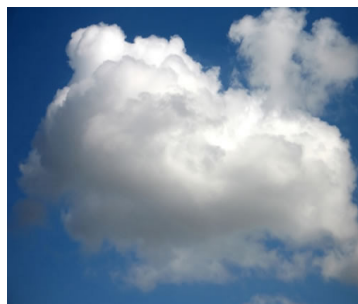


ทุกๆ คนที่อยู่ภายในบ้าน ภายในชุมชน ท้องถิ่น ตลอดจนทุกคนภายในประเทศต่างๆ ทั่วโลกควรมีส่วนร่วมกันเฝ้าระวังรักษาคุณภาพของน้ำและอนุรักษ์แหล่งน้ำ เพราะน้ำจัดเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่จำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตทุกชีวิตที่อยู่บนโลกนี้ ถ้าขาดน้ำสะอาดแล้วทุกๆ ชีวิตบนโลกนี้ก็จะไม่มีชีวิตอยู่ไม่ได้ ดังนั้นจึงต้องสร้างจิตสำนึกร่วมกันที่จะช่วยกันดูแลรักษาคุณภาพน้ำและอนุรักษ์แหล่งน้ำในธรรมชาติให้คงอยู่ตลอดไป



รูปภาพ 3 ขั้นตอนการผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค

2. **คอลลอยด์** (colloid) เป็นของผสมที่ประกอบด้วยสารที่มีอนุภาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง $10^{-4} - 10^{-7}$ ซม. กระจายในตัวกลางที่อาจเป็นของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส เราสามารถพบคอลลอยด์ได้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน เช่น นมสด น้ำสลัด น้ำแป้งสุก เมฆ หมอก คาร์บอนไฟเบอร์ ฝุ่นละอองในอากาศ



ก. เมฆ



ข. น้ำสลัด



ค. วุ้น

รูปภาพ 4 แสดงตัวอย่างสารประเภทคอลลอยด์

คอลลอยด์มีหลายประเภท การจัดประเภทของคอลลอยด์แบ่งตามสถานะของอนุภาคที่กระจายอยู่ในตัวกลางและสถานะของตัวกลาง ดังข้อมูลในตาราง 1



ตาราง 1 ประเภทของคอลลอยด์

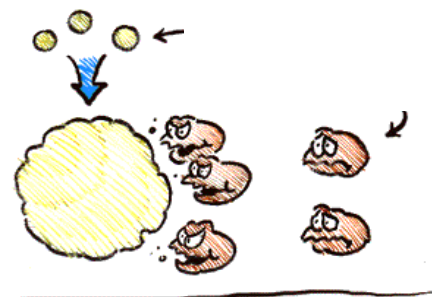
ชนิดของคอลลอยด์	สถานะของอนุภาค	สถานะของตัวกลาง	ตัวอย่าง
1. ซอลส์ (Sols)	ของแข็ง	ของเหลว	ผงทองคำในน้ำ โปรตีนในน้ำ
2. อิมัลชัน (Emulsion)	ของเหลว	ของเหลว	นมสด น้ำสลัด น้ำกะทิ
3. เจล (Gel)	ของแข็ง	ของเหลว	วุ้น เยลลี่ กาว ยาสีฟัน
4. แอโรซอล (Aerosol)	ของแข็ง	แก๊ส	ฝุ่นละอองในอากาศ
	ของเหลว	แก๊ส	เมฆ หมอก สเปรย์ต่างๆ
5. โฟมของเหลว (Liquid foam)	แก๊ส	ของเหลว	ฟองสบู่ ครีมโกนหนวด
6. โฟมของแข็ง (Solid foam)	แก๊ส	ของแข็ง	ฟองน้ำ เม็ดโฟม

อิมัลชัน (Emulsion) เป็นคอลลอยด์ที่เกิดจากของเหลว 2 ชนิดผสมกันแต่ไม่ผสมกลมกลืนกัน ซึ่งสามารถใช้วิธีการเขย่าอย่างแรงเพื่อให้ของเหลวทั้ง 2 ชนิด แตกตัวเป็นอนุภาคเล็กๆ กระจายตัวแทรกอยู่ระหว่างกันอย่างทั่วถึง การกระจายตัวนี้ไม่ถาวรและเมื่อตั้งทิ้งไว้ของเหลวทั้งสองจะแยกตัวเป็นชั้นไม่สามารถเข้ากันได้ ดังนั้น เพื่อให้ของเหลวทั้งสองเข้ากันได้และไม่แยกตัวเป็นชั้นจึงมีการเติมสารบางชนิดที่ช่วยให้อนุภาคของสารทั้งสองแทรกตัวกันอยู่ได้นาน สารชนิดนี้เรียกว่า "**อิมัลซิฟายเออร์** (Emulsifier)" ตัวอย่างของคอลลอยด์ประเภทอิมัลชันและสารที่ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิฟายเออร์ ได้แก่



✚ ในการซักผ้าหรือล้างถ้วยชาม คราบไขมันจะรวมตัวกับน้ำแล้วหลุดออกมาจากเสื้อผ้าและถ้วยชามได้โดยมี **ผงซักฟอกหรือน้ำยาล้างจาน** ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิฟายเออร์

✚ ในน้ำสลัด น้ำมันพืชจะผสมกับน้ำส้มสายชูได้โดยมี **ไข่ขาวดิบ** ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิฟายเออร์

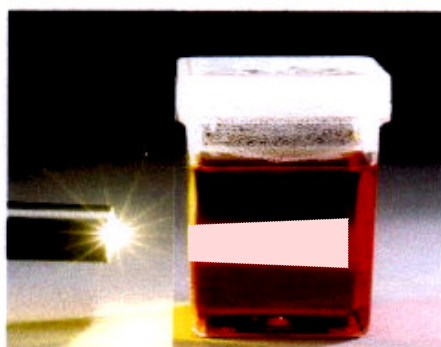


✚ ในน้ำมันสด ไขมันสัตว์และน้ำสามารถรวมตัวกันได้โดยมี **เคซีน** ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งเป็นอิมัลซิฟายเออร์

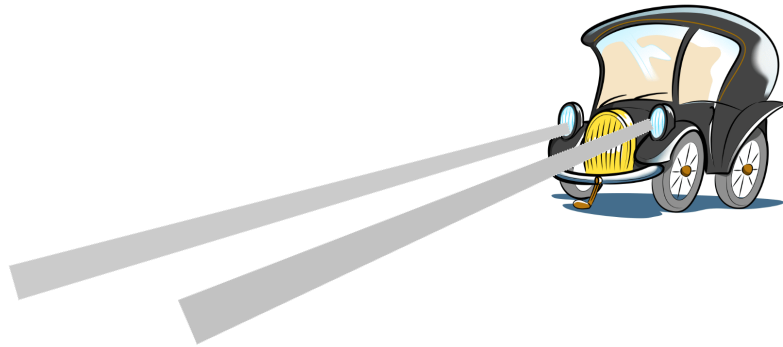
✚ ในการย่อยอาหาร ไขมันจะแพร่กระจายและรวมตัวกับน้ำย่อยได้โดยมี **น้ำดี** เป็นอิมัลซิฟายเออร์



สมบัติเฉพาะตัวของคอลลอยด์ประการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบสารประเภทคอลลอยด์ได้ คือ **ปรากฏการณ์ทินดอลล์** (Tyndall effect) หมายถึง ปรากฏการณ์ที่แสงตกกระทบกับอนุภาคของคอลลอยด์แล้วเราสามารถมองเห็นลำแสงในคอลลอยด์ได้ เนื่องจากอนุภาคในคอลลอยด์มีขนาดใกล้เคียงกับความยาวคลื่นแสง เมื่อแสงเดินทางไปกระทบอนุภาคเหล่านี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางของแสงหรือเกิดการกระเจิงของแสง



รูปภาพ 5 แสดงปรากฏการณ์ทินดอลล์



ในชีวิตประจำวันจะพบว่าการมองเห็นลำแสงจากโคมไฟขณะที่บรรยากาศมีฝุ่นละอองนั้น เกิดจากการกระเจิงแสงโดยฝุ่นขนาดเล็กๆ ที่ฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศ แสดงว่าอากาศที่มีฝุ่นละอองเจือปน ก็เป็นคอลลอยด์ ถ้าเราสังเกตแสงจากไฟหน้ารถยนต์หรือกระบอกไฟฉายในเวลากลางคืนหลังฝนตกใหม่ๆ จะพบว่าไฟสว่างน้อยกว่าปกติ เนื่องจากอากาศในขณะนั้นมีฝุ่นละอองน้อยมาก แสงเดินทางจากแหล่งกำเนิดแสงออกไปเป็นเส้นตรงโดยไม่เกิดการกระเจิง

3. **สารละลาย** (solution) เป็นสารเนื้อเดียวที่ประกอบด้วยสารตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป ละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยไม่เกิดปฏิกิริยาเคมี มีสัดส่วนขององค์ประกอบเหมือนกันตลอดทั้งสารละลายนั้น อนุภาคในสารละลายมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 10^{-7} ซม. สารละลายอาจปรากฏในสถานะของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ตัวอย่างของสารละลาย เช่น น้ำเชื่อม น้ำเกลือ น้ำอัดลม น้ำส้มสายชู ทองเหลือง แก๊สหุงต้ม อากาศ



นักเรียนคิดว่าเมื่อแสงเดินทางผ่านสารแขวนลอยหรือสารละลายจะเห็นลำแสง เช่นเดียวกับคอลลอยด์หรือไม่ เพราะเหตุใด

รายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบของสารละลาย การละลายของสาร และการเตรียมสารละลายจะได้กล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

3 สารละลาย

3.1 องค์ประกอบของสารละลาย

สารละลายเป็นสารเนื้อเดียวที่ประกอบด้วยสารตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยไม่เกิดปฏิกิริยาเคมีตามที่กล่าวมา ซึ่งองค์ประกอบของสารละลายไม่สามารถแยกได้ด้วยตาเปล่า สารละลายประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ

1. **ตัวทำละลาย** (solvent)

เป็นสารที่ละลายสารชนิดอื่น

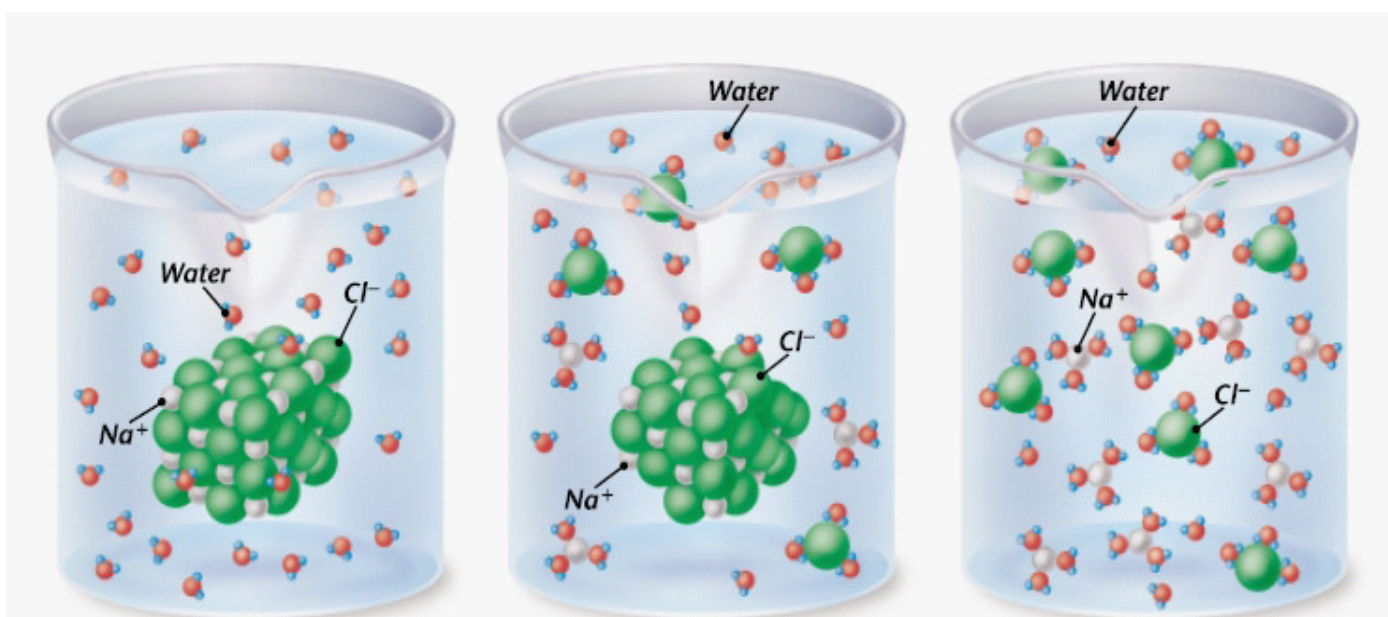
2. **ตัวละลาย** (solute)

