

A DEVELOPMENT OF SCIENCE LEARNING ACTIVITIES BASED ON 4MAT SYSTEM
AND LEARNING STYLES TO PROMOTE MULTIPLE INTELLIGENCES OF
SIXTH GRADE STUDENTS



PRESENTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE
DOCTOR OF EDUCATION DEGREE IN SCIENCE EDUCATION
AT SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY
MAY 2011

A DEVELOPMENT OF SCIENCE LEARNING ACTIVITIES BASED ON 4MAT SYSTEM
AND LEARNING STYLES TO PROMOTE MULTIPLE INTELLIGENCES OF
SIXTH GRADE STUDENTS



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

May 2011

Copyright 2011 by Srinakharinwirot University

A DEVELOPMENT OF SCIENCE LEARNING ACTIVITIES BASED ON 4MAT SYSTEM
AND LEARNING STYLES TO PROMOTE MULTIPLE INTELLIGENCES OF
SIXTH GRADE STUDENTS



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

May 2011

Wanphen Pratoomtong. (2011). *A Development of Science Learning Activities based on 4MAT System and Learning Styles to Promote Multiple Intelligences of Sixth Grade Students*. Dissertation, Ed.D. (Science Education). Bangkok: Graduate School. Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assoc. Prof. Dr. Sunee Haemaprasith, Acting Sub Lt. Dr. Manat Boonprakob, Assoc. Prof. Dr. Oraphin Choochom.

The research objectives were 1) to develop science learning activities based on the 4MAT System and learning styles to promote multiple intelligences of sixth grade students, 2) to study their effectiveness on students' achievement, science process skills, attitudes toward science, multiple intelligences, and creative thinking, and 3) to study students' and teachers' opinions toward science learning activities model based on 4MAT System.

The design of this study was Pretest-Posttest Control-Group Design. The samples were two classrooms of sixth grade students which were selected by using cluster sampling. One classroom was designed as the control group (30 students) which was taught with the traditional method of teaching and the other one was designed as the experimental group (33 students) which was taught with science learning activities based on 4MAT System. The content was substance in daily life. The duration of this study was 27 periods in the first semester of the academic year 2010. The instruments were achievement test, science process assessment, attitudes toward science measures, multiple intelligences assessment, evaluation form of creative thinking and teachers' and students' opinions toward science learning activities based on 4MAT System interview form. The data were analyzed using mean values and standard deviation. Research hypotheses were tested by Multivariate Analysis of Variance (MANOVA).

The results revealed that:

- 1) There was no interaction between science learning activities and learning styles.
- 2) Comparison between science learning activities based on 4MAT System and science learning activities with the traditional method of teaching showed that:

2.1) Students who learned through science learning activities based on 4MAT System had achievement and attitudes toward science higher than students who learned through the traditional method of teaching.

2.2) Student in both groups had no difference in science process skills and multiple intelligences.

3) Consideration of science learning activities based on 4MAT System showed that:

3.1) Students demonstrated progress in creative thinking.

3.2) Students who had different learning styles had no difference in achievement, science process skills, attitudes toward science, multiple intelligences and creative thinking.

3.3) Both teacher and students had positive opinions toward science learning activities based on 4MAT System.



การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT
และแบบการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมพหุปัญญาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุขปฏิบัติ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
พฤษภาคม 2554

วันเพ็ญ ประทุมทอง. (2554). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT และแบบการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมพหุปัญญาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. ปริญญาโท กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา), กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: รองศาสตราจารย์ ดร.สุนีย์ เหมะประสิทธิ์, ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ, รองศาสตราจารย์ ดร.อรพินท์ ชูชม.

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายคือ 1) เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT และแบบการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมพหุปัญญาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 2) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ พหุปัญญา และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน และ 3) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของครูและนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT

แบบแผนการวิจัยที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ Pretest-Posttest Control-Group Design กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster sampling) ทั้ง 2 ห้องเรียน โดยแบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน (นักเรียน 30 คน) ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปกติ และกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน (นักเรียน 33 คน) ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ระยะเวลาทดลองจำนวน 27 คาบเรียน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ แบบประเมินพหุปัญญา แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ และแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูและนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานการวิจัยได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (Multivariate Analysis of Variance : MANOVA)

ผลการวิจัย พบว่า

- 1) ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับแบบการเรียนรู้
- 2) ในการเปรียบเทียบกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT และกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปกติ พบว่า

2.1) นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปกติ

2.2) นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพหุปัญญาไม่แตกต่างกัน

3) เมื่อพิจารณาเฉพาะกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT พบว่า

3.1) นักเรียนมีพัฒนาการในด้านความคิดสร้างสรรค์

3.2) นักเรียนที่มีแบบการเรียนรู้ต่างกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ พหุปัญญา และความคิดสร้างสรรค์ไม่แตกต่างกัน

3.3) ครูและนักเรียนมีความคิดเห็นเชิงบวกต่อกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT



This study was financially supported by
Srinakharinwirot University and the Institute for the Promotion of Teaching
Science and Technology (IPST), Thailand

The dissertation titled
“A Development of Science Learning Activities based on 4MAT System and Learning Styles
to Promote Multiple Intelligences of Sixth Grade Students”

By
Wanphen Pratoomtong

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)

May, 2011

Dissertation Committee

Oral Defense Committee

.....Major-advisor

.....Chair

(Assoc. Prof. Dr.Sunee Haemaprasith)

(Dr.Prasong Mateapinitkul)

.....Co-advisor

.....Committee

(Acting Sub Lt. Dr.Manat Boonprakob)

(Assoc. Prof. Dr.Sunee Haemaprasith)

.....Co-advisor

.....Committee

(Assoc. Prof. Dr.Oraphin Choochom)

(Acting Sub Lt. Dr.Manat Boonprakob)

.....Committee

(Assoc. Prof. Dr.Oraphin Choochom)

.....Committee

(Assist. Prof. Dr.Numphon Koocharoenpisa)

ACKNOWLEDGEMENTS

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

I wish to express my deep gratitude to Assoc. Prof. Dr. Sunee Haemaprasith, my chair advisor, and Acting Sub Lt. Dr. Manat Boonprakob, Assoc. Prof. Dr. Oraphin Choochom , my advisor, for their kind guidance, valuable comments and encouragement throughout the study.

I also would like to express my appreciation to Dr. Orvil White and Mr. Carthell Everett for their helps, guidance and advice throughout my year at Indiana University, Assoc. Pro. Dr. Nason Phonpoke, Director of Science Education Center, Srinakharinwirot University, and all instructors in the Science Education Center for their advices and encouragement during the study.

Also, I extend my gratitude to these following people, groups of experts, teachers and students whom I may not name for their advices and helps, and other doctoral students in the Science Education Program for their supports and encouragements

Finally, I am indebted to my parents, sister, and family for their love and encouragement during my study.

Wanphen Pratoomtong

TABLE OF CONTENTS

Chapter	Page
1 INTRODUCTION	
Background.....	1
Research Questions	5
Purposes of the Study.....	6
Significance of the Study.....	6
Scope of the Study.....	7
Definition of Terms.....	7
Conceptual Framework of the Study.....	14
Framework of the Study.....	15
Research Hypotheses.....	16
2 REVIEW OF THE LITERATURE	
Science Learning Activities.....	17
The 4MAT System.....	24
Learning Styles.....	36
Multiple Intelligences.....	45
Learning Outcomes.....	51
Creative Thinking.....	56
3 METHODOLOGY	
Phase One: Science Learning Activities Design.....	66
Phase Two: Science Learning Activities Implementation.....	69
Phase Three: Science Learning Activities Evaluation.....	81

TABLE OF CONTENTS (continued)

Chapter	Page
4 RESULTS OF THE STUDY	
Phase One: Science Learning Activities Design.....	83
Phase Two: Science Learning Activities Implementation.....	95
Phase Three: Science Learning Activities Evaluation.....	96
5 CONCLUSION AND DISSCUSION	
Purposes of the study.....	120
Hypotheses of the study.....	120
Research instruments.....	121
Research methodology.....	121
Conclusions.....	123
Discussions.....	127
Recommendations.....	135
BIBLIOGRAPHY.....	138
APPENDIX.....	152
VITAE.....	271

LIST OF TABLES

Table	Page
1 Learning units for the science learning activities.....	67
2 The questions and answers for each learning behavior.....	73
3 Reliability of learning style questionnaire with α -Conbrach coefficient.....	74
4 Point Value for Positive Items and for Negative Items.....	77
5 Research Tools and Data Collection Periods.....	80
6 A framework of topics, activities, multiple intelligences, and periods in each lesson plan.....	86
7 Consistency of the draft of science learning activities.....	92
8 A framework of the lesson plans.....	96
9 Comparisons of the pretest scores of students' achievements, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences by science learning activities	98
10 Comparisons of the pretest scores of students' achievements, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences by learning styles	109
11 Multivariate analysis of variance (MANOVA) results between science learning activities model and learning styles on students' achievement, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligence.....	100
12 Comparisons of the posttest scores of students' achievements, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences by science learning activities	102
13 Scores of students' creative thinking during learning through science learning activities based on 4MAT System.....	104

LIST OF TABLES (continued)

Table	Page
14 Comparisons of the scores of students' creative thinking during learning through science learning activities based on 4MAT System by learning styles.....	106
15 Comparisons of the pretest scores of students' achievements, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences in experimental group by learning styles.....	109
16 Comparisons of the posttest scores of students' achievements, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences in experimental group by learning styles.....	110
17 Opinions of students toward science learning activities based on 4MAT System.....	112
18 The results of assessing and evaluating the item objective congruence (IOC), item difficulty (p) and item discrimination (r) of the achievement test.....	248
19 The results of index of congruence for construct validity of research instruments as evaluated by 3 experts.....	250
20 Skewness and kurtosis of criterion test.....	252
21 Pearson's correlation among dependent variable.....	252
22 Box's test of equality of covariance matrices.....	252
23 Levene's test of equality of error variances.....	253

LIST OF FIGURES

Figure	Page
1 Conceptual framework of the study.....	14
2 Framework of the study.....	15
3 The hemispheres and specific functions.....	26
4 Learning process cycle of 4MAT System	28
5 Kolb's experiential learning cycle.....	40
6 The revised structure of intellect model.....	59
7 The structure of teaching creative thinking of Williams CAI cube model.....	62
8 Diagram for the development of science learning activities.....	66
9 Pretest-posttest control-group designs.....	69
10 The progress in students' creative thinking.....	105

CHAPTER 1

INTRODUCTION

Background

Science has an important role in society because it relates to daily life and everyone's career. The instruments and tools used in daily life and careers are the result of combining scientific knowledge with creative thinking and other knowledge. Scientific knowledge helps us to construct further knowledge and understand phenomena which are the consequence of the tremendous development of technology and vice versa. Technology is very important in the study of scientific knowledge (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), 2003: 1); therefore, science is an important element in the Basic Education Curriculum that students must study. Science helps learners to understand phenomena and technology to be rational, creative, and moral in using knowledge (Office of the National Education Commission (ONCE), 2001: 1). In the past, although goals of science education were often revised, there were still some problems that had caused difficulty in the development of science. Because people usually think of science and technology as being too complex, they don't interest and conduct it to learning.