เป็นสารที่ถูกละลายโดยตัวทำละลาย

เมื่อพิจารณาการละลายเกลือแกงในน้ำ สารละลายที่ได้ใสไม่มีสี จึงดูเหมือนว่าเกลือแกงหายไป แต่ความจริงแล้วอนุภาคเกลือแกงกระจายอยู่ในน้ำในรูปของไอออน โดยมีอนุภาคของน้ำล้อมรอบอยู่ ดังภาพ 3.6



เกลือแกง (โซเดียมคลอไรด์) มีสัญลักษณ์ทางเคมีคือ NaCl เมื่อละลายน้ำ ผลึกเกลือแกงจะแตกตัวให้โซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-)

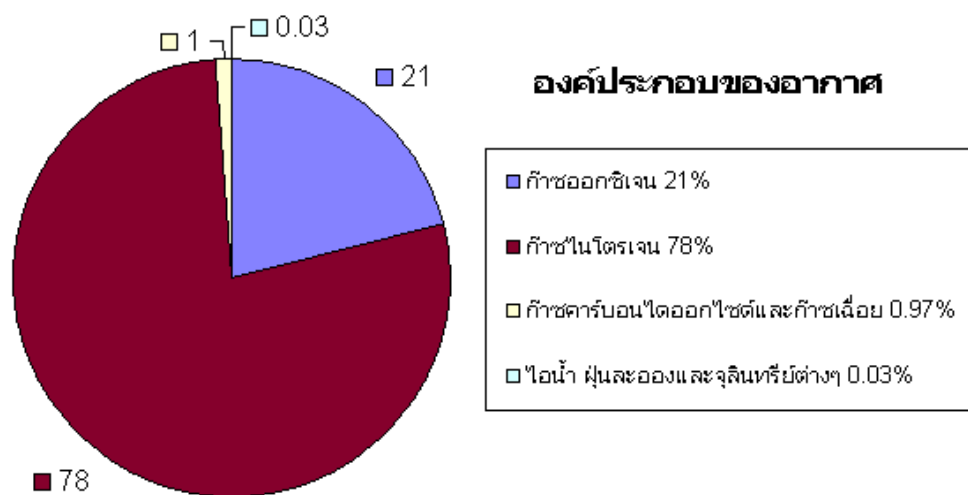


รูปภาพ 6 แสดงการละลายของเกลือแกง (NaCl) ในน้ำ

ตาราง 2 ตัวอย่างสารละลายในชีวิตประจำวัน

สารละลาย	ตัวทำละลาย	ตัวละลาย
น้ำเชื่อม	น้ำ	น้ำตาล
น้ำอัดลม	น้ำ	น้ำตาล สีผสมอาหาร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
น้ำโซดา	น้ำ	แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
เหรียญบาท	ทองแดง	นิกเกิล
ทองเหลือง	ทองแดง	สังกะสี
นาก	ทองแดง	ทองคำ
ฟิวส์ไฟฟ้า	บิสมัท	ตะกั่ว ดีบุก
แก๊สหุงต้ม	แก๊สโพรเพน	แก๊สบิวเทน
แอลกอฮอล์ล้างแผล	เอทิลแอลกอฮอล์	น้ำ

จากข้อมูลในตาราง 2 จะพบว่าสารละลายไม่จำเป็นต้องมีตัวละลายเพียงชนิดเดียว สารละลายหลายชนิดมีสารมากกว่า 2 ชนิดละลายปนกัน



ดูจากแผนภาพองค์ประกอบของอากาศแล้วนักเรียนคิดว่าสารชนิดใดเป็นตัวทำละลาย เพราะเหตุใด

การระบุว่าในสารละลายมีสารใดเป็นตัวทำละลาย และสารใดเป็นตัวละลายสามารถพิจารณาโดยใช้

1. สถานะ ถ้าองค์ประกอบในสารละลายมีสถานะต่างกัน สารที่มีสถานะเหมือนกับสารละลายจัดว่าเป็นตัวทำละลาย ส่วนสารที่มีสถานะต่างไปจากสารละลายเป็นตัวละลาย เช่น น้ำเกลือเป็นสารละลายที่เป็นของเหลว ประกอบด้วยสาร 2 ชนิด คือ เกลือกับน้ำ โดยเกลือเป็นของแข็งและน้ำเป็นของเหลว ดังนั้น น้ำจึงเป็นตัวทำละลาย และเกลือเป็นตัวละลาย

2. ปริมาณ ในกรณีที่ตัวทำละลายและตัวละลายมีสถานะเดียวกัน สารที่มีปริมาณน้อยกว่าเป็นตัวละลาย สารที่มีปริมาณมากกว่าเป็นตัวทำละลาย เช่น แอลกอฮอล์ล้างแผล ประกอบด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 70 น้ำร้อยละ 30 ทั้งเอทิลแอลกอฮอล์และน้ำเป็นของเหลว แต่เนื่องจากเอทิลแอลกอฮอล์มีปริมาณมากกว่าจึงจัดเป็นตัวทำละลาย และน้ำซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าจัดเป็นตัวละลาย



การเรียกชื่อสารละลายจะขึ้นต้นด้วยคำว่า สารละลาย แล้วตามด้วยชื่อตัวละลายในชื่อตัวทำละลาย เช่น สารละลายไอโอดีนในเอทานอล สารละลายโบรมีนในคาร์บอนเตตระคลอไรด์ ในกรณีของสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายมักจะชื่อตัวทำละลายไว้ เช่น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ในน้ำ มักจะเรียกเป็นสารละลายโซเดียมคลอไรด์ สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตในน้ำ มักจะเรียกเป็นสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต

การเกิดสารละลายจะไม่มีสารใหม่หรือปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น สารละลายจึงยังมีสมบัติบางประการเหมือนสมบัติของสารที่เป็นองค์ประกอบ ตัวอย่างเช่น



- ☀ น้ำเป็นของเหลว ไม่มีรส เกลือแกงเป็นของแข็ง มีรสเค็ม
สารละลายเกลือแกงเป็นของเหลวมีรสเค็ม
- ☀ น้ำเป็นของเหลว ไม่มีรสและกลิ่น แอลกอฮอล์เป็นของเหลวมีกลิ่น สารละลายแอลกอฮอล์เป็นของเหลวมีกลิ่นแอลกอฮอล์
- ☀ การบู่เป็นของแข็งสีขาว มีกลิ่นเฉพาะตัว พิมเสนเป็นของแข็งสีขาว มีกลิ่นเฉพาะตัว สารละลายเป็นของแข็งสีขาวมีทั้งกลิ่นของพิมเสนและการบู่

อย่างไรก็ตาม สารใดๆ ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปผสมกันไม่จำเป็นว่าจะละลายเข้ากันได้เสมอไป ความสามารถในการละลายและปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของสารจะได้กล่าวไว้ในหัวข้อถัดไป

3.2 การละลายของสาร

การละลายของสารขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลายและตัวละลาย ความสามารถในการละลายของตัวละลายแต่ละชนิดในตัวทำละลายใดๆ มีค่ามากน้อยเพียงใดนั้น มีการกำหนดเกณฑ์ไว้ ดังนี้

- ☀ **ละลายได้ดี** หมายถึง ตัวละลายละลายได้มากกว่า 1 กรัมในตัวทำละลาย 100 กรัม
- ☀ **ละลายได้เล็กน้อย** หมายถึง ตัวละลายละลายได้ระหว่าง 0.1 – 1 กรัม ในตัวทำละลาย 100 กรัม
- ☀ **ไม่ละลาย** หมายถึง ตัวละลายละลายได้น้อยกว่า 0.1 กรัมในตัวทำละลาย 100 กรัม หรือไม่ละลาย

ในการละลายของสาร ถ้าสารละลายมีตัวละลายอยู่มากจนไม่สามารถละลายเพิ่มได้อีกแล้ว จะอยู่ในสภาวะที่เรียกว่า **สารละลายอิ่มตัว** (saturated solution) คุณสมบัติของสารละลายที่เปลี่ยนไปอาจทำให้สภาวะของสารละลายอิ่มตัวเปลี่ยนไปด้วย เนื่องจากเมื่อคุณสมบัติเปลี่ยนไปความสามารถในการละลายของสารส่วนใหญ่จะเปลี่ยนไป สารบางชนิดละลายได้ดีขึ้นแต่สารบางชนิดละลายได้ลดลง ดังข้อมูลในตาราง 3 แสดง **ค่าสภาพละลายได้ของสาร** (solubility) เป็นความสามารถในการละลายได้ของสารเป็นกรัมละลายจนอิ่มตัวในตัวทำละลาย 100 กรัม ณ อุณหภูมิหนึ่ง ดังนั้น จะเห็นว่านอกจากชนิดของตัวละลายและตัวทำละลายแล้ว การละลายได้มากหรือน้อยของสารยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอีกด้วย



ถ้านักเรียนใช้น้ำเย็นชงนมหรือกาแฟ ผลจะเหมือนหรือต่างกับการใช้น้ำร้อนอย่างไร จงอธิบาย



การเตรียมสารละลายโดยการละลายตัวละลายในตัวทำละลาย มีขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณหาปริมาณสารที่ใช้ในการเตรียม



2. ชั่งสารตามปริมาณที่คำนวณได้ใส่ในบีกเกอร์ แล้วเติมตัวทำละลายเล็กน้อย คนจนละลาย



3. นำสารละลายในบีกเกอร์รินใส่ขวดวัดปริมาตรตามขนาดที่ต้องการ

4. เทตัวทำละลายที่ละน้อยเพื่อล้างสารที่ติดค้างอยู่ในบีกเกอร์ แล้วเทลงในขวดวัดปริมาตร

5. เติมตัวทำละลายลงในขวดวัดปริมาตรจนถึงขีดบอกปริมาตร แล้วใช้หลอดหยดดูดตัวทำละลายบีบลงในขวดวัดปริมาตรจนถึงขีดบอกปริมาตร (ระวังอย่าให้เกิน)

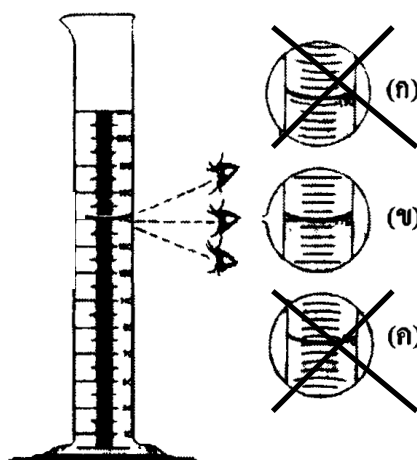


6. ปิดจุกแล้วเขย่าให้สารละลายเข้ากัน

7. เก็บสารละลายในขวดที่เหมาะสม พร้อมระบุชื่อสาร สูตรเคมี ความเข้มข้น และวันที่เตรียม



ทั้งนี้ การอ่านระดับของขีดบอกปริมาตรจะต้องให้ระดับของขีดบอกปริมาตรอยู่ในระดับสายตาพอดี (ตำแหน่ง ข) ดังแสดงในรูปภาพ 8



รูปภาพ 8 การอ่านระดับของขีดบอกปริมาตร



การเตรียมสารละลายโดยการทำเป็นสารละลายเจือจาง มีขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณหาปริมาตรสารที่ใช้ในการเตรียม
2. ตวงสารละลายด้วยปิเปตต์หรือบิวเรตต์ตามปริมาตรที่คำนวณได้ใส่ในปิกเกอร์
เติมตัวทำละลายเล็กน้อยจากนั้นรินใส่ขวดวัดปริมาตรตามขนาดที่ต้องการ
3. เทตัวทำละลายทีละน้อยเพื่อล้างสารที่ติดค้างอยู่ในปิกเกอร์ แล้วเทลงในขวดวัด
ปริมาตร
4. เติมตัวทำละลายลงในขวดวัดปริมาตรจนถึงขีดบอกปริมาตร แล้วใช้หลอดหยด
ดูดตัวทำละลายป้อนลงในขวดวัดปริมาตรจนถึงขีดบอกปริมาตร (ระวังอย่าให้เกิน)
5. ปิดจุกแล้วเขย่าให้สารละลายเข้ากัน
6. เก็บสารละลายในขวดที่เหมาะสม พร้อมระบุชื่อสาร สูตรเคมี ความเข้มข้น
และวันที่เตรียม



โดยทั่วไป สารละลายที่เตรียมได้จะระบุ **ความเข้มข้นของสารละลาย** (concentration) โดย
การระบุปริมาณของตัวละลายที่อยู่ในสารละลาย หน่วยความเข้มข้นมีดังนี้

1. **ร้อยละโดยมวลต่อมวล** หรือ **ร้อยละโดยมวล** เป็นหน่วยที่บอกมวลของตัวละลาย
(กรัม) ที่ละลายอยู่ในสารละลาย 100 กรัม เช่น สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ
ละ 10 โดยมวล (10% โดยมวล) หมายความว่า ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 100
กรัม มีโซเดียมคลอไรด์ละลายอยู่ 10 กรัม
2. **ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร** เป็นหน่วยที่บอกมวลของตัวละลาย (กรัม) ที่ละลายอยู่
ในสารละลาย 100 cm³ เช่น สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อ
ปริมาตร (10% โดยมวลต่อปริมาตร) หมายความว่า ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 100
cm³ มีโซเดียมคลอไรด์ละลายอยู่ 10 กรัม
3. **ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร** หรือ **ร้อยละโดยปริมาตร** เป็นหน่วยที่บอก
ปริมาตรของตัวละลาย (cm³) ที่ละลายอยู่ในสารละลาย 100 cm³ เช่น สารละลายกรด
แอสติก (น้ำส้มสายชู) เข้มข้นร้อยละ 3 โดยปริมาตร (3% โดยปริมาตร) หมายความว่า
ในสารละลายกรดแอสติก 100 cm³ มีกรดแอสติกละลายอยู่ 3 cm³

สารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยมากๆ
นิยมบอกความเข้มข้นเป็นหน่วย **ส่วนในพันส่วน**
(part per thousand, ppt) หมายความว่า
ในสารละลาย 1,000 ส่วน มีตัวละลายอยู่ 1 ส่วน
หรือ **ส่วนในล้านส่วน** (part per million, ppm)
หมายความว่า ในสารละลาย 1,000,000 ส่วน
มีตัวละลายอยู่ 1 ส่วน หน่วยนี้นิยมใช้ในการบอก
ปริมาณแก๊สพิษในอากาศ ปริมาณเกลือในน้ำที่ใช้
เลี้ยงกุ้งกุลาดำ



ในชีวิตประจำวัน บางครั้งเมื่อกล่าวถึงความ
เข้มข้นของสารละลายจะบอกเพียงว่าเป็น
สารละลายเข้มข้นหรือสารละลายเจือจางเท่านั้น
สารละลายเข้มข้น (concentrated solution)
หมายถึง สารละลายที่มีตัวละลายปริมาณมาก
ละลายอยู่ในตัวทำละลาย สำหรับ สารละลายเจือ
จาง (dilute solution) หมายถึง สารละลายที่มี
ตัวละลายปริมาณน้อยละลายอยู่ในตัวทำละลาย



ในชีวิตประจำวัน นักเรียนใช้หลักการเกี่ยวกับการละลายของสารในตัวทำละลาย
ชนิดต่าง ๆ บ้างหรือไม่ อย่างไร

4 การแยกสาร

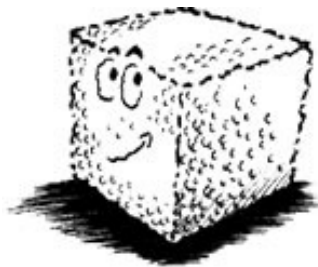


สารต่าง ๆ มักรวมอยู่กับสารอื่น ๆ ในรูปของสารผสมเนื้อเดียว หรือสารผสมไม่เป็นเนื้อเดียว บางชนิดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยตรง แต่บางชนิดจะต้องแยกออกจากกันก่อนจึงจะนำมาใช้ประโยชน์ได้ การแยกสารที่ผสมกันอยู่สามารถทำได้หลายวิธี จะใช้วิธีการใดขึ้นอยู่กับสมบัติเฉพาะตัวของสาร ความเหมาะสม องค์ประกอบ ความประหยัดและความสะดวก

ในชีวิตประจำวันมีวิธีการแยกสารด้วยวิธีง่ายๆ เช่น การผัดข้าวเพื่อแยกแกลบและสิ่งเจือปนอื่นๆ ออกจากข้าวสาร การคั้นน้ำผลไม้จากผลไม้ การแยกน้ำอ้อยออกมาจากต้นอ้อย น้ำอ้อยที่ได้เมื่อนำไปเคี่ยวจนแห้งจะได้น้ำตาลอ้อย หรือการต้มใบเตยในน้ำร้อนได้น้ำใบเตยสีเขียวอ่อน มีกลิ่นหอม และมีรสชาติเฉพาะตัว ในกรณีของสารที่ผสมกันอยู่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียว อาจจะต้องใช้วิธีการอื่นๆ ที่มีความซับซ้อนขึ้น ตัวอย่างต่อไปนี้ เป็นวิธีการแยกสารโดยอาศัยสมบัติเฉพาะตัวของสารตามที่นักเรียนได้เรียนมา



รูปภาพ 9 น้ำผักและผลไม้ที่ได้จากการแยกสารด้วยวิธีง่ายๆ

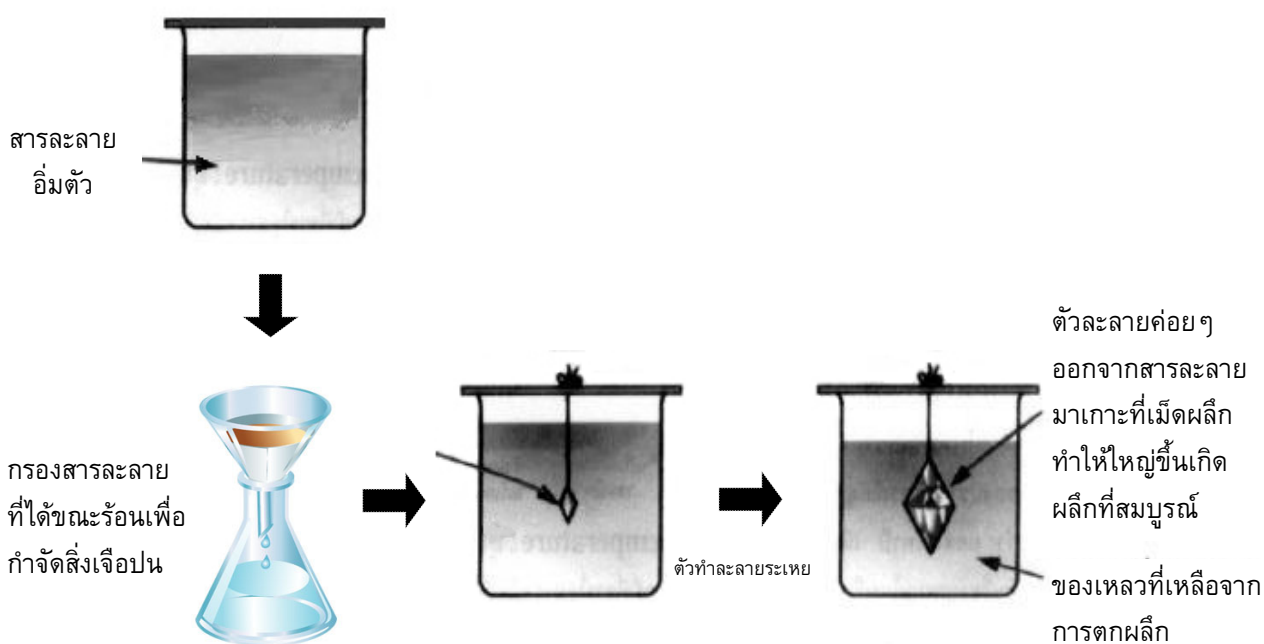


สำหรับของแข็งบางชนิดที่มีสิ่งเจือปนผสมอยู่ ถ้าเราต้องการกำจัดสิ่งเจือปนเหล่านั้นออกก็สามารถทำได้โดยการตกผลึก ดังนี้

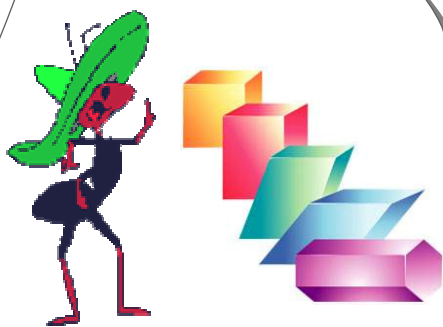
4.1 การตกผลึก (crystallization)

วิธีนี้เหมาะสำหรับการทำของแข็งที่มีสิ่งเจือปนผสมอยู่ให้บริสุทธิ์โดยละลายในตัวทำละลายที่เหมาะสมที่อุณหภูมิสูง กรองสารละลายที่ได้ขณะร้อนเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนออก แล้วปล่อยให้สารละลายให้เย็นลง สารละลายนั้นจะตกผลึกได้ของแข็งที่มีรูปทรงเรขาคณิต ตัวอย่างของตัวทำละลายที่นิยมใช้ ได้แก่ เอทานอล แอซีโตน คลอโรฟอร์ม อีเทอร์ และ ปิโตรเลียมอีเทอร์และน้ำ หลักการเลือกตัวทำละลายให้เหมาะสม มีดังนี้

- ต้องละลายสารที่ต้องการจะทำให้บริสุทธิ์ได้มากในขณะที่ยังร้อน แต่ละลายได้น้อยลงในขณะเย็น
- ละลายสิ่งเจือปนได้น้อย
- มีจุดเดือดต่ำหรือไม่สูงนัก เพื่อจะได้กำจัดออกได้ง่ายในขณะที่ทำผลึกให้แห้ง
- ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการทำให้บริสุทธิ์



รูปภาพ 10 การตกผลึก

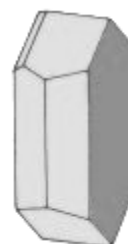
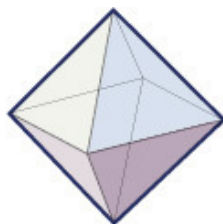
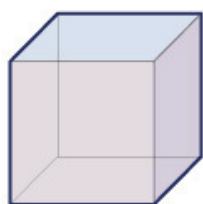


ผลึก (crystal) หมายถึง ของแข็งที่มีรูปทรงเรขาคณิตที่แน่นอน มีขอบเป็นเส้นตรง มีเหลี่ยมที่คมชัดเจนและผิวหน้าเรียบแบน ตัวอย่างเช่น

ผลึกโซเดียมคลอไรด์ (เกลือแกง)
มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์

ผลึกสารส้ม มีลักษณะเป็นรูปแปดเหลี่ยม
ปลาย 2 ข้างแหลม

ผลึกจูนสี มีลักษณะเป็นรูปหกเหลี่ยม



NOTE:



ก.