A research paper from the Thai-U.S. Educational Roundtable 2001 revealed that the teaching of science did not reflect its use in real life. Even though at the primary education level, the subject of science was grouped with the "life experiences" category of the five learning experience groups, their traditional delivery failed to encourage children to develop positive attitudes toward science and to apply scientific processes in their daily life. Furthermore, most primary school teachers did not have degrees in scientific disciplines. In general, teachers do not have sufficient knowledge, understanding or skills needed for organizing and preparing learning activities. Methods were mainly based on the lecture approach which required teachers to give explanation or demonstration while students usually focused on textbook-reading, note-taking and memorizing what had been explained to them. Such approaches certainly did not induce enough practice of the much-needed scientific process skills. Moreover, the test results in the subjects of science and mathematics showed the learning ability of the learners in this group still fell short of

expectations. They lacked scientific thinking process skills and failed to develop the abilities for analytical and critical thinking. Hence, their achievement of scientific process learning was low, as evidenced by the result of the assessment of the quality of education carried out by the Department of Curriculum and Instruction Development in 1997. It was found that test scores of most students were rated as mediocre to poor, and improvement was needed. Learners in this group also fell behind their peers in international comparisons. In the Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) conducted by the International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA), Thai students scored near the bottom among TIMSS participating nations. During the 1995-1999 competitions of the Academic Olympics, the overall competition records of Thai students were always the lowest among the 5-Asian-country group which consisted of Thailand, Taiwan, Korea, Vietnam and Singapore. In short, the delivery of mathematics, science and technology education in Thailand faces multi-faceted problems. International comparisons attest to low learning achievement of Thai students; they achieve low average scores, do not perform well on the application of knowledge and problem solving skills and cannot express their ideas in writing. The results are a little better for upper secondary students. The results from the Academic Olympics reveal that Thai students attain high levels of achievement when compared to other countries in theoretical parts but show serious weakness in practical parts where they cannot solve most of the test problems (Chinnapat Bhumirat; & ONEC working group. 2001: 2-6).

For this reason, Thai education reform is needed particularly in curriculum structure and the teaching-learning process. The goals of education have changed from memorization of fact to developing skills of students. Furthermore, they expect that all students will acquire knowledge and the abilities necessary to solve problems by themselves and in collaboration with others and to learn for lifelong whereas theory and evidence are favoring a knowledge construction model over the information transmission model (ONCE. 2008; Yarger; Thomas; & Boysen. 1998: online).

Many reformers advocate a move away from traditional, teacher-centered, (didactic) direct instruction, where students are passive receptors of knowledge, toward more student-centered understanding-based (constructivist) teaching that focuses on

exploration and experimentation. This student-center, student-active instruction is often called constructivist (Smerdon; Burkam; & Lee; 1999: 5-6). For example, it suggested the main ideas about constructivism shown in section 22 “Education shall be based on the principle that all learners are capable of learning and self-development, and are regarded as being most important. The teaching-learning process shall aim at enabling the learners to develop themselves at their own pace and to the best of their potentiality”. In addition, the National Education Act lays down guideline for provision of education, management of learning process as stated in section 24 (ONEC. 2008: 19-22).

Section 24 “In the organization and classroom management of educational institutions shall: 1) provide substance and arrange activities in line with the learners’ interests and aptitudes, bearing in mind individual differences; 2) provide training in thinking process, management, how to face various situations and application of knowledge for obviating and solving problems; 3) organize activities for learners to draw from authentic experience; drill in practical work for complete mastery; enable learners to think critically and acquire the reading habit and continuous thirst for knowledge; 4) achieve, in all subjects, a balanced integration of subject matter, integrity, values, and desirable attributes; 5) enable instructors to create the ambiance, environment, instructional media, and facilities for learners to learn and be all-round persons, able to benefit for research as a part of the learning process. In so doing, both learners and teachers may learn together from different types of teaching-learning media and other sources of knowledge; 6) enable individuals to learn at all times and in all place. Co-operation with parents, guardians, and all parties concerned in the community shall be sought to jointly develop the learners in accord with their potentiality.”

To fulfill the goals of the 2008 National Education Act, the learner and the teacher are recognized as important for the teaching-learning process. Classroom management strategies must allow all learners to develop at their own pace and to their highest potential. Caine (2002) posited that good teachers should capitalize on children’s natural curiosity in order to promote an attitude of discovery. Students are encouraged to find out for themselves about how and why phenomena occur (Caine; Caine; & Mcclintic. 2002: 70-73).

Therefore, teachers have to design activities that emphasize an active role for learners to construct their own understanding through interacting in an environment around them in which the knowledge of the domain is not explicitly separated from the context in which it applies. Moreover, these activities are interesting to learners and at their level so they can use whole brain to participate in activities. Furthermore, Gardner (1993) supports that learning activities should develop students' intelligences and help them reach vocational and avocational goals that are appropriate to their dominant intelligences. Especially in terms of science education, he says that because the framework of science is built around the linguistic and logical/mathematical intelligence, students whose strengths lie in other areas may find science difficult. He believes that since no one person can learn all there is to learn; we must give our students choices (Campbell; & Burton. 1994: 22).

The 4MAT System is an instructional model that provides a systematic approach to organizing and delivering instruction that addresses the learning styles and hemispheric preferences of students. This model consists of four quadrants each of which represents one of the four major learning styles. By superimposing right and left hemispheric preferences on each of the four quadrants, eight-step cycle is formed. Right mode or left mode instructional strategies are assigned to each of the eight steps. According to the model, if the teacher follows the cycle, the learning style and hemispheric preference of each individual would be addressed at least one-fourth of the instructional time. During other parts of the cycle, the learner would be "stretched" learning other ways to solve problems (McCarthy. 1980).

The 4MAT System aids teachers in designing learning activities that address the learning styles as well as hemispheric preferences of students and emphasizes a role for the learners to construct their own knowledge (Wilkerson; & White. 1988: 358). Teachers are also incorporating the 4MAT System into their teaching by engaging different intelligences of students. By using bodily-kinesthetic intelligence teachers are giving students a "doing and experiencing" opportunity. Engaging students interpersonal and intrapersonal intelligences would cause them to critically reflect and examine the material. Teachers can also facilitate critical dialogue to have students make interpersonal and intrapersonal cognitive developments for themselves, by themselves and with each other

(Campe. 2006 citing Vygotsky). Therefore learners would work in small groups, or at times working alone, and use their intelligences: visual, interpersonal, musical, bodily-kinesthetic, intrapersonal, linguistic, and logical to work at their own pace and create, build, evaluate, and extend their learning. Teachers assume more of a facilitator's role. Moreover, one of the major advantages of the 4MAT System is that it requires students to engage in higher order thinking throughout the lesson. In the terms used by Bloom, Englehart, Furst, Hill, & Krathwohl (1956), students engage in analysis in step 2, comprehension in step 3, application in steps 5 and 6, evaluation in step 7 and, potentially, synthesis in step 8.

There are several studies that suggest students participating in activities according to the 4MAT System achieve a higher degree of conceptual understanding, attitudes toward science, science process skills and higher order thinking (Bowers. 1987; Szewczyk. 1987; Wilkerson; & White. 1988; Appell. 1991; Ursin. 1995; Huitt. 2000; Pradab Jontrakan. 2002; Pattana Phusanga. 2002; Aree Taweelap. 2003; & Piyalux Potiwan. 2004). Moreover, the 4MAT System in science offers many opportunities for student to employ their intelligences.

For these reasons, in this study science learning activities were developed based on the 4MAT System in which students construct knowledge by using their intelligences from learning environments provided by teachers. Learning environments are suitable for individual student differences, offer many opportunities for students to employ their intelligences or multiple intelligences and enhance their highest potential to fulfill goals of curriculum.

Research Questions

The following primary research questions were formulated regarding primary school students' use of science learning activities:

1. Does interaction between science learning activities and learning styles of student affect students' multiple intelligences and learning outcomes?
2. Do the science learning activities based on 4MAT System affect students' multiple intelligences, learning outcomes and creative thinking?
3. Do different learning styles affect students' multiple intelligences, learning outcomes and creative thinking?

4. How are students' and teachers' opinions toward the science learning activities based on 4MAT System after they learned through science learning activities?

Purposes of the Study

The purposes of the study are summarized as follows:

1. To develop science learning activities based on 4MAT System.
2. To implement science learning activities based on 4MAT System.

2.1 To study interaction effects between science learning activities and learning styles on students' multiple intelligences and learning outcomes.

2.2 To study effects of science learning activities based on 4MAT System on students' multiple intelligences, learning outcomes and creative thinking.

2.3 To study different learning styles of students who learn through the science learning activities based on 4MAT System on students' multiple intelligences, learning outcomes and creative thinking.

2.4 To study the teachers' and students' opinion toward the activities based on 4MAT System.

Significance of the Study

This research provided science learning activities that address learning styles of students, and the development of these activities was based on the 4MAT System. Furthermore, this study focused on promoting students' multiple intelligences, enhancing creative thinking and learning outcomes which consist of students' achievement, science process skills, and attitude toward science and studying about teachers' and students' opinions after they participated in those activities.

The results of this study provided useful information about relationship between students' learning style and students' multiple intelligences, learning outcomes and creative thinking for science teachers. They were also able to use those activities to guide their thinking to develop teaching strategies for their students according to students' multiple intelligences, learning outcomes and creative thinking.

Even though these activities were designed to use with the participants in this study, they can be adopted for use with students at other levels and in other subjects.

Scope of the Study

Population of the Study

The population of this study was sixth grade students and teachers who taught science in sixth grade in Samut Prakarn province.

Sample of the Study

The samples were two classrooms of sixth grade students who studied in the first semester of the 2010 academic year of Wat Salud School located in Samut Prakarn province. Two classrooms were selected by cluster sampling. One classroom was control group with 30 students and another one was experimental group with 33 students. One teacher taught science in grade sixth during the first semester of the 2010 academic year of Wat Salud School also participated in the current study.

Variables of the Study

1. Independent Variables

- Science learning activities based on 4MAT System
- Learning styles

2. Dependent Variables

- Multiple intelligences
- Learning outcomes
- Creative thinking
- Students' opinions toward activities
- Teacher's opinions toward activities

Definition of Terms

1. **Science Learning Activities** refer to science learning activities designed by using 4MAT System and they were created to provide students with hands-on/mind-on activities. Science teaching and learning activities are organized according to the theory of multiple

intelligences that students use their intelligences to construct knowledge by themselves. One activity integrates many intelligences that students can use to construct their knowledge. The activities are ready-made for sixth grade students in content of substance in daily life.