ข.

รูปภาพ 11 ก. ผลึกเกลือแกงบริสุทธิ์ และ

ข. อัญมณีที่ได้จากการเจียระไนผลึกของสารชนิดต่างๆ

ส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ดอก ผล ใบ เมล็ด มีสารที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น พืชบางชนิดมีสารที่มีกลิ่นหอมอยู่ที่ใบ บางชนิดมีน้ำมันอยู่ที่เมล็ด การแยกสารเหล่านี้ทำได้โดยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย ซึ่งมีวิธีการดังนี้

4.2 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction)

วิธีนี้เหมาะสำหรับการแยกสารโดยอาศัยสมบัติการละลายของสารในตัวทำละลาย โดยเติมตัวทำละลายที่เหมาะสมลงในสารที่เราต้องการสกัด จากนั้นเขย่าแรงๆ หรือนำไปต้มเพื่อให้สารที่เราต้องการจะสกัดละลายในตัวทำละลายที่เราเลือกไว้ สารที่สกัดได้จะอยู่ในรูปสารละลาย ดังนั้นจะต้องนำสารที่ได้ไปแยกตัวทำละลายออกก่อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์โดยนำไประเหยหรือนำไปกลั่นตัวอย่างเช่น การสกัดน้ำขิงจากขิง การสกัดคลอโรฟิลล์ของใบไม้ หลักการเลือกตัวทำละลายให้เหมาะสมกับสารที่ต้องการแยก มีดังนี้

- ตัวทำละลายสามารถละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดี แต่ไม่ละลายสารอื่น
- ตัวทำละลายจะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด
- ตัวทำละลายสามารถแยกออกจากสารที่สกัดได้ง่าย
- ตัวทำละลายไม่เป็นพิษ หาง่าย และมีราคาถูก



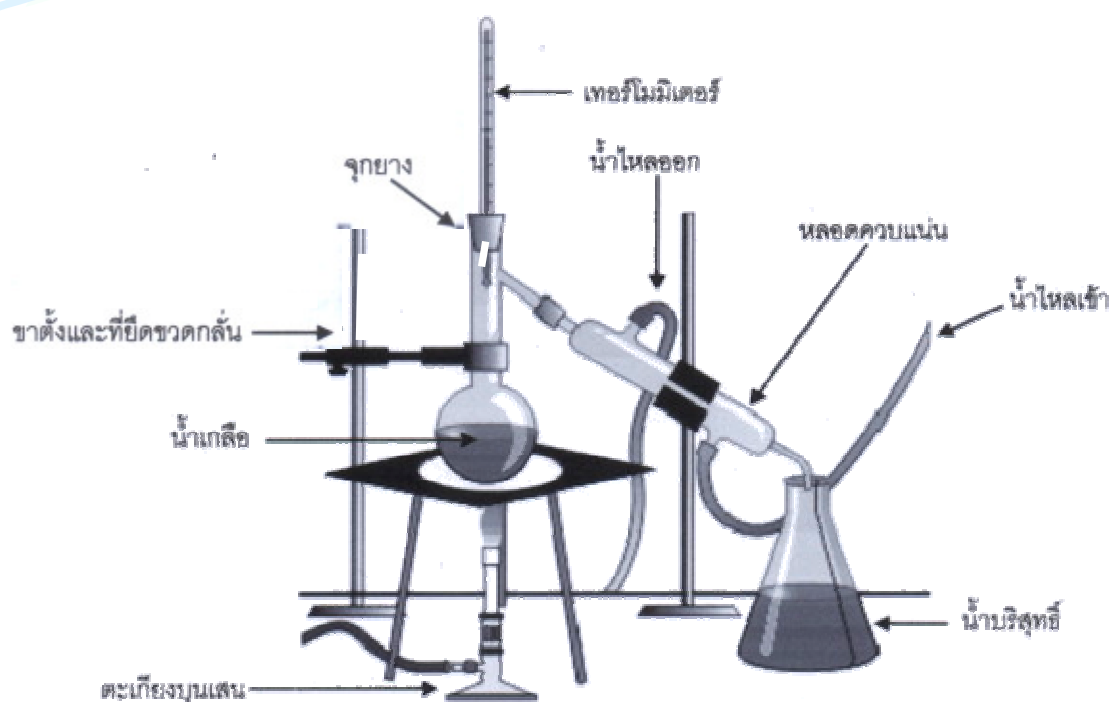
นอกจากการใช้น้ำเป็นตัวทำละลายแล้ว ยังพบว่ามีการใช้สารอื่นๆ เช่น ยาสมุนไพรบางชนิดมีการผสมเอทิลแอลกอฮอล์ เนื่องจากสารในพืชสมุนไพรไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ นอกจากนี้ยังมีการใช้เฮกเซนในการสกัดน้ำมันออกจากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง



ถ้าสารที่สกัดได้จากการสกัดด้วยไอน้ำสามารถละลายน้ำได้ เช่น กลิ่นดอกไม้ บางชนิดทำให้ไม่สามารถแยกสารดังกล่าวโดยใช้กรวยแยกสารได้ วิธีการแยกสารออกจากน้ำจึงต้องใช้วิธีการกลั่นซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

4.3 การกลั่น (distillation)

วิธีนี้เหมาะสำหรับการทำของเหลวให้บริสุทธิ์ โดยทำให้ของเหลวได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอ แล้วทำให้ควบแน่นกลับมาเป็นของเหลวอีก นอกจากนี้ยังเป็นการแยกของผสมที่เป็นของเหลวกับของเหลว หรือของแข็งกับของเหลวที่ผสมกันเป็นสารละลายเนื้อเดียวออกจากกัน โดยอาศัยความแตกต่างของจุดเดือด (จุดเดือดควรต่างกันมากกว่า 80°C) สำหรับการกลั่นของผสม ของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำจะกลายเป็นไอก่อนออกมา ก่อน ของเหลวที่มีจุดเดือดสูงกว่าจะแยกออกมาภายหลัง เช่น การกลั่นน้ำทะเล ซึ่งประกอบด้วย น้ำ (จุดเดือด 100°C) และเกลือแกง (จุดเดือด $1,413^{\circ}\text{C}$) เมื่อสารละลายได้รับความร้อนน้ำจะกลายเป็นไอก่อนมาก่อน เมื่อไอน้ำผ่านเข้าไปในเครื่องควบแน่นซึ่งมีน้ำเย็นไหลเวียนตลอดเวลา ไอน้ำจะควบแน่นได้ของเหลว คือน้ำบริสุทธิ์ออกมา ในขณะที่เกลียวยังคงอยู่ในสารละลายในขวดกลั่น ถ้ายังคงกลั่นต่อไปจนแห้งจะเหลือแต่เกลียวยอยู่ในขวดกลั่น จึงทำให้สามารถแยกน้ำกับเกลือออกจากกันได้



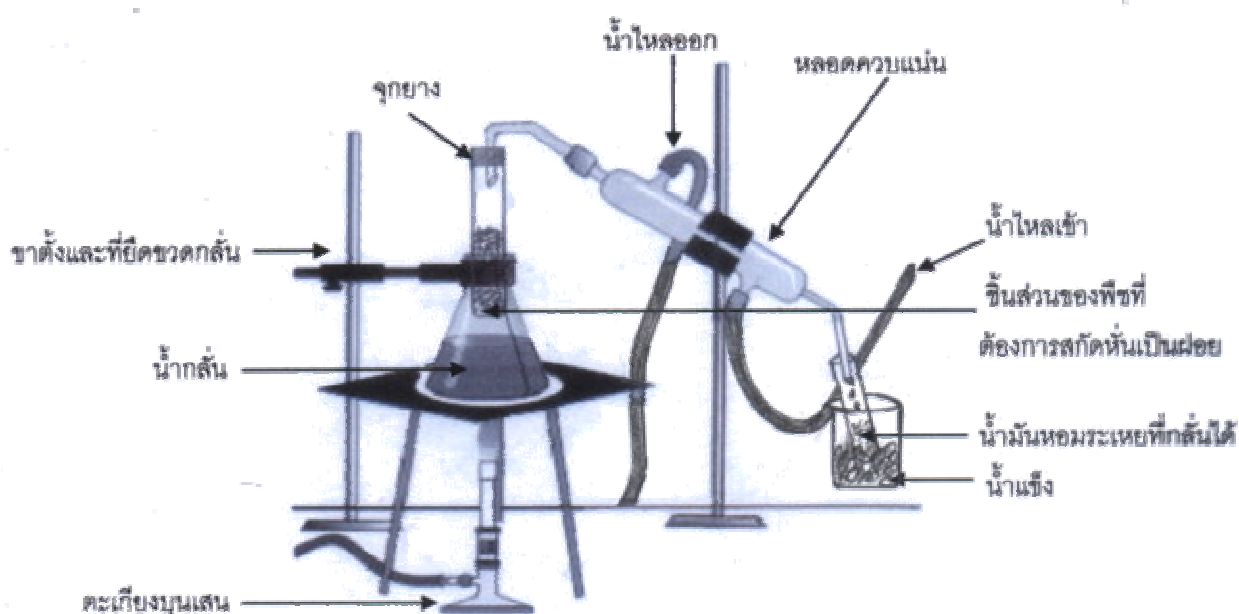
รูปภาพ 12 การกลั่น



การหุงต้มอาหารโดยใช้ส่วนต่าง ๆ ของพืชเป็นส่วนประกอบ เช่น ชিং ตะไคร้ ใบมะกรูด ก็จะได้กลิ่นหอมและรสชาติของพืชอยู่ในอาหาร การต้มส่วนต่าง ๆ ของพืชจะทำให้น้ำมันหอมระเหยในพืชละลายออกมา แสดงว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสารเหล่านั้นจะละลายได้ดีขึ้น ดังนั้นจึงมีวิธีการเฉพาะที่แตกต่างจากการสกัดด้วยตัวทำละลาย นั่นคือ การกลั่นด้วยไอน้ำ ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

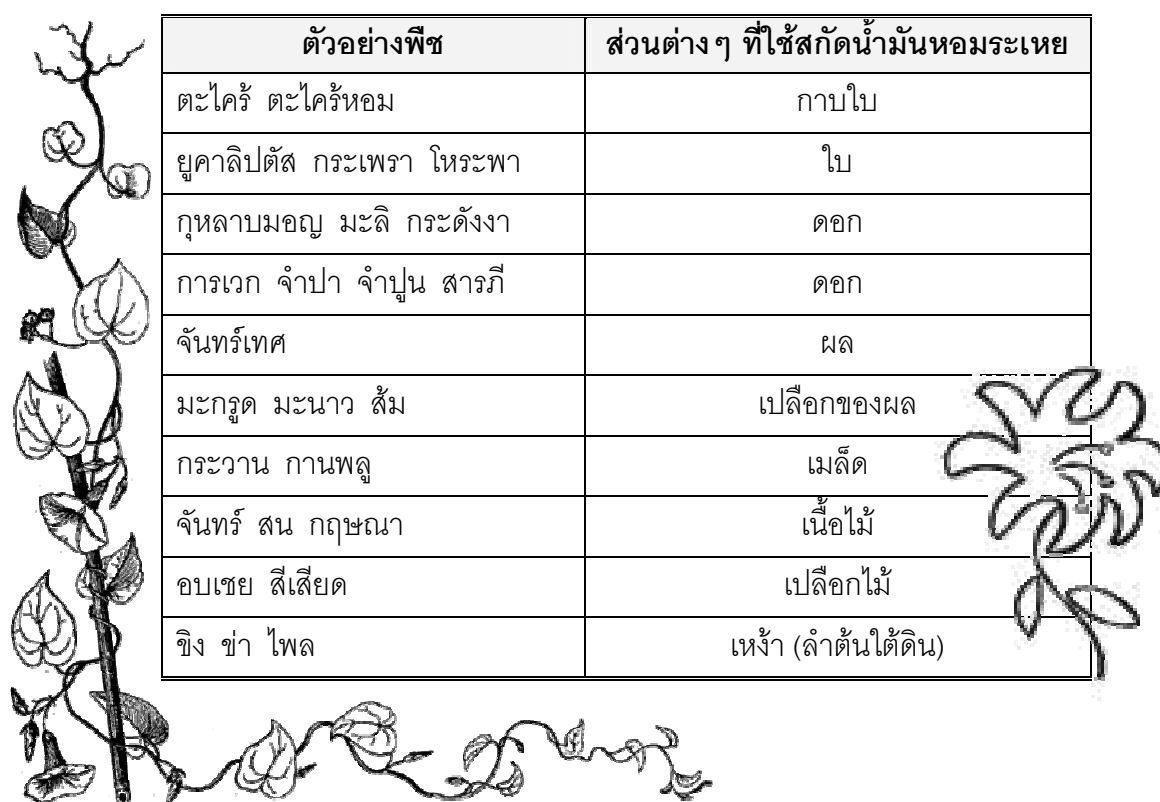
4.4 การกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation)