2. 4MAT System refers to a model that engages students to construct their own idea and promotes multiple intelligences of students. Adapted from McCarthy, this model is based on hemispheric preferences of students. When using this model, teachers implement a number of steps in their teaching. The model consists of eight steps as the lessons proceed. Right mode or left mode instructional strategies are assigned to each of eight steps.

2.1 Connect: Students are engaged in the experience to start to establish a link between students' personal meaning and the content of the subject to achieve clear connection to learner's life and background. In this step, students can use spatial intelligence, kinesthetic intelligence, musical intelligence, interpersonal intelligence or natural intelligence to link their backgrounds.

2.2 Examine: Students start to analyze the new experience to build their own beliefs. In this step, students can use linguistic intelligence, logical mathematical intelligence, interpersonal intelligence or intrapersonal intelligence to build their own beliefs.

2.3 Image: Students start to form the picture that clarifies the concept of the new experience. In this step, student can use spatial intelligence, kinesthetic intelligence, musical intelligence or interpersonal intelligence to clarify their concept.

2.4 Inform: Students learn concepts and skills that must be known for the new experience. In this step, students can use linguistic intelligence, logical mathematical intelligence, interpersonal intelligence or intrapersonal intelligence to learn concepts and skills for new experience.

2.5 Practice: Students work with concept's content, and practice the new skills as the experts have found it. In this step, students can use kinesthetic intelligence, interpersonal intelligence to work with new concepts.

2.6 Extend: Students apply to a more complex experience where learners can add their own innovation. In this step, students can use linguistic intelligence, logical

mathematical intelligence, interpersonal intelligence or intrapersonal intelligence to apply more complex experience.

2.7 Refine: Students begin to analyze the application of the concepts to evaluate that experience and extension for relevance and usefulness. In this step, students can use linguistic intelligence, logical mathematical intelligence, interpersonal intelligence, intrapersonal intelligence or natural intelligence to analyze the application of the concepts.

2.8 Perform: Students are able to do it by themselves and sharing it with others may form a new shape to this experience. In this step, students can use interpersonal intelligence, intrapersonal intelligence, spatial intelligence, linguistic intelligence or logical mathematical intelligence to share their ideas.

3. Learning Styles refer to ways of learning in which students show their particular characteristic strengths and preferences. The way they learn means the processing of information, and dealing with ideas. This study used the four styles of learning as classified according to Kolb's experiential learning style inventory updated in 1985. They are:

3.1 Convergent Learning Style refers to persons who like to learn using abstract conceptualization and active experimentation. Their characteristics are that they mostly prefer to deal with things or narrow technical interests.

3.2 Divergent Learning Style refers to persons who like to learn using reflective observation and concrete experience. Their characteristics are that they mostly prefer to think about the subject imaginatively.

3.3 Assimilative Learning Style refers to persons who like to learn using abstract conceptualization and reflective observation. Their characteristics are that they mostly prefer to ask questions and attempt to create theoretical models. They are often more concerned with abstract concepts.

3.4 Accommodative Learning Style refers to persons who like to learn using concrete experience and active experimentation. Their strengths lie in doing things and involving themselves in new experiences. They tend to solve problems intuitively, relying on others for information.

In this study, learning styles of students were identified by learning styles questionnaire that was adapted from learning styles questionnaire of Sirinoot Teanrungrroj (2005).

4. Multiple Intelligences refer to a set of skills, which allow individuals to find answers for problems they face. In this study, the multiple intelligences of students were measured by Multiple Intelligences Assessment that the researcher adapted from the Teele Inventory of Multiple Intelligences (TIMI) of Teele (1997) and Multiple Intelligences Assessment of Armstrong (2007). They consist of eight types of intelligences.

4.1 Linguistic Intelligence is the ability to use words and language such as listening, speaking, writing, storytelling, explaining, etc.

4.2 Logical Mathematical Intelligence is the ability to use reason, logic and numbers such as problem solving, classifying and categorizing information, doing controlled experiments, etc.

4.3 Spatial Intelligence is the ability to perceive the visual such as jigsaw assembly, reading, understanding charts, maps, and graphs, a good sense of direction, etc.

4.4 Kinesthetic Intelligence is the ability to control body movements and handle objects skillfully such as dancing, physical co-ordination, sports, hands-on experimentation, etc.

4.5 Musical Intelligence is the ability to produce and appreciate music such as singing, whistling, clapping, playing musical instruments, recognizing tonal patterns, etc.

4.6 Interpersonal Intelligence is the ability to relate and understand others such as understanding other people's moods and feelings, counseling, co-operating with groups, etc.

4.7 Intrapersonal Intelligence is the ability to self-reflect and be aware of one's inner state of being such as recognizing their own strengths and weaknesses, reflecting and analyzing themselves, awareness of their inner feelings, desires and dreams, working by himself etc.

4.8 Natural Intelligence is the ability to recognize and appreciate the world around us such as species discrimination, the ability to recognize and classify various

flowers and animals, knowledge of and communication with the natural world, the ability to classify patterns in nature, etc.

5. Learning Outcomes refer to students' performances that demonstrate their abilities in intellectual, affective, and practical domains. The three major groups of learning outcomes assessed in this study are as follows:

5.1 Achievement refers to students' intellectual abilities that are demonstrated from learning through these activities. Science achievement is delineated in Cognitive Domain of Bloom's Taxonomy- Taxonomy of Educational Objectives:

5.1.1 Knowledge: Knowing facts and describing what is observed.

5.1.2 Comprehension: Using ideas in familiar contexts, explaining how and why something happens.

5.1.3 Application: Using knowledge and understanding in a new context.

5.1.4 Analysis: Separating concepts into its parts until relationship among parts is clear.

5.1.5 Synthesis: Putting parts together to form whole, with emphasis on creating a new meaning.

5.1.6 Evaluation: Making judgments about the value of ideas.

In this study, students' achievement was measured by the achievement test that was developed by the researcher.

5.2 Science Process Skills refer to students' abilities to do experiments demonstrated in the learning through these activities. They consist of seven basic skills and six integrated skills.

5.2.1 Observing: Using the senses to obtain information or data about objects and events.

5.2.2 Using space/Time relations: Discerning and describing directions, spatial arrangements, motion and speed, symmetry, and rate of change.

5.2.3 Classifying: Identifying objects or events and showing similarities, differences, and interrelationships.

5.2.4 Measuring: Using measuring instruments properly and carrying out calculations with these instruments.

5.2.5 Communicating: Presenting the data to other persons by speaking writing or using of diagrams, maps, graphs, mathematical equations, and other visual demonstrations.

5.2.6 Predicting: forecasting a future observation or event based on observations, measurements, and inferences about relationships between observed variables.

5.2.7 Inferring: Using logic to draw conclusions from what we observe.

5.2.8 Making Models: Constructing mental, verbal, or physical representations of idea to clarify explanations.

5.2.9. Defining Operationally: Creating a definition by describing what is done and observed.

5.2.10 Collecting Data: Gathering and recording information about observations and measurements.

5.2.11 Interpreting Data: Organizing, analyzing, and synthesizing data by using tables, graphs, and diagrams to locate patterns that lead to the construction of inferences, prediction, or hypotheses.

5.2.12 Formulating Hypotheses: Making educated guesses based on evidence that can be tested through experimentation.

5.2.13 Experimenting: Designing one's own experiment to test a hypothesis by using procedures to obtain reliable data.

In this study, science process skills of students were measured by science process assessment that the researcher adapted from science process assessment for elementary students of Smith & Welliver Educational Service (1994).

5.3 Attitudes toward science refer to a person's positive or negative response to the enterprise of science. Moreover, it refers specifically to whether a person likes or dislikes science. In this study, attitudes toward science were measured in six areas. They were learning science in school, self-concept in science, practical work in science, science outside of school, future participation in science, and importance of science. Students' attitudes toward science were measured by the attitudes toward science measure that the

researcher adapted from attitudes toward science measure of Kind, Jones & Barmby (2007).

6. Creative thinking refers to ability of students to create something new or original from their understanding. It involves the skills of originality, flexibility, fluency and elaboration.

6.1 Originality is the ability to produce unusual the uniqueness or difference of idea from others.

6.2 Fluency is the ability to produce a large number of ideas.

6.3 Flexibility is the ability to produce a wide variety of ideas.

6.4 Elaboration the ability to develop or embellish ideas and to produce many detail to “flesh out” an idea.

In this study, students' creative thinking was measured by the evaluation form of creative thinking from students' products that the researcher adapted from evaluation form of creative thinking of Arunee Rodjanapaiboon (2003).

7. Teachers' Opinions toward the Science Learning Activities refers to teachers' feelings regarding the activities. These feelings are affected while considering documents and using these activities in the instruction. Teachers' opinions were measured in teaching-learning process, assessment and evaluation. These data were obtained from teacher opinions toward the science learning activities based on 4MAT System interview form that was developed by the researcher.

8. Students' Opinions toward the Science Learning Activities refer to students' feelings in the experimental group toward teaching-learning processes, the content, instructional materials, assessment and evaluation. These data were obtained from student opinions toward the science learning activities based on 4MAT System interview form that was developed by the researcher.

9. The Traditional Method of Teaching refers to the regular teaching method of the science teacher who teaches science to the control group.

Conceptual Framework of the Study

The conceptual framework of the study evolved as a consequence of the literature review in the field of theory of multiple intelligences, 4MAT System, Learning Styles and science standards. In FIGURE 1, the development of science learning activities was based on 4MAT System as an instructional strategy or lessons proceed.

The 4MAT System had been evident in many education research studies. They showed that the model had increased achievement in science and science process skills (Pradab Jontrakan. 2002) and influenced attitude toward science as well as scientific knowledge (Bower. 1987; Wilkerson; & White. 1988; Appell. 1991; & Ursin. 1995). Moreover, this model could enhance higher order thinking in students (Huitt. 2000; & Pattana Phusanga. 2002). Consequently, 4MAT System in science offered many opportunities for students to use their intelligence to construct their own knowledge. Moreover, the model provided a systematic approach to organizing and delivering instruction that addresses the learning styles, hemispheric preference of students as well as different intelligences in each student. This model challenged learners to use what they presently know to create or build meaning or an understanding through the refinement and adaptation of knowledge and experience. (Wilkerson; & White. 1988: 357; & Campe. 2006: online).

FIGURE 1 was an attempt to describe the conceptual framework of the study and to identify the relationship between science learning activities and multiple intelligences, learning outcomes, creative thinking and opinion of students and teachers toward activities.

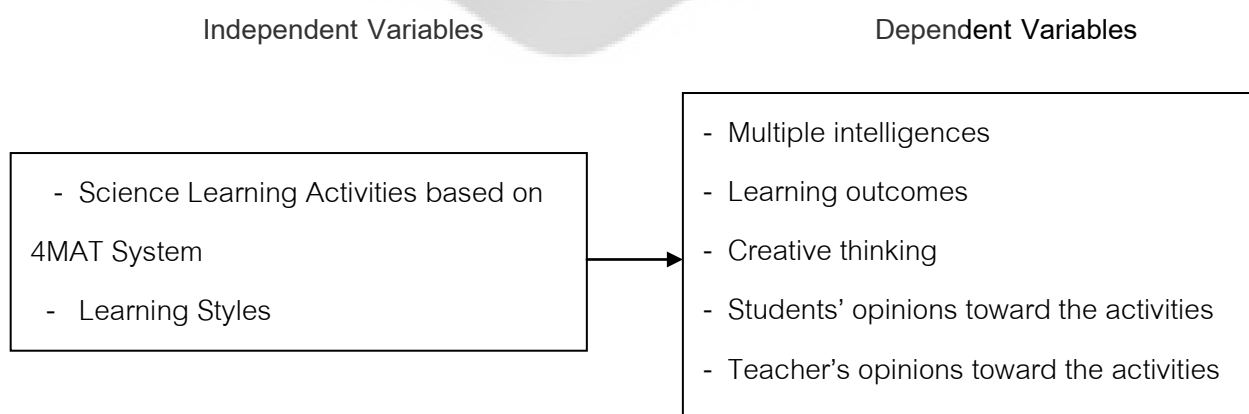


FIGURE 1 CONCEPTUAL FRAMEWORK OF THE STUDY

Framework of the Study

The framework for this study was evolved as a consequence of the literature review in the field of science standards. In FIGURE 2, the development of science learning activities was based on 4MAT System. It is hypothesized that students who participate in activities were representing the increasing of multiple intelligences, learning outcomes and creative thinking and the positive opinions toward science learning activities of teacher and students.

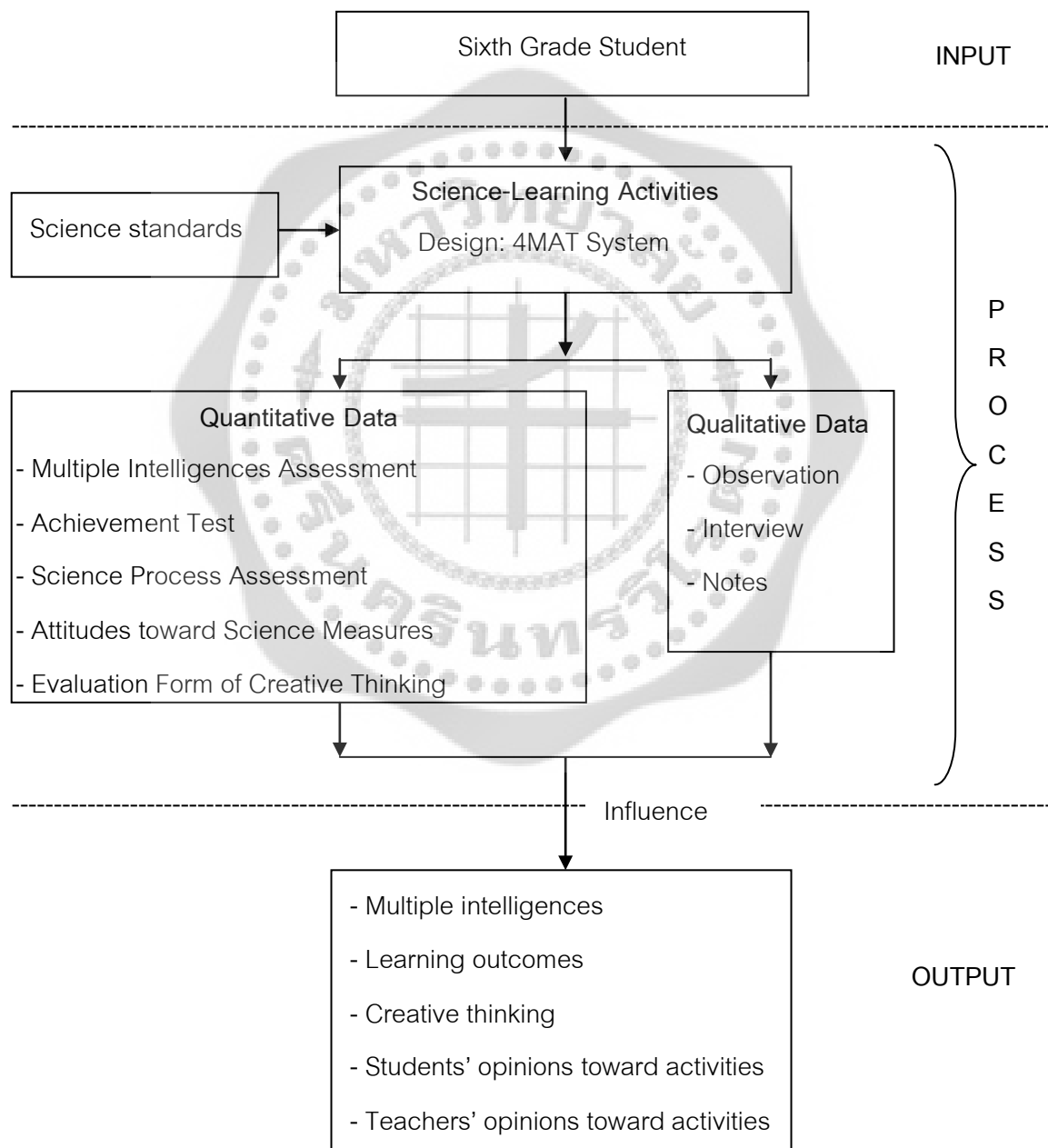


FIGURE 2 FRAMEWORK OF THE STUDY

Research Hypotheses

1. Interaction between science learning activities and learning styles of student affects students' multiple intelligences and learning outcomes.

2. Students who learn through science learning activities based on 4MAT System have higher scores of multiple intelligences and learning outcomes than those who learn through the science learning activities based on traditional method of teaching.

3. Students who learn through science learning activities based on 4MAT System demonstrate progress in creative thinking.

4. Students who have different learning styles and learn through science learning activities based on 4MAT System have the same scores of multiple intelligences, learning outcomes and creative thinking.

5. Students who do science learning activities based on 4MAT System have positive opinions toward science learning activities based on 4MAT System.

6. Teacher who implements science learning activities has positive opinions toward science learning activities based on 4MAT System.

CHAPTER 2

REVIEW OF RELATED LITERATURE

This chapter reviews related literature that is relevant to the research objectives and the situations in which they were explored. This chapter is divided into six sections: science learning activities, the 4MAT System, learning styles, multiple intelligences, learning outcomes and creative thinking. In the first section, science learning activities were reviewed. In the second section, the 4MAT System, as viewed by science educators, was reviewed. In the third section, learning styles were reviewed. In the fourth section, the topic of multiple intelligences in science education was explored. In the fifth and sixth sections, learning outcomes and creative thinking were discussed, respectively.

1. Science Learning Activities

For the 21st century, our education is needed to develop the ability to solve problems, continue lifelong learning, and transform information into meaningful knowledge. Therefore, teacher must look for a wide variety of appropriate learning activities and then select those that will most effectively use inquiry and discovery to teach science concepts, help the children learn the process of science, and develop desirable behavioral outcomes (Victor. 1985: 107).

1.1 Aspects of science learning activities

Knowledge and understanding cannot be passed to children directly. For example, children do not come to know that light passes through some materials and not other, and that when it does not, shadows may be formed simply by being told this and asked to memorize it. So much is agreed. But in providing more genuine opportunities for learning there are still many aspects to be decided (Harlen. 2000: 64-65):

1. **The context of the activities:** Should the science be studied in the contexts of real life event, which provide interest and stimulate curiosity, but are complex and present ideas often intertwined together, or in 'tidied up' activities which demonstrate scientific relationships and concepts in a more direct form but which then have to be related to real questions? Questions here relate to teaching within a topic which may draw in studies

across the curriculum or at least across those parts of it included within environmental studies.

2. **The role of the learners:** Should they be addressing their own questions, and so have a part in deciding their activities, or questions proposed by the teacher or work sheet, which will lead them more directly to intended experiences?

3. **The role of the teacher during activities:** Is this to show the way to work through prescribed steps in the most efficient way or to challenge them to make decisions about what they do and to justify their actions in the light of the evidence available to them?

4. **The attention to be given to development of process skills:** Given that the development of process skills is as much an objective as knowledge and understanding, how does this affect decisions about the form of activities? Should children be directed to observe, predict and plan in a way that makes them conscious of what they are doing and why, or encourages less explicitly to use these skills?

1.2 Components of science learning activities

What children experience in their activities is a combination of content, the way in which they interact with that content, and the general classroom climate which influences all activities (Harlen. 2000: 64-65).

1. Content

The scientific ideas or concepts that can be developed in classroom activities depend on the content or subject matter. However, while the ideas to be developed are generally chosen to meet the requirements of the curriculum standards or guidelines, the choice of particular subject matter is generally left to the school and teacher. If the children are to engage in the activities in ways that give opportunity to learn, it follows that the content should:

- be sufficiently accessible to the children so that it is possible for them to make links between their activities and previous experience. Among other things this means using simple, robust and safe equipment rather than complex science apparatus that many come between the children and the observations to be made;
- relate to their environment, not only so that it is familiar but so that they are learning about the things around them;

- stimulate interest of the children, both boys and girls and those of different ethnic and social backgrounds. It is important that all children should be able to find links between new experiences and their previous experience;

- provide the potential for children to acquire some ownership of the questions they answer through their enquiries.

2. Classroom interactions

The development of process skills and attitudes, which should be an aim of all science activities, is dependent on the way they encounter the content. This is influenced by the classroom organization, whether children work in groups, and if so of what size and composition, whether they follow instructions on work cards or sheets, etc. We focus on the nature of the interactions between teacher and children, between children and the materials they are studying, and among children. These interactions should be such that children are encouraged to:

- observe and raise questions and develop hypotheses based on their ideas;
- share ideas and listen to other points of view;
- test ideas of their own or of others;
- use evidence in coming to conclusions;
- compare initial ideas with emerging ones;
- review their investigations to suggest improvements

3. Classroom climate

The view of learning as change in ideas means that there has to be willingness to propose ideas in the first place, and then to put the ideas to the test to see if they work in explaining things and so face the possibility of finding that they don't work and having to find alternatives. This involves some risk on the part of learners and some may be uneasy about exposing their idea in case it is found not to work. Thus teacher have to take positive steps to avoid a classroom atmosphere that would inhibit children airing and sharing ideas.

It is all too easy to indicate that some ideas are more welcome than others. The result is that children try to guess what the teacher wants rather than say what they

really think. To avoid this teacher find two courses of action effective: making no judgmental comment on the ideas children provide, accepting all as worthy of attention; and avoiding identifying ideas with particular children. When all ideas are drawn together for discussion, then children's own comments will eliminate the 'far out' ones, which can be dropped by common consent without anyone losing face.

In a supportive classroom it should be not only accepted but expected that idea change. Teachers can help by talking about how their own ideas have changed and by encouraging children to recognize the changes in their ideas and to value this as evidence of learning. When discussion of this kind takes place the teachers can encourage children to reflect on what made them change their ideas, thus helping them to reflect on the process of their learning.