การกลั่นด้วยไอน้ำเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งของการสกัดด้วยตัวทำละลายที่เรียกว่า **การสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ** โดยอาศัยสมบัติของความดันไอเป็นตัวพาไอของสารที่ต้องการสกัดออกมา ส่วนใหญ่การกลั่นด้วยไอน้ำมักจะใช้สกัดสารอินทรีย์ออกจากส่วนต่างๆ ของพืชที่อยู่ตามธรรมชาติ เช่น การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ ใบมะกรูด การสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำอาศัยหลักการที่ว่า สารที่ต้องการสกัดจะต้องระเหยได้ง่าย สามารถให้ไอน้ำพาออกมาจากของผสมได้และสารที่สกัดได้จะต้องไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกับน้ำหรือไม่ละลายน้ำ ของเหลวที่ได้จะแยกออกเป็น 2 ชั้น ชั้นหนึ่งเป็นน้ำ อีกชั้นหนึ่งเป็นสารที่ต้องการ ซึ่งสามารถแยกสารทั้งสองออกจากกันโดยใช้กรวยแยก



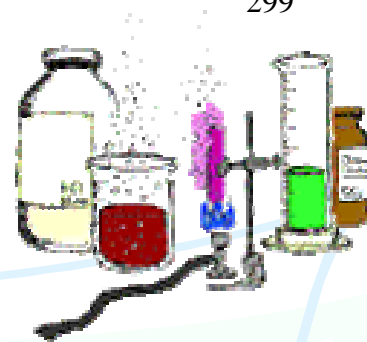
รูปภาพ 13 การสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ

ตาราง 4 ตัวอย่างส่วนต่างๆ ของพืชที่ใช้สกัดน้ำมันหอมระเหย



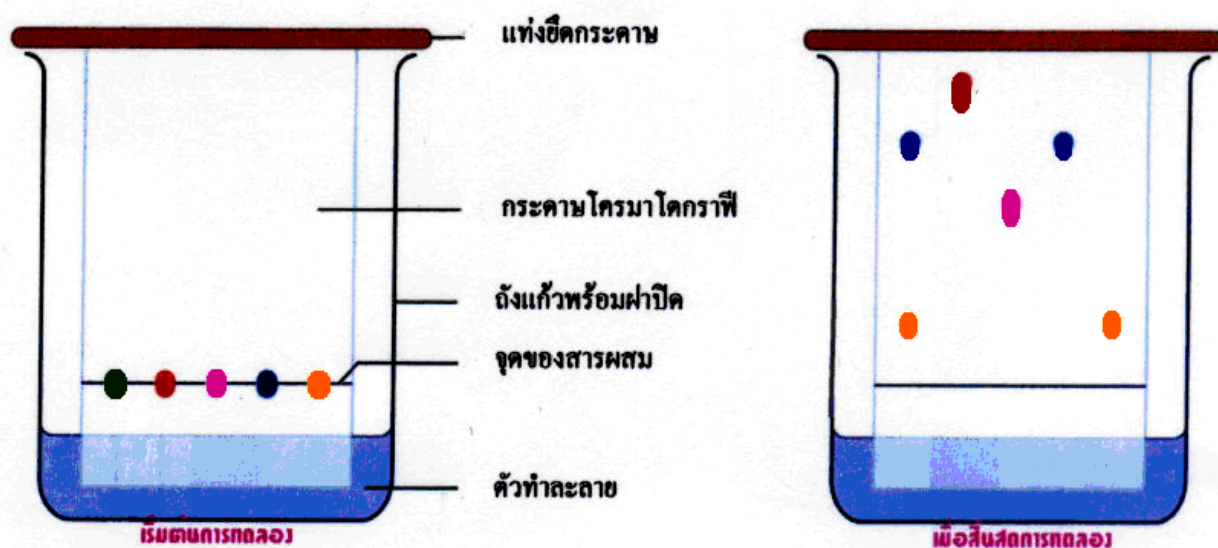
ตัวอย่างพืช	ส่วนต่างๆ ที่ใช้สกัดน้ำมันหอมระเหย
ตะไคร้ ตะไคร้หอม	กาบใบ
ยูคาลิปตัส กระเพรา โหระพา	ใบ
กุหลาบมอญ มะลิ กระดังงา	ดอก
การเวก จำปา จำปูน สรรภี	ดอก
จันทร์เทศ	ผล
มะกรูด มะนาว ส้ม	เปลือกของผล
กระวาน กานพลู	เมล็ด
จันทร์ สน กฤษณา	เนื้อไม้
อบเชย สีเสียด	เปลือกไม้
ขิง ข่า ไพล	เหง้า (ลำต้นใต้ดิน)

สารเนื้อเดียวบางชนิดอาจมีองค์ประกอบเพียงชนิดเดียวหรือมากกว่าหนึ่งองค์ประกอบ วิธีการทดสอบองค์ประกอบของสารเนื้อเดียวเหล่านี้อาจทำได้โดยใช้วิธีโครมาโตกราฟีกระดาษ ดังนี้



4.5 โครมาโทกราฟีกระดาษ (paper chromatography)

โครมาโทกราฟี แปลว่า “การแยกออกเป็นสี” (The production of color scheme) วิธีนี้เหมาะสำหรับการแยกสารและการวิเคราะห์สารที่มีปริมาณน้อยโดยอาศัยความแตกต่างในการละลายและการดูดซับ องค์ประกอบที่สำคัญของเทคนิคโครมาโทกราฟีประกอบด้วย **ตัวทำละลาย** (mobile phase) และ **ตัวดูดซับ** (stationary phase) หรือเรียกว่ากระดาษโครมาโทกราฟี โดยการนำของผสมที่ต้องการจะแยกมาละลายในตัวทำละลายที่เหมาะสมแล้วจุดลงบนตัวดูดซับ ปล่อยให้เคลื่อนที่ไปบนตัวดูดซับในระบบปิด เนื่องจากสารแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลาย และการถูกดูดซับบนตัวดูดซับได้ต่างกัน ทำให้เคลื่อนที่ได้เร็วไม่เท่ากันและแยกออกจากกันได้ สารที่ละลายในตัวทำละลายได้ดี และถูกดูดซับน้อย จะถูกตัวทำละลายพาเคลื่อนที่ออกมาก่อน ในขณะที่สารซึ่งละลายในตัวทำละลายได้น้อย และถูกดูดซับมากจะเคลื่อนที่ออกมาภายหลัง ยิ่งใช้ตัวดูดซับมาก ๆ ก็จะทำให้แยกสารออกจากกันได้ดี



รูปภาพ 14 โครมาโตกราฟีกระดาษ

ตัวทำละลายที่ดีควรละลายสารที่ต้องการแยกได้ไม่เท่ากัน และตัวดูดซับที่ดีควรดูดซับสารที่ต้องการแยกได้แตกต่างกัน ในระบบที่เลือกได้อย่างเหมาะสม สารที่ละลายได้ดีจะถูกดูดซับได้น้อยและสารที่ละลายได้น้อยจะถูกดูดซับได้มาก จะทำให้แยกสารผสมออกจากกันได้ดี แต่ถ้าสารที่ต้องการแยกละลายและถูกดูดซับได้ใกล้เคียงกันก็จะแยกออกจากกันได้ไม่ชัดเจน

ตัวทำละลายที่นิยมใช้ ได้แก่ เฮกเซน ปิโตรเลียมอีเทอร์ ไชโคลเฮกเซน เบนซีน แอซีโตน คาร์บอนเตตระคลอไรด์ คลอโรฟอร์ม และเอธานอล

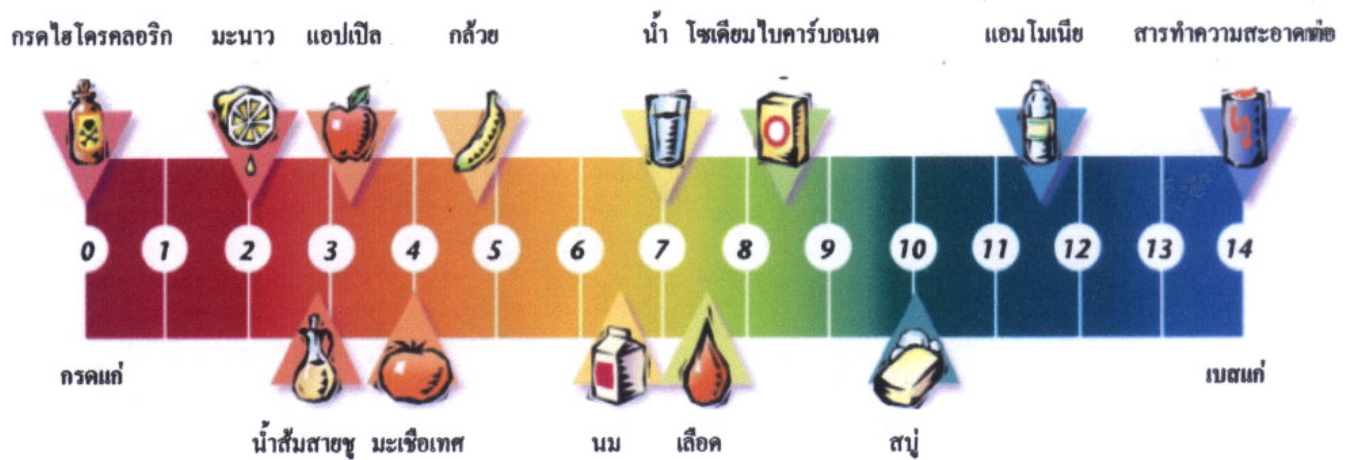
ตัวดูดซับที่นิยมใช้ ได้แก่ อลูมินาเจล (Al_2O_3) และซิลิกาเจล (SiO_2)



ข้อดีของโครมาโทกราฟี

1. ใช้ทดสอบหรือแยกสารตัวอย่างที่มีปริมาณน้อย ๆ ได้
2. ใช้แยกองค์ประกอบต่างๆ ในของผสมทั้งที่มีสีและไม่มีสีออกจากกันได้ ในกรณีที่แยกได้สารที่ไม่มีสีก็สามารถตรวจสอบว่าสารนั้นอยู่ที่ตำแหน่งใดได้โดยนำแผ่นโครมาโทกราฟีมาฉายด้วยรังสียูวี หรือพ่นด้วยสารเคมี หรืออบในไอของไอโอดีนที่อิ่มตัว
3. ใช้วิเคราะห์ได้ทั้งด้านปริมาณและด้านคุณภาพ กล่าวคือ ใช้ในการตรวจสอบว่าสารที่แยกได้แต่ละชนิดนั้นมีปริมาณเท่าใด และใช้ในการตรวจสอบว่าสารที่แยกได้เป็นสารใด