A classroom that supports learning is also one that enables children to take some responsibility for their own learning, through access to materials and sources of information. This can only happen without chaos ensuing of the expectation that children will use these things with care and thought for others.

1.3 Kinds of science learning activities

Gega and Peters (1998: 52-66) said that teachers can transform their classroom into a better learning environment through meaningful science activities. They divided science learning activities in two basic kinds of activities teacher can use to meet the wide variety of individual differences and objectives faced in classrooms—closed-ended and open-ended activities.

1) Closed-ended activities

Closed-ended activities tend to be short and tightly focused. These activities illustrate some idea or procedure with concrete materials. Working with concrete materials helps the children to form realistic concepts or learn useful techniques. Once a closed-ended activity has made its point, there is no need to continue. Closed-ended activities, when taught well, help children construct a solid subject matter background that is rooted in experience.

1.1) Direct instruction

A common way to demonstrate closed-ended activities is through direct instruction. Direct instruction is a teacher-centered, structured approach to teaching. The teacher employs lectures, worksheets, recitations, demonstrations, or specific-answer questions in a prearranged sequence that is generally based on a lesson plan. The teacher is very much in control of the lesson.

The advantages to direct instruction are that the teacher can arrange the sequence of activities ahead of time. This reduces the number of teaching decisions during a lesson. This is especially helpful for inexperienced teachers who are preoccupied with management issues or want to be sure they cover a certain curriculum. It is also helpful when introducing a new skill or when safety issues prevent student exploration.

A more important advantage is that direct instruction can be used to build the knowledge base for future learning. Teacher can spend as much time as needed to think through which analogies, metaphors, activities, and questions will best support the concept they want to develop before the lesson. Instruction continues systematically until the teacher felt comfortable that students, overall, have grasped the concept.

A disadvantage to direct instruction is that since students construct knowledge at their own pace, the teacher's pace may not match the students'. Students are not free to further explore topics on their own when they are interested. They are subject to what the teacher selects as themes or important concepts. Problem-solving and higher-order thinking skills are better developed through a more independent learning situation.

Another disadvantage of direct, or teacher-centered, instruction is that the teacher may have gender, cultural, or other biases which will limit learning for some students. In other words, the students are subject to everything from the teacher's point of view—not their own.

2) Opened-ended activities

Opened-ended activities are usually longer and branch out into many related questions. Most teachers encourage children to try their own ideas about how to investigate and organize objects or events. This allows children to discover things for themselves.

2.1) Guided discovery learning

Guided discovery learning is a less teacher-oriented and more student-oriented instructional method. Students are guided in exploration of materials. They observe phenomena, gather data on their own, make comparisons, draw inferences, and arrive at conclusions. Teachers follow up on what has been discovered and point out any misconceptions. Students are then free to explore once again. This method is especially valuable in making connections between science vocabulary and scientific concepts.

In guided discovery, follow-up discussion and questioning are critical. Guided discovery allows students to explore on their own. Sometimes, students form misconceptions. In guided discovery activities, it is important to follow up after student exploration and determine whether students have made a correct assumption.

2.2) Problem-centered learning

Problem-centered learning is a method of teaching and learning which focuses on children's ability to construct their own meaning for concept. Through problem-centered activities, children learn to view science as a meaningful, dynamic activity. They see science as a human endeavor in which they can participate.

In problem-centered learning students become more involved in the planning and implementation of lesson. Students provided an initial question about nature or explorations of phenomenon which is interesting to students, they continue an investigation until a problem is solved. This idea is at the very heart of problem solving in elementary science. Promoting and developing this inherent trait will provide life-long skills in solving everyday problems.

2.3) Integrated approach

Integrated approach is a method of teaching and learning where teachers will integrate other content areas with science. All content areas are integrated and often based on story themes. Whole learning as applied to science can be thought of as a synergy of scientific knowledge, process skills, and attitudes.

The advantages of whole learning are that it allows the child to:

- Learn in a social environment that fosters rich language activities.

- Science concepts are put into a meaningful context by connecting them with children's literature and other content areas.

- The time spent on science learning is increased, since it becomes a part of the normal reading and mathematics curriculum.

Chatuporn (2002: 19-20) suggested that teachers can use a wide variety of learning activities to accomplish goals of learning science. She divided science learning activities into seven kinds of activities.

1. Audio-Visual Approach
2. Individualized Approach
3. Self-Study Approach
4. Drill- and- Practice Approach
5. Activity- Oriented Approach
6. Inquiry Approach
7. Problem- Solving Approach

1.4 Criteria for evaluating activities

We can identify criteria that need to be met if activities are to provide real opportunities for learning. The following are adapted from Harlen and Elstgeest (1992). They take the form of questions that can be asked about planned or possible activities.

Does the activities:

- give the opportunity for children to apply and develop their ideas about scientific concepts, that is, is the content relevant and interesting to them?
- enable children to use and develop science process skills, that is, is there room for the children to do the thinking or is it all done for them?
- encourage scientific attitudes, that is, give opportunity for children to exercise some choice?
- engage the interests of the children and relate to real life and their everyday experience?
- appeal equally to boys and girls and to those of all cultural and ethnic backgrounds?
- provide experience of learning through interaction with things around?

- involve the use of simple and safe equipment and materials which are familiar to the children?

- use readily available materials and equipment?

- involve children in working cooperatively and in combining their ideas?

The process of developing and deciding how to use criteria such as these is most helpful when undertaken by the teachers who will use them so that they are committed to the value they embody. Such criteria are useful in several ways. They can be used to evaluate activities to find out to what extent intended learning opportunities have been provided and intentions put into practice. They provide justifications of experiences to children if shared with reasons in terms of learning outcomes for the way of working in science.

In conclusion, there are many learning activities such as guided discovery learning, problem-centered learning and integrated approach that teachers can use to teach science concepts, help the children learn the process of science and develop behavioral outcome. In activities designing, teacher should think that those activities must give the opportunity for children to develop their scientific concepts, enable children to use and develop science process skills, encourage scientific attitudes, engage the interest of children, relate to real life and their everyday experience. In this study, the researcher decided to use the 4MAT System to design science learning activities for students and those activities will give the opportunity for students to develop multiple intelligences, scientific concepts, science process skills, attitude toward science and creative thinking.

2. The 4MAT System

There are differences among people in the way they learn. These differences are recognized and classified as styles of a learning process that an individual has. Many educators tried to study about learning styles. For instance, Kolb explained learning as a circular process. He described learners, if they are to be effective, need four different kinds of abilities: concrete experience, reflective observation, abstract conceptualization, and active experimentation. According to this idea in 1972, McCarthy developed the 4MAT system. She added two new views to Kolb's model concerning the way the brain works

(right/left mode) (McCarthy. 1990: 31). Therefore, the 4MAT System is a teaching model based on research on human brain function to create a practical teaching method for maximizing human learning and potential.

2.1 Brain Hemisphericity

The human brain function in many ways acts as two brains—right and left hemisphere—and that is the way in which we experience the world. Current brain research has found that (1) the two halves of the brain process information differently, (2) both hemispheres are equally important in terms of whole-brain functioning, and (3) individuals rely more on one information processing mode than the other, especially when they approach new learning (Bogen. 1969, 1975). In the book, *Case Studies in Left and Right Hemispheric Functioning* (Fadely, & Hosler. 1983), the hemispheric functions are broken down into hemispheres (FIGURE 3).

The left mode is serial, analytic, rational, and verbal. Left mode processing is systematic. Analysis and planning are key strategies. Problems are solved by looking at the parts, and sequence is critical.

The right mode is global, visual, and holistic, able to see patterns and connections. Right mode processing seeks patterns and solves problems by looking at the whole picture. Intuition, beliefs, and opinions are key processing strategies.

To illustrate the importance of whole-brain functioning, Jeremy Campbell (1989) remarks on how the human mind forms its notions by mixing up its own nature with the nature of things. When scientists engage in explicit theory development, he observes, they use logical reasoning. But in the discovery phase that must precede the definitive process of creating a new theory, they often use illogical reasoning, reasoning that reflects their own subtle biases.

The reality is that we approach learning with our whole minds, with our intuition, our beliefs, and our subjectivity intact. Accordingly, schools should engage the subjective mind more openly and with honor. It is the whole brain that flexes and flows. If the left mode engages in analyses—breaks down, specializes, names things, and agrees on the existence of these thing—and if the right mode seizes upon the character of the whole—understands from experience and grasps directly—then it is clear we need to honor both

modes of processing in our schools, and we must engage the whole brain (McCarthy. 1990: 33).

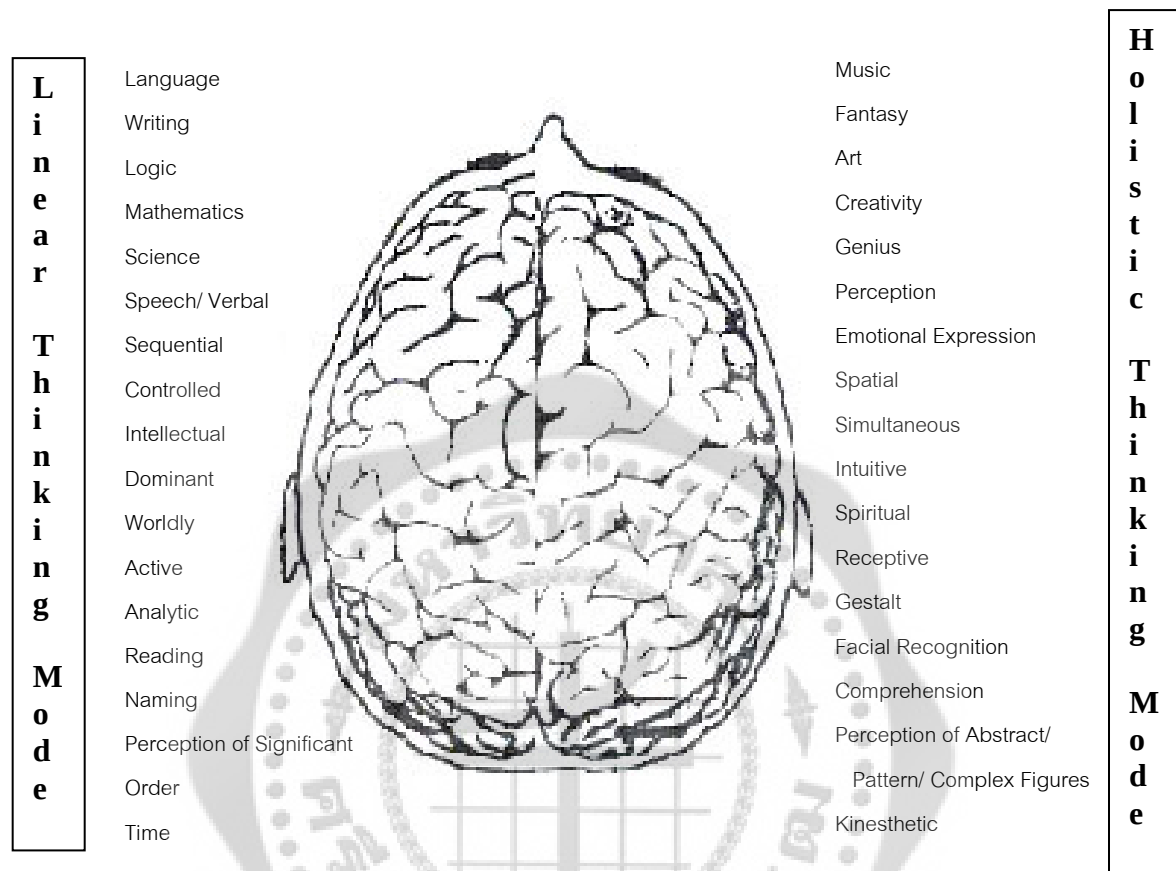


FIGURE 3 THE HEMISPHERES AND SPECIFIC FUNCTIONS

Source: Coren, Stanley. (1993). *The Left-Hander Syndrome: The Cause and Consequences of Left-Handedness*.

2.2 Principles of 4MAT

2.2.1 Human beings perceive experience and information in different ways, and they process experience and information in different ways, too. The combinations formed by our own perceiving and processing techniques form our unique learning styles.

2.2.2 There are four major identifiable learning styles. They are all equally valuable.

2.2.3 Learners need to be comfortable about their own unique learning style.

- Type One Learners are primarily interested in personal meaning. Teachers need to create a reason.

- Type Two Learners are primarily interested in the facts as they lead to conceptual understanding. Teachers need to give them facts that deepen understanding.

- Type Three Learners are primarily interested in how things work. Teachers need to let them try it.

- Type Four Learners are primarily interested in self discovery. Teachers need to let them teach it to themselves and others.

2.2.4 All learners need to be taught in all four ways, in order to be comfortable and successful part of the time while being stretched to develop other learning abilities. All learners will shine at different places in the learning cycle, so they will learn from each other.

2.2.5 The 4MAT System moves through the learning cycle in sequence, teaching in all four modes and incorporating the four combinations of characteristics. The sequence is a natural learning progression.

2.2.6 Each of the four learning styles needs to be taught with both right- and left-mode processing techniques. The right mode dominant learners will be comfortable half of the time and will learn to adapt the other half of the time. The left mode dominant learners will be comfortable half of the time and will learn to adapt the other half of the time.

2.2.7 The development and integration of all four styles of learning and the development and integration of both right- and left-mode processing skills should be a major goal of education.

2.2.8 Learners will come to accept their strengths and learn to capitalize on them while developing a healthy respect for the uniqueness of others, and furthering their ability to learn in alternative modes without the pressure of being wrong.

2.2.9 The more comfortable they are about who they are, the more freely they learn from others (Cox. 1997: 21-22).

2.3 The 4MAT process

The 4MAT System has a distinction from other learning styles theories; it takes into account all learning styles in one cycle of learning process, which can involve all

learners' difference (McCarthy. 1987; Gary; & Palmer. 2001; Kaplan. 1998). Learning process cycle of 4MAT System is illustrated in FIGURE 4.

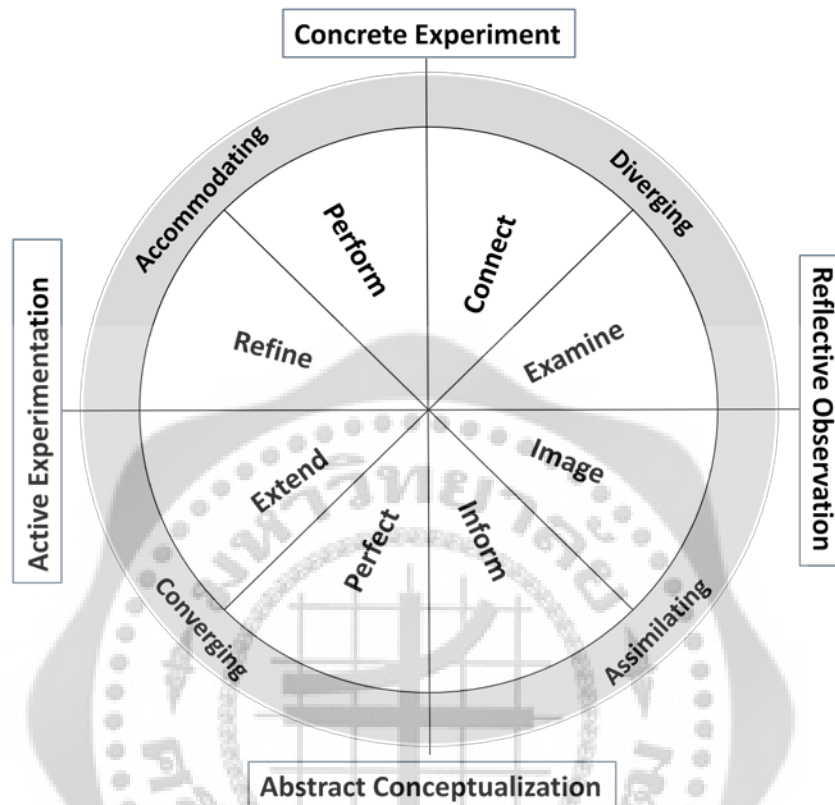


FIGURE 4 LEARNING PROCESS CYCLE OF 4MAT SYSTEM

Source: McCarthy, Bernice. (1990). *Using the 4MAT System to Bring Learning Styles to Schools*. p.33.

FIGURE 4 depicts the four-quadrant model, with each quadrant representing one of the four major learning styles. By superimposing right and left hemispheric preferences on each of the four quadrants, an eight-step cycle is formed. Right mode or left mode instructional strategies are assigned to each of the eight steps. In this research, the 4MAT System will be adapted from McCarthy. It is based on the assumption and processes of constructivism theory and multiple intelligences theory and offers a different way of thinking about learning.

Quadrant 1: Concrete Experience

Step 1: Connect or Create an Experience. Link the concept to the individuals in a personal and meaningful way. Teachers will capture students' attention that begins with a situation that is familiar to students and builds on what they already know. Activities for a situation may include sharing personal reflections and autobiographical information, brainstorming, listening, speaking, mind mapping, drawing, interacting, idea generating, and role play. In this step, students can use interpersonal intelligence, natural intelligence, spatial intelligence, linguistic intelligence, kinesthetic intelligence or musical intelligence to do activities.

Step 2: Examine or Reflect on the Experience. Ask learners to think about the experience and share it with others. This step is critical to applying constructivist learning theory in a classroom. Before beginning any new learning, teacher can surface the prior knowledge that students bring with them. To organize effective learning step, it is important to find out what current perception, construction or misconception students bring with them. Teacher must understand what students actually know or think before introducing new learning. Role of teacher in this step is to guide students to reflection and analysis of the experience in step 1. After that students share their perceptions and beliefs to create and reinforce the meaning that brings real understanding and the reason to learn. In this step, students can use linguistic intelligence, logical mathematic intelligence, intrapersonal intelligence or interpersonal intelligence to build their own belief.

Quadrant 2: Reflective Observation

Step 3: Image or Integrate the Observation into Concepts. Synthesize the reflections from the previous personal experience into a visual or poetic image or feeling that links the personal experience to the concept under study. Teachers will deepen the connection between the concept and its relationship to the students' lives and keep relating what the students already know to what experts have found. They use another medium to connect the students' personal knowing to the concept. The concept will be taught into an image or experience, a "sneak preview" for the students. Activities may include seeing relationships and connections; patterning; creating analogs, metaphors, and non-verbal or spatial representations; discussing. In this step, students can use spatial intelligence,

kinesthetic intelligence, musical intelligence or interpersonal intelligence to clarify their concept.

Step 4: Inform or Developing Theories and Concepts. Give learners conceptual and factual information from experts. Teachers will provide information related to the concept through lecture, text films, visual computer-assisted instruction, etc. They emphasize the most significant aspects of the concept in an organized, organic manner and present information sequentially so students see continuity. In this step, students can use linguistic intelligence, logical mathematical intelligence, intrapersonal intelligence or interpersonal intelligence to learn concepts and skill for new experience.

Quadrant 3: Abstract Conceptualization

Step 5: Practice or Using Information Practically. Learners practice using information to see “how it works” in the real world. Teachers will provide hand-on activities for practice and mastery to check understanding of concepts and skills. Activities may include exploring, manipulating, applying the facts and concepts, field and lab work, adapting knowledge to personal use, demonstrations, worksheets, puzzles, diagrams, computer experiments, conversations with peers and instructors. In this step, students can use kinesthetic intelligence, intrapersonal intelligence or interpersonal intelligence to work with new concepts.

Step 6: Extend or Integrating Material with Self. The learners add something of themselves by extending what is learned through their own project choices and individualizing their own experimentation. Teachers will provide the opportunity for students to design their own open-ended explorations of the concept. Learners begin integrating the information with themselves to evolve a personal synthesis. The learner can choose to work cooperatively in a team or alone and share products later. In this step, students can use linguistic intelligence, logical mathematic intelligence, interpersonal intelligence or intrapersonal intelligence to apply more complex experience.

Quadrant 4: Active Experimentation

Step 7: Refine or Analyzing for Usefulness or Application. The learner moves beyond simple practice and reinforcement and uses the information in a creative way. Teachers will give guidance and feedback to encourage, refine, and help student to

analyze their use of the learning for meaning, relevance, and originality. Students edit (revise, refine), assess quality of evidence, synthesize original performances, analyze what they have planned as their “proof” of learning based on relevance to content, originality, and excellence, prepare and present exhibitions and publications. In this step, students can use linguistic intelligence, logical mathematic intelligence, intrapersonal intelligence, interpersonal intelligence or natural intelligence to analyze the application of the concepts.

Step 8: Perform or Integrating Application and Experience. The learners present or perform the original example of their learning, sharing it with others in a meaningful way. This is also the time to celebrate the learner’s accomplishments. As this step moves from individual, private acts to more open and public exhibits, the power of social interaction shapes learning profoundly. Moreover, students will gain the basic social skills of critical thinking, communicating, relating from an effective public presentation. In this step, students can use intrapersonal intelligence, interpersonal intelligence, spatial intelligence, linguistic intelligence or logical mathematic intelligence to share their ideas.

2.4 Roles of teachers and students in 4MAT system

When the 4MAT Wheel is used to plan a system approach, each quadrant of the 4MAT cycle can be divided into teacher and student perspective. They are as follows (McCarthy. 1990: 35-36):

Quadrant One becomes devoted to the question *Why?* The teacher’s role involves connecting meaning to content, honoring student diversity as an aid to learning and honoring teacher diversity as resources to each other. The student’s role is to construct meaning in dialogue with each other about content that connect to their lives.