5. สารละลายกรด-เบส



5.1 สมบัติของกรด-เบส

กรด (acid) มาจากภาษาละตินว่า acer ซึ่งแปลว่า “เปรี้ยว” กรดที่มีอยู่ในอาหารบางชนิด ทำให้อาหารมีรสเปรี้ยว ตัวอย่างเช่น ผลไม้ตระกูลส้ม เช่น มะนาว ส้ม มีกรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิก (วิตามินซี) กรดสามารถเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง มีฤทธิ์ในการกัดกร่อน นำไฟฟ้าได้ ทำปฏิกิริยากับโลหะส่วนใหญ่เกิดเป็นเกลือและแก๊สไฮโดรเจน (เกิดการฟู่ก่อกวน) นอกจากนี้ยังทำปฏิกิริยากับหินปูนหรือสารประกอบคาร์บอเนตได้เกลือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ (เกิดการสีก่อกวน)

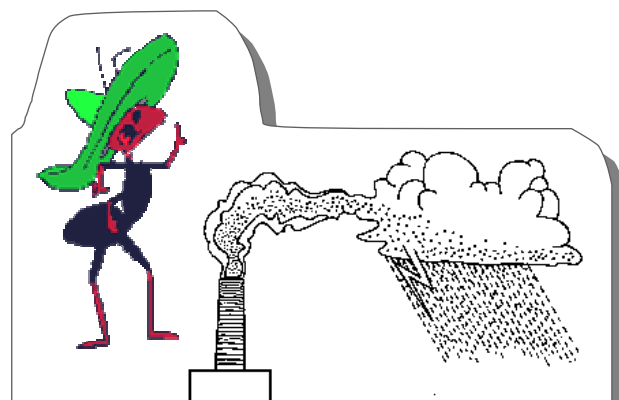
ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังในการใช้เครื่องมือ หรืออุปกรณ์ที่ทำจากโลหะไม่ให้สัมผัสกับกรด และเมื่อใช้น้ำยาล้างห้องน้ำที่มีกรดเป็นส่วนประกอบต้องระมัดระวังอย่าให้น้ำยาราดพื้นกระเบื้องเคลือบหรือหินอ่อน ซึ่งมีคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบแล้วทิ้งไว้ให้สะอาดเองตามโฆษณา แต่ควรใช้เศษผ้าชุบน้ำยาเช็ดถูตรงบริเวณที่สกปรกมากๆ (โดยสวมถุงมือยาง) แล้วรีบล้างด้วยน้ำทันที



นักเรียนควรเลือกใช้
ภาชนะประเภทใดในการ
บรรจุอาหารที่มีสมบัติ
เป็นกรด เพราะเหตุใด
จงอธิบาย



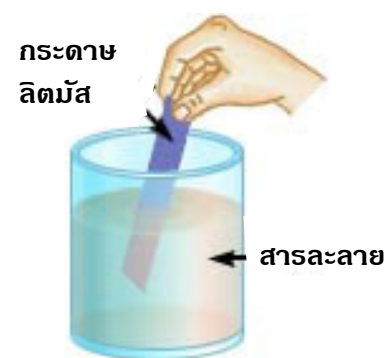
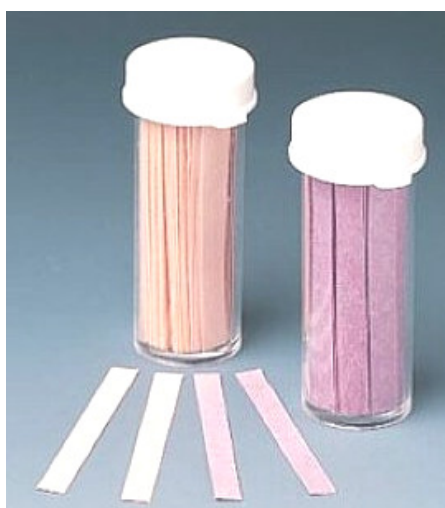
นอกจากนี้ยังมีการสึกกร่อนของพื้นผิววัสดุและอาคารที่สร้างด้วยหินปูน หินอ่อน หรือเหล็ก รวมทั้งยานพาหนะที่ทำด้วยเหล็กเนื่องจากฝนกรด (acid rain) น้ำฝนมีสมบัติเป็นกรดเล็กน้อยเนื่องจากมีคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่ แต่สารมลพิษ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ จากโรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม และท่อไอเสียรถยนต์ ทำให้น้ำฝนเป็นกรดมากขึ้นจนอยู่ในระดับซึ่งสามารถกัดกร่อนโลหะและทำลายสิ่งก่อสร้างที่มีหินเป็นองค์ประกอบ



ฝนกรดสามารถทำลายคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในใบไม้ ทำให้พืชสังเคราะห์ด้วยแสงไม่ได้ ถ้าฝนกรดตกลงมาและสะสมในแหล่งน้ำจะทำให้สัตว์น้ำตาย หรือถ้าน้ำฝนนี้สะสมอยู่ในดิน จะทำให้ดินมีสมบัติเป็นกรด ซึ่งไม่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชเหล่านั้นตายได้

เบส (base) สามารถเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน นอกจากนี้ยังมีสมบัติอื่นๆ ได้แก่ มีรสฝาด ลื่นมือคล้ายสบู่ มีฤทธิ์ในการกัดกร่อน และนำไฟฟ้าได้ ตัวอย่างเช่น น้ำสบู่ น้ำขี้เถ้า น้ำปูนใส

สำหรับสารที่ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสทั้งสีแดงและสีน้ำเงินจัดเป็นสารที่มีสมบัติเป็น **กลาง** เช่น น้ำเกลือและน้ำกลั่น



รูปภาพ 15 กระดาษลิตมัส

5.2 การทดสอบความเป็นกรด-เบสของสารละลาย

สารที่ใช้ทดสอบความเป็นกรด-เบสของสารละลาย เรียกว่า **อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส** (acid-base indicator) โดยการเปลี่ยนแปลงสีในสารละลายกรดและสารละลายเบสที่ไม่เหมือนกัน ลิทมัสจัดเป็นอินดิเคเตอร์ชนิดหนึ่ง เป็นสารที่สกัดจากไลเคน ละลายน้ำได้ เมื่อนำกระดาษมาจุ่มจะได้เป็นกระดาษลิทมัสที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ยังมีน้ำคั้นจากพืชชนิดอื่นๆ ที่สามารถนำมาใช้เป็นอินดิเคเตอร์ได้ เช่น น้ำคั้นจากกะหล่ำปลีสีม่วง น้ำคั้นจากดอกอัญชัน น้ำคั้นจากดอกกุหลาบ



นักเรียนคิดว่ามีพืชชนิดใดอีกบ้างที่สามารถนำมาใช้เป็นอินดิเคเตอร์ และมีการเปลี่ยนสีเป็นอย่างไร



สมบัติการเปลี่ยนสีนี้สามารถนำไปใช้ในการทำอาหารได้อย่างปลอดภัย ทำให้อาหารมีสีสวยงาม เช่น ใช้น้ำคั้นจากดอกอัญชัน ทำให้ขนมมีสีแดง (ในสภาพที่เป็นกรดเล็กน้อย) สีม่วง (ในสภาพที่เป็นกลาง) หรือสีน้ำเงิน (ในสภาพที่เป็นเบสเล็กน้อย) โดยใช้กรดซิตริก (น้ำมะนาว) หรือโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (ผงฟู) ในการปรับสภาพความเป็นกรด-เบสของอาหาร

ผลการทดสอบสมบัติความเป็นกรด-เบส

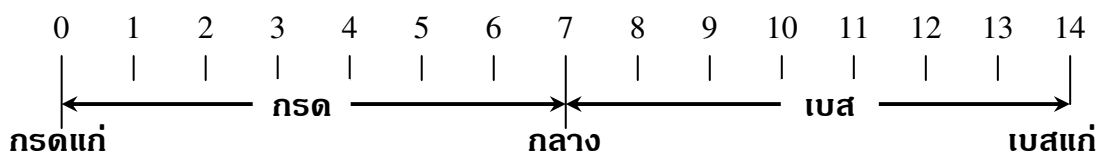
ของสารด้วยอินดิเคเตอร์ชนิดต่างๆ ตามที่กล่าวมาสามารถบอกได้เพียงว่าสารนั้นเป็นกรดหรือเบส ยังไม่สามารถระบุได้ว่า

สารใดมีสมบัติเป็นกรดหรือเบสมากกว่ากัน การบอกระดับความเป็นกรด-เบสของสารละลายขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) ซึ่งเกิดจากไฮโดรเจนที่แตกตัวออกมาจากกรดรวมตัวกับน้ำ สารละลายที่เป็นกรดจะมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนมากกว่าสารละลายที่เป็นเบส การระบุระดับความเป็นกรด-เบสของสารละลายมักจะใช้ค่า pH (potential of Hydrogen ion) ซึ่งค่านี้มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน

สารละลายที่มี pH เท่ากับ 7 จะมีสมบัติเป็น**กลาง**

สารละลายที่มี pH ต่ำกว่า 7 จะมีสมบัติเป็น**กรด**

สารละลายที่มี pH มากกว่า 7 จะมีสมบัติเป็น**เบส**



ตามที่กล่าวมา อินดิเคเตอร์สามารถเปลี่ยนสีในสารละลายกรดและสารละลายเบสที่ไม่เหมือนกัน และอินดิเคเตอร์แต่ละชนิดจะเปลี่ยนสีที่ pH แตกต่างกันไป ข้อมูลแสดงช่วงการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์บางชนิดแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 ช่วง pH ของการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์บางชนิด

อินดิเคเตอร์	สีที่เปลี่ยน	ช่วง pH ของการเปลี่ยนสี
เมทิลออเรนจ์	3.2 – 4.4	แดง - เหลือง
เมทิลเรด	4.2 – 6.3	แดง - เหลือง
ลิตมัส	5.0 – 8.0	แดง - น้ำเงิน
บรอมไทมอลบลู	6.0 – 7.6	เหลือง - น้ำเงิน
ฟีนอลเรด	6.8 – 8.4	เหลือง - แดง
ฟีนอล์ฟทาลีน	8.3 – 10.0	ไม่มีสี - ชมพูเข้ม

ตัวอย่างการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ เช่น ถ้าเติมเมทิลออเรนจ์ลงในสารละลายที่มี pH น้อยกว่า 3.2 จะได้สารละลายสีแดง แต่ถ้าสารละลายมี pH มากกว่า 4.4 จะได้สารละลายสีเหลือง และถ้าสารละลายมี pH ระหว่าง 3.2 - 4.4 สารละลายจะเป็นสีส้ม จะเห็นได้ว่าอินดิเคเตอร์ชนิดหนึ่งๆ จะใช้บอกค่า pH ของสารละลายได้อย่างคร่าวๆ เท่านั้น ในกรณีที่เติมเมทิลออเรนจ์ลงไปในสารละลาย แล้วสารละลายมีสีเหลือง แสดงว่าสารละลายนี้มี pH ตั้งแต่ 4.4 ขึ้นไป ซึ่งอาจมีสมบัติเป็นกรด กลาง หรือเบส ดังนั้น การหาค่า pH ของสารละลายจึงต้องทดสอบด้วยใช้อินดิเคเตอร์หลายๆ ชนิด แล้ววิเคราะห์ pH ของสารละลายจากสีของอินดิเคเตอร์แต่ละชนิด



ถ้าเติมสารละลายเมทิลเรดลงในน้ำอัดลมที่ใส ไม่มีสี มี pH = 3 จะได้สารละลายสีอะไร และถ้าเปลี่ยนอินดิเคเตอร์เป็นฟีนอล์ฟทาลีน จะได้สารละลายสีอะไร

การหาค่า pH ของสารละลายโดยใช้อินดิเคเตอร์หลายๆ ชนิดทำได้ไม่สะดวก จึงมีการนำอินดิเคเตอร์หลายๆ ชนิด ซึ่งเปลี่ยนสีในช่วง pH ต่างๆ มาผสมกันในสัดส่วนที่เหมาะสมได้เป็น **ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์** (universal indicator) ที่เปลี่ยนสีในสารละลายที่มี pH ต่างๆ กัน สามารถใช้บอกค่า pH ของสารละลายได้ตั้งแต่ 1 – 14 ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ที่เตรียมได้สามารถนำมาใช้ได้ทั้งในรูปแบบของสารละลายและกระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์

การระบุค่า pH อย่างละเอียดถูกต้องทำได้โดยใช้เครื่องมือวัดที่เรียกว่า pH **มิเตอร์** โดยจะบอกค่า pH เป็นตัวเลขที่หน้าปัด จึงได้ค่าที่ละเอียดกว่า



ก. ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์

ข. pH มิเตอร์

รูปภาพ 16 ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์และ pH มิเตอร์

สารต่างๆ รอบตัวเราล้วนมีค่า pH เฉพาะตัว นอกจากนี้สารละลายในร่างกายของเราก็มีค่า pH ที่แตกต่างกันด้วย ดังข้อมูลในตาราง 6 และ 7

ตาราง 6 pH ของสารรอบตัวบางชนิด

สาร	pH
น้ำมะนาว	2.8 – 3.4
น้ำส้มสายชู	2.5 – 3.5
น้ำอัดลม	3.0 – 4.0
น้ำส้ม	3.0 – 4.0
มะเขือเทศ	3.8 – 4.0
น้ำกาแฟ	4.8 – 5.2
น้ำฝน	5.5 – 6.0
นมสด	6.5 – 7.0
ไข่แดง	7.8 – 8.2
น้ำทะเล	7.8 – 8.2

ตาราง 7 pH ของสารละลายในร่างกายมนุษย์

สาร	pH
น้ำย่อยในกระเพาะอาหาร	1.6 - 2.5
ปัสสาวะ	5.5 - 7.0
น้ำลาย	6.2 - 7.4
เลือด	7.35 - 7.45
น้ำดี	7.8 - 8.6



อาหารที่นักเรียนรับประทานในวันนี้คืออะไร และปัสสาวะของนักเรียนมีแนวโน้มจะเป็นกรดหรือเบส



ความกว้างของช่วง pH มีความสัมพันธ์กับชนิดของสาร น้ำปัสสาวะมีช่วงกว้างของ pH ตั้งแต่ 5.5 - 7.0 ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากอาหารหรือยาที่กินเข้าไป เช่น ถ้ากินอาหารที่มีสภาพเป็นกรด ได้แก่ ผลไม้ แกงส้ม ต้มยำ หรือยาแก้ปวดพวกแอสไพริน วิตามินซี จะทำให้ปัสสาวะมี pH เป็นกรดได้ ($\text{pH} \approx 5.5$)

แต่ถ้ากินอาหารที่เป็นเบส เช่น ไข่แดง ผักกระถิน สะตอ ซึ่งมีสารพวกแอลคาลอยด์ หรือยาต่าง ๆ ที่มีสารพวกเอมีน จะทำให้ปัสสาวะเป็นเบส (pH มากกว่า 7) ส่วนสารละลายที่มีช่วงค่า pH แคบที่สุด คือเลือด เนื่องจากร่างกายมีระบบควบคุมไม่ให้ค่า pH ของเลือดเปลี่ยนแปลงมากนัก เพื่อให้การทำงานของเอนไซม์และระบบต่าง ๆ ในร่างกายเป็นไปโดยปกติ



5.3 สารละลายกรดและเบสในชีวิตประจำวัน



รูปภาพ 17 กรดและเบสบางชนิดในชีวิตประจำวัน

สารละลายเบสที่คุ้นเคยในชีวิตประจำวันเช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซดาไฟ ใช้ในการทำสบู่และกระดาษ ล้างท่อระบายน้ำที่อุดตัน โซเดียมคาร์บอเนตหรือโซดาซักผ้า ใช้ในการผลิตแก้วและใช้แก้ความกระด้างของน้ำ โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตหรือผงฟู ใช้ทำขนมปัง และเป็นยาลดกรด แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ใช้เป็นยาลดกรดสำหรับโรคกระเพาะอาหาร สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์หรือน้ำปูนใสใช้ในการปรับสภาพความเป็นกรดในดิน สารละลายแอมโมเนีย ใช้ในการทำกรดดินประสิว ปุ๋ยพลาสติก วัตถุระเบิด และสารทำความสะอาดในบ้าน

สารละลายกรดและเบสมีบทบาทที่สำคัญในชีวิตประจำวัน มีอยู่ทั้งในธรรมชาติและที่สังเคราะห์ขึ้นมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น อาหาร ยา รักษาโรค สารทำความสะอาดเครื่องใช้ พื้นห้องน้ำ สุขภัณฑ์ และสารทำความสะอาดร่างกาย ตัวอย่างสารละลายกรดที่คุ้นเคยในชีวิตประจำวัน เช่น กรดแอสคอร์บิก (วิตามินซี) ในน้ำฝรั่ง น้ำส้ม กรดซิตริกในน้ำส้มสายชู กรดซिटริกในน้ำส้มและน้ำมะนาว กรดคาร์บอนิกในน้ำโซดาและน้ำอัดลม กรดซัลฟิวริกในสารละลายที่อยู่ในแบตเตอรี่ กรดไฮโดรคลอริกในน้ำยาล้างเครื่องสุขภัณฑ์และในน้ำยอยในกระเพาะอาหาร กรดไฮโปคลอรัส ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อโรคในห้องน้ำ



รูปภาพ 18 แสดงสารทำความสะอาดในชีวิตประจำวันที่มีกรดและเบสเป็นส่วนผสม

ในแต่ละวันเราใช้สารที่เป็นกรด-เบสหลายชนิด บางชนิดอยู่ในอาหารที่เรารับประทาน เราใช้กรด-เบสในการทำความสะอาดเครื่องใช้ พื้นห้องน้ำ สุขภัณฑ์ สารทำความสะอาดร่างกาย ดังนั้นการใช้สารรอบตัวเหล่านี้ นอกจากจะคำนึงถึงสมบัติของสารที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการใช้แล้ว ยังจะต้องคำนึงถึงผลของการใช้สารที่อาจมีต่อสิ่งมีชีวิตอื่นและสิ่งแวดล้อมด้วย จึงควรศึกษาสมบัติของสาร วิธีการใช้ และการป้องกันอันตรายอย่างถูกวิธี

การใช้กรดและเบสจำเป็นต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง เพราะสารเหล่านี้จะมีฤทธิ์กัดกร่อนอย่างรุนแรง เช่น ใช้สารละลายไฮโดรอกไซด์เข้มข้นทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียม หรือใช้สารละลายไฮโดรอกไซด์เข้มข้นกำจัดเศษไขมันที่ทำให้ท่อระบายน้ำอุดตัน หรือการใช้น้ำยาล้างห้องน้ำเข้มข้นราดลงบนพื้นห้องน้ำโดยตรง การใช้สารเหล่านี้ควรใช้เครื่องป้องกันไอระเหยของสารเข้าจมูก ควรสวมถุงมือป้องกันสารเคมี และควรสวมเสื้อผ้าให้มิดชิดเพื่อป้องกันไอระเหยของสารเคมี เมื่อใช้สารเคมีเหล่านี้เสร็จแล้วควรอาบน้ำ ทำความสะอาดภาชนะต่างๆ และเก็บภาชนะใส่สารที่เหลืออยู่ให้มิดชิด ให้ไกลจากเด็กๆ และสัตว์เลี้ยงในกรณีที่สารเคมีถูกผิวหนังให้ล้างบริเวณนั้นด้วยน้ำมากๆ ทันที ถ้าสารนั้นเป็นกรดให้ล้างตามด้วยเบสอ่อน เช่น สารละลายไฮโดรเจนคาร์บอเนต แล้วทาด้วยครีมแมกนีเซียกลีเซอรอล (Magnesia Glycerol paste) ถ้าเป็นเบสให้ล้างตามด้วยสารละลายกรดอ่อน เช่น สารละลายกรดแอสติก แล้วทาด้วยครีมแมกนีเซียกลีเซอรอล

APPENDIX F

Pictures from the Learning Unit Implementation



กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน



ครูสาธิตการใช้เครื่องมือ



นักเรียนอภิปรายผลการทดลอง



นักเรียนวิเคราะห์และอภิปรายผลการทดลอง



ครูคอยดูแลและช่วยเหลือนักเรียนอย่างใกล้ชิด



ครูตรวจสอบผลการทดลองเพื่อความถูกต้อง



การศึกษาทดลองเรื่องขนาดอนุภาคของสาร



การศึกษาทดลองเรื่องการละลายของสาร



การศึกษาทดลองเรื่องการเตรียมสารละลาย



นักเรียนศึกษาอินดิเคเตอร์จากพืชธรรมชาติ



นักเรียนศึกษาความปั่นกรตของน้ำอัดลม



นักเรียนศึกษาความเป็นกรด-เบสของผลไม้ชนิดต่างๆ

ชื่อ น.ศ. ศรุตพร คุ้มแก้ว รหัสนักเรียน 1 ม. 1 / 50 วันที่ 1 พ. ย. 50 กลุ่มที่ 7

ใบงานที่ 1.1 (รู้แล้ว อวยกฏอีก)

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาบทเรียนหัวข้อ 1.1 - 2.2 (หน้า 1-4) แล้วสรุปความรู้ที่ได้และนำเสนอในรูปแบบการสรุปความ รูปภาพพร้อมคำอธิบาย การเขียน แผนผังความดีหรือเกมปริศนาอักษรไขว้ เป็นต้น พร้อมทั้งระบุคำถามหรือสิ่งที่นักเรียนอยากเรียนรู้เพิ่มเติม

1. สารและสมบัติของสาร

1.1 สสารและสาร

สสาร คือ ปริมาณที่วัดได้ว่าเป็นสสาร (matter) มีสมบัติร่วมกันคือ มีมวล
คั่งถ่วงกับแรงดึงดูดของโลก เช่น ตะกั่ว/เหล็ก ขนุน/กล้วย สัตว์นานาทุกชนิดล้วนมีสาร
(substance) เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นสารแต่ละชนิดจะมีสมบัติที่แน่นอน

1.2 สมบัติของสาร

สารคือ สิ่งที่มีมวลจากสารแต่ละชนิดจะมีสมบัติเฉพาะตัวแตกต่างกัน เช่น ก๊าซ
หาได้ มีสมบัติของสารเป็นองค์ประกอบ 2 ประเภท ได้แก่ (1) สมบัติทางกายภาพ
หมายถึง สมบัติของสารที่สามารถสังเกตได้โดยไม่ต้องอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางเคมี
(2) สมบัติทางเคมี หมายถึง สมบัติที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีกับสารและ
การเกิดผลิตภัณฑ์ใหม่

2. จินเนต

2.1 การจำแนกสารตามลักษณะของสาร

สารตามลักษณะได้แก่ 3 ลักษณะ ได้แก่ 1. ของแข็ง 2. ของเหลว 3. แก๊ส
(1) ของแข็ง มีลักษณะของสารที่มีรูปร่างแน่นอน ปริมาตรคงที่ เช่น เหล็ก
(2) ของเหลว มีลักษณะของสารที่มีรูปร่างไม่แน่นอน ปริมาตรคงที่ เช่น น้ำ
(3) แก๊ส มีลักษณะของสารที่มีรูปร่างไม่แน่นอน ปริมาตรและรูปร่าง
เปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ เช่น อากาศ