Quadrant Two becomes *What?* The teachers assume the roles of instructional leaders. They have to manage and develop knowledge units with conceptualized themes patterned into meaningful connections and relating the parts back to the whole. The students are the comprehenders of that content.

Quadrant Three becomes *How does this work?* The teachers become the coach. They will guide and facilitate basic skill development, lead students to the identification and articulation of the material learned and lead student to the use and

integration of the material learned. The students assume the role of user of content and skills.

Quadrant Four becomes *If?* The teachers become the facilitator of creative options. They will oversee student self-discovery, arrange student sharing, encourage diverse use of learning, elaborate, critique and honor student originality. The students become the innovator.

According to the 4MAT system, it offers a framework that can help learners with different learning styles at the same time. This model is also based on differences in brain hemispheric preferences (Musa; & Wood. 2003: online). Thus, the 4MAT system will be an instructional model that aids teachers in designing units of study that address the learning styles as well as hemispheric preference of student.

2.5 Research on 4MAT System

There are many studies supportive of the idea that 4MAT system is an effective way to teaching-learning process. For example, Wilkerson and White (1988: 357-368) studied the effect of the 4MAT system of instruction on students' achievement, retention, and attitude. According to the 4MAT system for a one month science unit, this study found that the 4MAT system of instruction is an effective instructional model for elementary students. The third-grade students taught by the 4MAT system in this study learned more of the content on simple machines and long term retention as measured on an unannounced test 35 days later and displayed more positive attitudes toward the unit than the students taught by the textbook approach.

Bowers (1987: abstract) also studied the effect of the 4MAT system on achievement and attitudes in science. Fifty-four gifted sixth grade students in three schools were randomly assigned to two groups, a 4MAT group and a restricted-textbook group that used only left-hemisphere activities. Both groups were taught a three-hour unit on Newton's First Law of Motion. The results found that the dependent variables were a 35-item knowledge test (no significant differences), a 25-item critical thinking test (highly significant at .01 level for 4MAT), the whole 60-item test (significant for 4MAT at .05), a 6-item attitude rating on the science unit (significant for 4MAT at .05 level), and a 4-item attitude rating on science in general (significant at .05 level for the textbook group).

Appell (1991: abstract) investigated the effects of the 4MAT system of instruction on academic achievement and attitude in the elementary music classroom. The results of the pre- and posttests and the attitude survey were analyzed using a t-test with significance established at the .05 level for one-tailed comparisons. The mean difference in achievement score between the two groups indicated the students in the 4MAT group achieved significantly greater gains than students in the textbook group. There was no significant difference between attitudes of students in the 4MAT and textbook groups.

Ursin (1995: abstract) also investigated the effectiveness of the 4MAT system of instruction on achievement, products, and attitudes toward science of ninth-grade students. The subjects were 48 students from a rural, public high school in Connecticut. The students were taught an Earth Science curriculum for one semester. The experimental group was taught using the 4MAT System; the control group was taught a textbook approach. The hypothesis pertaining to students' attitudes toward science was tested using Analysis of Covariance. No significant differences were found. However, the experimental group did have positive gains in attitude on the posttest. The Analysis of Variance on the product scores demonstrated significant differences favoring the control group for 6 individual categories, total performance and categories 1-8 collectively. The differences on the overall assessment were not significant. A t-test revealed no significant differences between the groups on achievement. Post achievement mean scores indicated that the experimental group scored higher on the posttest. However, an Analysis of Covariance procedure showed no significant difference. This study is considered important because no studies have assessed the effects of 4MAT Instruction on achievement, products and attitudes toward science at the secondary level.

Huitt (2000: online) used the 4MAT system to design web-based instruction. He suggested that student learning can be enhanced by using 4MAT system of instruction. Moreover, he stated that the 4MAT system can engage higher order thinking in students throughout the lesson.

Dounghathai Sangwiriya (2001: abstract) studied the effects of using the 4MAT lesson plan on learning achievement responsibility and learning attitude in the education population unit and the occupations unit, prathom sukka V. This study used the randomized

control group pretest-posttest design. Findings of the study showed that the learning achievement of students through using 4MAT lesson plan and of the students through using the lesson plan and of the students through using the lesson plan of the department of curriculum were not significantly different. The learning responsibility and the learning attitude for learning of students through using 4MAT lesson plan and of the students through using the lesson plan of the department of curriculum were, however, different.

Nitita Kusolpoorn (2002: abstract) studied a comparison of the effects of McCarthy's learning (4MAT) and group dynamics on creativity of prathom sukka II students of Sawasdeewittaya school in Khet Vadhana, Bangkok. The results showed that the creativity of the students exposed to McCarthy's learning (4MAT) and group dynamics were significantly increased than before the experiment at .01 level. There were no significant differences of creativity of students exposed to McCarthy's learning (4MAT) and the others students exposed to group dynamics.

Erawan Merngchaisong (2004: abstract) studied the effects of organizing instructional activities for teaching basic science process skills based on the 4MAT learning model. The target group was consisted of 40 seventh-grade students. The one-group pretest-posttest design was employed in the study. The finding showed that after the experiment the students passed seven basic science skills from doing the learning achievement test, i.e. the observation, measuring, computing, classifying, finding the relationship between space/space and space/time, communicating and inferring skills. The only item that the students failed to pass was the prediction skill. The students made a mean achievement score of 82.12% and 85% of students passed the passing criterion. Furthermore, a study of the researcher and students' opinions about the organization of instructional activities based on the 4MAT learning model showed that the students found the content to be easier to learn and the classes were enjoyable. They also showed a development in thinking skill.

Piyalux Potiwan (2004: abstract) studied the development of instructional activities for tenth-grade covalent molecule subject based on the 4MAT cycle of learning. The target group was consisted of 45 tenth-grade students who were studying during the first semester of 2004 school year. The finding showed that, as a result of organizing the

instructional activities based on the 4MAT learning cycle, the students were able to pass the school's passing criterion in chemistry. The students also showed a positive attitude toward chemistry subject. In addition, the students enjoyed activities as organized.

Phatchariya Phetdong (2005: abstract) studied the outcome activity learning and teaching of science for Pratomsuksa 5 on "Sound" using the 4MAT model. The samples were 27 Pratomsuksa 5 who were studying during the first semester of 2005 school year. The research design was a case study by using one-shot case study. The finding found that teaching and learning activity management by using 4MAT model was teaching and learning activity for helping students in using both left-hand and right-hand hemisphere in learning with balance. This caused the students' learning enthusiasm, enjoying, interesting, concentrating, asserting, expressing opinion, and listening to other's opinion. Furthermore, the students had unity and collaboration in working with other people. According to the results of learning achievement testing from science, the average was 80.50% passing criterion as determined by the school of 70%.

Moreover, level of teacher satisfaction with 4MAT and facility of implementation have also been researched. In the main, studies of teacher and student satisfaction with 4MAT are generally positive. Sangster and Shulman (1988) interviewed 572 students and 31 teachers who previously used the 4MAT system in two school systems in Ontario. Their study showed that over 90% of the teachers involved had interest in teaching other 4MAT units and 77% would teach the unit designed for the experiment again. Student response was also favorable with 71% finding the 4MAT course more enjoyable than their regular instruction. Sixty percent said they learned more and 62% wanted to participate in more classes that used the 4MAT system. Ault (1986) investigated the use of 4MAT in two general studies courses at a small college in Ohio. Student attitude showed statistically significant improvement and teachers reported greater satisfaction with their teaching.

Therefore, in this study, the researcher was interested in using the 4MAT System to design science learning activities, with the processes consisted of the eight steps as follows: Step 1: Connect or Create an Experience, Step 2: Examine or Reflect on the Experience, Step 3: Image or Integrate the Observation into Concept, Step 4: Inform or Developing Theories and Concept, Step 5: Practice or Using Information Practically, Step 6:

Extend or Integrating Material with Self, Step 7: Refine or Analyzing for Usefulness or Application, and Step 8: Perform or Integrating Application and Experience.

3. Learning Style

Every person has a learning style; it is as individual. Learning styles specifically deal with characteristic styles of learning, that is, how one learns (Byrne. 2002: 3).

3.1 Definition of Learning Style

There are many interpretations and definitions of learning styles. The definition offered by Della-Dora and Blanchard (1979: 22) of “a personally preferred way of dealing with information and experiences for learning that crosses content areas” puts emphasis on information processing. While the definition, “the students’ consistent way of responding and using stimuli in the context of learning” stated by Claxton and Rolston (1978:1) is focused more on the sensory perception.

Dunn; Beaudry and Klavas (1989: 50) give the meaning of learning style as a “biologically and developmentally imposed set of personal characteristics that make the same teaching (and learning) methods more effective for some and less effective for others”.

Moreover, Dunn; Dunn and Perrin (1994: 2) give the meaning of learning style as the way in which each learner begins to concentrate on, process, and retain new and difficult information.

Learning style is the ways of learning in which students show their particular characteristic strengths and preferences. The way they learn means the processing of information and dealing with ideas.

3.2 Classification of Learning Styles

The concept of learning styles is rooted in the classification of psychological types. Some educators describe many reasons for differences in individual learning style. For example, Kozma (1994) describes two main reasons. They are behavioral approach and cognitive approach. James and Gardner (1995) categorize learning styles according to perceptual, cognitive, and affective dimensions. Another useful method is to categorize various learning style models: personality models, information processing models, social

interaction models, and instructional preference models (Griggs. 1991; & Swanson. 1995). Others categorize learning style by physical and sensory preferences, e.g. visual, auditory, tactile, and kinesthetic (Gentry. 1990). Asselin and Monney (1996) use brain hemisphericity to differentiate between right brain (global) and left brain (analytic) learners.

Moreover, Dunn describes five reasons that reveal that learners are affected by 1) their immediate environment, 2) their own emotionality, 3) their sociological preference, 4) their physiological characteristics, and 5) their processing inclinations (Dunn; Dunn and Perrin (1994: 3).

3.3 Learning Style Models

Several dozen learning style models have been developed, five of which were reviewed in this study: Jung's Theory of Psychological Type as operationalized by the Myers-Briggs Type Indicator (MBTI), The Felder-Silverman Model as operationalized by The Index of Learning Styles (ILS), Kolb's Learning Style Model as operationalized by Learning Style Inventory (LSI). Two other models are those of Herrman and Dunn and Dunn.

3.3.1 Jung's Theory of Psychological Type

This model classifies students according to their preferences that are assessed by The Myers-Briggs Type Indicator (MBTI). Student may be:

- *extraverts* (try things out, focus on the outer world of people) or *introverts* (think things through, focus on the inner world of ideas).
- *sensors* (practical, detail-oriented, focus on facts and procedures) or *intuitors* (imaginative, concept-oriented, focus on meaning and possibilities).
- *thinkers* (skeptical, tend to make decisions based on logic and rules) or *feelers* (appreciative, tend to make decisions based on personal and humanistic considerations).
- *judgers* (set and follow agendas, seek closure even with incomplete data) or *perceivers* (adapt to changing circumstances, resist closure to obtain more data).