2.2 การจำแนกสารตามสมบัติของสาร

สารจำแนกออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1. สารเนื้อเดียว/เนื้อเดียว
(1) สารเนื้อเดียว เป็นสารที่มีลักษณะของเนื้อสารและสมบัติเหมือนกันทุกประการ
(2) สารเนื้อผสม เป็นสารที่มีลักษณะของเนื้อสารและสมบัติไม่เหมือนกันทุกประการ

ชื่อ น.ศ. ศรุตพร คุ้มแก้ว รหัสนักเรียน 1 ม. 1 / 50 วันที่ 1 พ. ย. 50 กลุ่มที่ 7

ใบงานที่ 2.1 (รู้แล้ว อวยกฏอีก)

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาบทเรียนหัวข้อ 2.1 (หน้า 5-10) แล้วสรุปความรู้ที่ได้และนำเสนอในรูปแบบการสรุปความ รูปภาพพร้อมคำอธิบาย การเขียน แผนผังความดีหรือเกมปริศนาอักษรไขว้ เป็นต้น พร้อมทั้งระบุคำถามหรือสิ่งที่นักเรียนอยากเรียนรู้เพิ่มเติม

2. สารและสมบัติของสาร

2.1 สารและสาร

สาร คือ ปริมาณที่วัดได้ว่าเป็นสสาร (matter) มีสมบัติร่วมกันคือ มีมวล
คั่งถ่วงกับแรงดึงดูดของโลก เช่น ตะกั่ว/เหล็ก ขนุน/กล้วย สัตว์นานาทุกชนิดล้วนมีสาร
(substance) เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นสารแต่ละชนิดจะมีสมบัติที่แน่นอน

2.2 สมบัติของสาร

สารคือ สิ่งที่มีมวลจากสารแต่ละชนิดจะมีสมบัติเฉพาะตัวแตกต่างกัน เช่น ก๊าซ
หาได้ มีสมบัติของสารเป็นองค์ประกอบ 2 ประเภท ได้แก่ (1) สมบัติทางกายภาพ
หมายถึง สมบัติของสารที่สามารถสังเกตได้โดยไม่ต้องอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางเคมี
(2) สมบัติทางเคมี หมายถึง สมบัติที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีกับสารและ
การเกิดผลิตภัณฑ์ใหม่

3. จินเนต

3.1 การจำแนกสารตามลักษณะของสาร

สารตามลักษณะได้แก่ 3 ลักษณะ ได้แก่ 1. ของแข็ง 2. ของเหลว 3. แก๊ส
(1) ของแข็ง มีลักษณะของสารที่มีรูปร่างแน่นอน ปริมาตรคงที่ เช่น เหล็ก
(2) ของเหลว มีลักษณะของสารที่มีรูปร่างไม่แน่นอน ปริมาตรคงที่ เช่น น้ำ
(3) แก๊ส มีลักษณะของสารที่มีรูปร่างไม่แน่นอน ปริมาตรและรูปร่าง
เปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ เช่น อากาศ

3.2 การจำแนกสารตามสมบัติของสาร

สารจำแนกออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1. สารเนื้อเดียว/เนื้อเดียว
(1) สารเนื้อเดียว เป็นสารที่มีลักษณะของเนื้อสารและสมบัติเหมือนกันทุกประการ
(2) สารเนื้อผสม เป็นสารที่มีลักษณะของเนื้อสารและสมบัติไม่เหมือนกันทุกประการ

ตัวอย่างใบงานที่ 1.1 และ 2.1

ชื่อ อ.ญ. วาสนา วิชา วิทยาศาสตร์ วันที่ 13/1/2563 หน้า 50 กลุ่มที่ 5

ใบงานที่ 1.2 (การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของสาร)

คำชี้แจง ให้นักเรียนพิจารณาภาพด้านล่างแล้วตอบคำถาม

การอบขนมเค้กเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือไม่ จงอธิบายและให้เหตุผลประกอบ

~~ใช่ เพราะ ถ้าใช้วัตถุดิบในการทำเค้กแล้วอบจนสุกแล้วเค้กจะเปลี่ยนสีและกลิ่นไป~~

~~อบจนสุกแล้วเค้กจะเปลี่ยนสีและกลิ่นไป~~

การละลายของน้ำแข็งเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือไม่ จงอธิบายและให้เหตุผลประกอบ

~~ใช่ เพราะ น้ำแข็งละลายแล้วกลายเป็นน้ำ ซึ่งเป็นของเหลว และน้ำแข็งกับน้ำเป็นของเหลวเหมือนกัน~~

~~สภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง~~

ขนมปังปิ้งเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือไม่ จงอธิบายและให้เหตุผลประกอบ

~~ใช่ เพราะ ขนมปังปิ้งแล้วจะเปลี่ยนสีและกลิ่นไป~~

~~ขนมปังปิ้งแล้วจะเปลี่ยนสีและกลิ่นไป~~

ตัวอย่างอื่นๆ ของการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของสารที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน ได้แก่

~~การต้มน้ำให้เดือด~~

~~การนำน้ำแข็งไปแช่ตู้เย็นจนกลายเป็นน้ำแข็ง~~

~~การนำดินไปตากแดดจนแห้ง~~

ตัวอย่างใบงานที่ 1.2 และ 3.2

ชื่อ อ.ญ. วาสนา วิชา วิทยาศาสตร์ วันที่ 13/1/2563 หน้า 50 กลุ่มที่ 5

ใบงานที่ 3.2 (แนวโน้มนำการละลายของสาร)

ตารางแสดงความสามารถในการละลายของสารในน้ำ 100 กรัมที่อุณหภูมิต่างๆ

สาร	อุณหภูมิ (°C)			
	0	20	60	100
น้ำตาล (ซูโครส)	18.0	21.9	24.8	109
เกลือแกง (โซเดียมคลอไรด์)	35.7	36.0	37.3	39.2
ปูนซีเมนต์ (ซีเมนต์)	14.3	20.7	40.0	75.4
ซีเมนต์ (ซีเมนต์)	13.9	31.6	105.0	245.0
ปูนขาว (ไฮดรอกไซด์)	0.19	0.17	0.12	0.08

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนกราฟแสดงแนวโน้มการละลายของสาร 5 ชนิด

แนวโน้มการละลายของสาร 5 ชนิดในน้ำ 100 กรัมที่อุณหภูมิต่างๆ

น้ำตาล: เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ กับอุณหภูมิ

เกลือแกง: เพิ่มขึ้นเล็กน้อย กับอุณหภูมิ

ปูนซีเมนต์: เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ กับอุณหภูมิ

ซีเมนต์: เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ กับอุณหภูมิ

ปูนขาว: ลดลงเรื่อยๆ กับอุณหภูมิ

สรุป: สารที่ละลายได้ดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นคือ น้ำตาล เกลือแกง ปูนซีเมนต์ ซีเมนต์ และสารที่ละลายได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นคือ ปูนขาว

อภิปรายผลการทำงาน

1. ขอบเขตพื้นที่สวนชนิดนี้เห็นเด่นชัดต่างกันอย่างไร

วิธีและกลไกการกิน น้ำแมลงสาบตัวผู้ กากตะกอน น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้

2. เมื่อการกินตะกอนชนิดนี้ด้วยกระบวนการกินได้เป็นอย่างไร แสดงให้เห็นสิ่งใด

น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้

3. เมื่อการกินตะกอนชนิดนี้ด้วยกระบวนการกินได้เป็นอย่างไร แสดงให้เห็นสิ่งใด

น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้

4. น้ำแมลงสาบตัวผู้กับน้ำแมลงสาบตัวผู้มีความแตกต่างกันอย่างไร

(1) น้ำแมลงสาบ (2) น้ำแมลงสาบ

สรุปผลการทดลอง

น้ำแมลงสาบตัวผู้กับน้ำแมลงสาบตัวผู้มีความแตกต่างกันอย่างไร

น้ำแมลงสาบตัวผู้กับน้ำแมลงสาบตัวผู้มีความแตกต่างกันอย่างไร

น้ำแมลงสาบตัวผู้กับน้ำแมลงสาบตัวผู้มีความแตกต่างกันอย่างไร

น้ำแมลงสาบตัวผู้กับน้ำแมลงสาบตัวผู้มีความแตกต่างกันอย่างไร

ผลการทดลอง			
ตารางบันทึกผลการสังเกตลักษณะการกินตะกอนของแมลงสาบตัวผู้ 3 ชนิด			
สารตัวอย่าง	ผลการสังเกตลักษณะการกินตะกอน	ผลการสังเกตลักษณะการกินตะกอน	ผลการสังเกตลักษณะการกินตะกอน
น้ำเน่า	น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้	น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้	น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้
	น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้	น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้	น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้
น้ำเน่า	น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้	น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้	น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้
	น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้	น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้	น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้ น้ำแมลงสาบตัวผู้

ตัวอย่างผลการศึกษากิจกรรมที่ 2 การตรวจสอบสมบัติของสารแขวนลอย คอลลอยด์ และสารละลาย

ภาพหน้า 1

ผลการทดลอง

ปริมาณน้ำ	ผลการทดลอง
5 กรัม	1. ไม่เกิดการลอยของไข่ต้ม 5 กรัม ไข่ต้ม ไม่ลอย ไข่ต้มจมลงสู่ก้นถ้วย 2. ไข่ต้มจมลงสู่ก้นถ้วย 100 กรัม ไข่ต้ม
10 กรัม	1. ไม่เกิดการลอยของไข่ต้ม 10 กรัม ไข่ต้ม ไม่ลอย ไข่ต้มจมลงสู่ก้นถ้วย 2. ไข่ต้มจมลงสู่ก้นถ้วย 100 กรัม ไข่ต้ม

สรุปผลการทดลอง

1. ไข่ต้มไม่ลอยในน้ำ 5 กรัม และ 10 กรัม
2. ไข่ต้มจมลงสู่ก้นถ้วย 100 กรัม

ภาพหน้า 2

ผลการทดลอง

ผลการทดลอง	ผลการทดลอง
ผลการทดลอง 1	ไข่ต้มจมลงสู่ก้นถ้วย 10 ml ไข่ต้มจมลงสู่ก้นถ้วย 10 ml
ผลการทดลอง 2	ไข่ต้มจมลงสู่ก้นถ้วย 10 ml ไข่ต้มจมลงสู่ก้นถ้วย 10 ml
ผลการทดลอง 3	ไข่ต้มจมลงสู่ก้นถ้วย 10 ml ไข่ต้มจมลงสู่ก้นถ้วย 10 ml
ผลการทดลอง 4	ไข่ต้มจมลงสู่ก้นถ้วย 10 ml ไข่ต้มจมลงสู่ก้นถ้วย 10 ml

สรุปผลการทดลอง

1. ไข่ต้มจมลงสู่ก้นถ้วย 10 ml
2. ไข่ต้มจมลงสู่ก้นถ้วย 10 ml
3. ไข่ต้มจมลงสู่ก้นถ้วย 10 ml
4. ไข่ต้มจมลงสู่ก้นถ้วย 10 ml

ตัวอย่างผลการศึกษากิจกรรมที่ 4 การเตรียมสารละลายและสารละลายเจือจาง

VITAE

VITAE

Name: Miss Araya Palachot

Date of Birth: July 3rd, 1979

Place of Birth: Phanomsarakham, Chachoengsao Province

Address: 74 M.6 Nong-nae Phanomsarakham Chachoengsao 24120
Thailand

Tel. [66](38) 523-371, [66](81) 860-4021

E-mail: araya3722@hotmail.com; arayapalachot@gmail.com

Educational Background:

2001	B.Sc. (Chemistry), Srinakharinwirot University, Bangkok
2002	Cert. (Teaching Profession), Srinakharinwirot University, Bangkok
2008	Ed.D. (Science Education), Srinakharinwirot University, Bangkok