The MBTI type preferences can be combined to form 16 different learning style types. For example, one student may be an ESTJ (extravert, sensor, thinker, perceiver) and another may be an INFJ (introvert, intuitor, feeler, judger) (Felder. 1996).

3.3.2 The Felder-Silverman Model

This model classifies students by using The Index of Learning Styles (ILS).

They may be:

- *sensing learner* (concrete, practical, oriented toward facts and procedures) or *intuitive learners* (conceptual, innovative, oriented toward theories and meanings).
- *visual learners* (prefer visual representations of presented material—pictures, diagrams, flow charts) or verbal learners (prefer written and spoken explanations).
- *inductive learners* (prefer presentations that proceed from the specific to the general) or *deductive learners* (prefer presentations that go from the general to the specific).
- *active learners* (learn by trying things out, working with others) or *reflective learners* (learn by thinking things through, working alone).
- *sequential learners* (linear, orderly, learn in small incremental steps) or *global learners* (holistic, systems thinkers, learn in large leaps) (Felder. 1996).

3.3.3 Herrman Brain Dominance Model

This method classifies students in terms of their relative preferences for thinking in four different modes based on the task-specialized functioning of the physical brain by using Herrman Brian Dominance Instrument (HBDI). The four modes or quadrants in this classification scheme are:

- *Quadrant A* (left brain, cerebral). Logical, analytical, quantitative, factual, critical.
- *Quadrant B* (left brain, limbic). Sequential, organized, planned, detailed, structured.
- *Quadrant C* (right brain, limbic). Emotional, interpersonal, sensory, kinesthetic, symbolic.
- *Quadrant D* (right brain, cerebral). Visual, holistic, innovative (Felder. 1996).

3.3.4 Dunn and Dunn Learning Style Model

This model categorizes 21 unique elements into five major stimuli: (a) environmental, (b) emotional, (c) sociological, (d) physiological, and (e) psychological and focuses on identifying individuals' preference for instructional environments, methods, and resources. Students are classified as:

- *auditory learners* who absorb spoken and heard material easily and like to be involved in aural questioning rather than reading materials. They prefer listening to lectures, stories, and songs, and they enjoy variation, such as voice inflection and intonational pitch. They like to discuss and use opportunities to talk about their learning with other students.

- *visual learners* who learn best from information that they see or read. They like illustrations, pictures, and diagrams. Graphic organizers are useful tools for them to construct meaning visually. Color has an impact on their learning.

- *tactile learners* who learn best from handling materials, writing, drawing, and being involved with concrete experiences.

- *kinesthetic learners* who learn best by doing and moving, by becoming physically involved in learning activities that are meaningful and relevant in their lives.

- *tactile/kinesthetic learners* who want to be physically involved in the learning process. They enjoy role-playing and stimulations and like the freedom and opportunity to move about the classroom.

3.3.5 Kolb's Learning Style Model

David Kolb, who is credited with initiating the learning style movement, states that "it is more effective to design curriculum so that there is some way for learners of every learning style to engage with the topic material, and then begin to stretch his or her learning capability in other learning modes" (Brown. 2003: 1; citing Delahoussaye. 2002: 31).

Kolb's learning style is based on three educators: John Dewey who emphasizes the need for learning to be grounded in experience, Kurt Lewin who stresses the importance of a person being active in learning, and Jean Piaget who originates the theory of intelligence as the result of the interaction of the person and the environment

(Sirinoot Teanrungrroj. 2005: 51; citing Clark. 2000). Kolb's learning style is classified into four stages of learning which are based on a model with two dimensions as show in FIGURE 5.

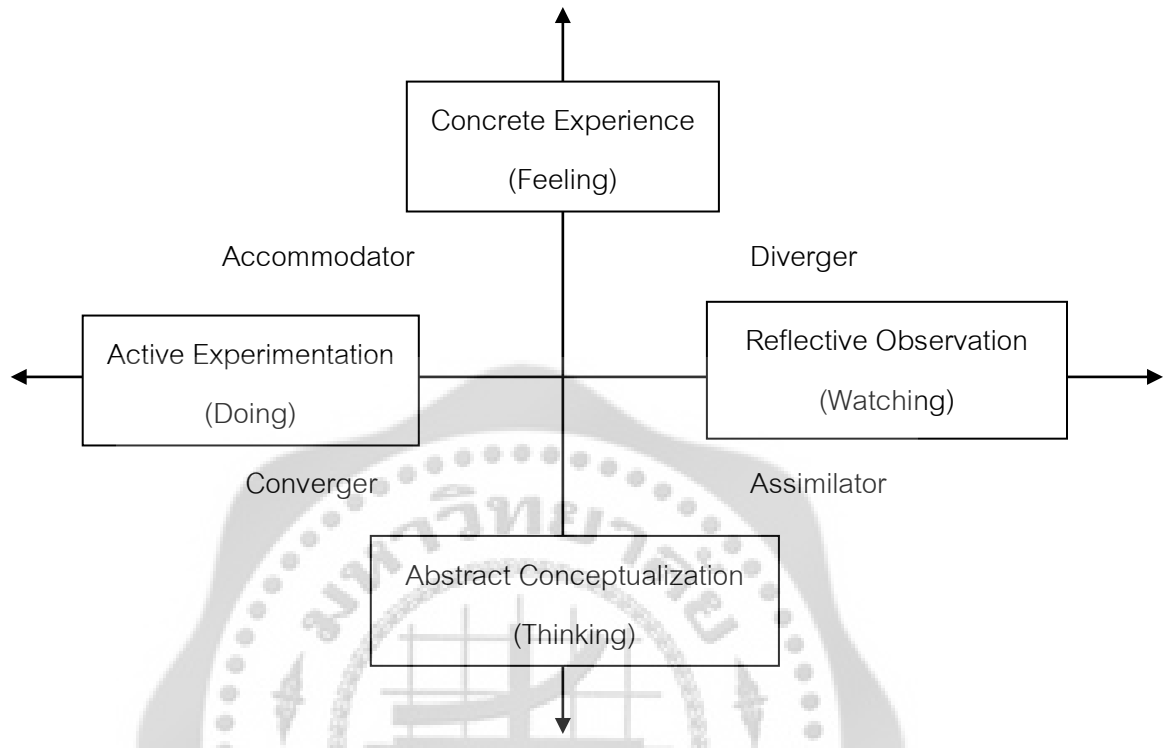


FIGURE 5 KOLB'S EXPERIENTIAL LEARNING STYLE

Source: Kolb, D.A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. p.39. (citing Musa, Abuagil; & Wood, J.R.G. (2003). *Online Learning and Learning Styles*. (Online).)

1) The first dimension, “active processor” and “reflective processor”, running horizontally, are people who based upon ‘thought and emotional processes’. The left end is the active processor and who makes sense of an experience by immediately using the new information (responsive feelings). The right end is the reflective processor who makes sense of an experience by reflecting on and thinking about it (controlled feelings).

2) The second dimension, “concrete perceiver” and “abstract perceiver”, running vertically, are people who based upon ‘task’. The top of the dimension is the concrete perceiver who absorbs information through direct experience, by acting, sensing,

feeling, and doing the tasks (performing). The bottom of the dimension is the abstract perceiver who takes in information through analysis, thinking, and watching the task (observing) (Sirinoot Teanrungrroj. 2005: 52; citing Clark. 2000).

Kolb's Learning Style model is actually a two-process model as described in Figure 5. Clark describes these two learning models from two dimensions (Sirinoot Teanrungrroj. 2005: 53; citing Clark. 2000):

1) The first model is four steps of learning processes. They are composed of:

- Watching: Learners prefer learning situations such as lectures that allow the role of impartial objective observers. These individuals tend to be introverted or reflective. Thus, lectures are helpful to these learners.

- Thinking: Learners rely heavily on logical thinking and rational evaluation. These individuals tend to be more oriented toward things and symbols, and less toward people. Thus, case studies, theoretical reading and reflective thinking exercises help these learners.

- Feeling: Learners rely heavily on feeling-based judgments. These individuals tend to be empathetic. Thus, specific examples, group work, or peer feedback help these learners.

- Doing: Learners rely heavily on experimentation. These individuals tend to be extroverts. They want to touch everything. Thus, problem-solving, small group discussions, peer feedback, or self directed work assignments help these learners.

2) The second model is the four learning styles used within the learning process. They are composed of:

- Reflectors (or Divergers): Learners like to learn using reflective observation and concrete experience such as logs, journals, and brainstorming.

- Theorists (or Assimilators): Learners like to learn using abstract conceptualization and reflective observation such as lecture, papers, analogies, and like to ask questions.

- Pragmatists (or Convergents): Learners like to learn using abstract conceptualization and active experimentation such as laboratory work, fieldwork or observations.

- Activists (or Accommodators): Learners like to learn using concrete experience and active experimentation such as simulation, case study, and homework.

Kolb divides the two dimensions into four quadrants or four personal learning styles:

- 1) Divergent Learning Style
- 2) Assimilative Learning Style
- 3) Convergent Learning Style
- 4) Accommodative Learning Style

3.4 Designing Classroom Learning Environment for Student's Learning Styles

In the classroom environment, students come to the classroom with their preferred learning styles; therefore, all of these dominant learning styles should be addressed (Merrill. 2003: 1). When teachers are considering the design of a learning process for an active learning classroom environment, they should be aware of the impact of learning style. Carrier and Sales (Roy. 1997: 66; citing Carrier & Sales. 1987), Stice and Dunn (1985) state that if instructional design matched student learning style preference, then it should have a positive impact on student achievement. This is also supported by Stitt-Gohodes (Brown. 2003: 2; citing Stitt-Gohodes. 2001) who states that "knowing this type of information can help instructors develop course structures that provide a better fit between instructional goal and students' learning style preferences. The impacts of recognizing students' learning styles on the classroom learning environment can be summarized in the following criteria (Sirinoot Teanrungrroj. 2005: 53; citing On purpose associates. n.d.):

1) Curriculum: The teachers must place emphasis on intuition, feeling, sensing, and imagination, in addition to the traditional skills of analysis, reason, and sequential problem solving.

2) Instruction: The teachers should design their instruction methods to connect with all four learning styles, using various combinations of experience, reflection, conceptualization, and experimentation.

3) Assessment: The teachers should employ a variety of assessment techniques, focusing on the development of "whole brain" capacity and each of the different

learning styles. Learning style research is more involved in business and education. The following paragraphs are examples of the studies on impact of learning styles on education.

3.5 Research on Learning Style

Learning style research is more involved in education. Many researchers studied about impact of learning styles on education. For instance, some studies showed that identifying a student's learning style and then providing instruction consistent with that style contributes to more effective learning (ibid. n.d.). Brown (2003: 1) reported on studies by Miller (2000) and Stitt-Gohdes (2003) that when students' learning preferences match their instructor's teaching style, student's motivation and achievement usually improved.

Dunn; Griggs; Olsen and Gorman (1995: abstract) reported from their study that students whose learning styles were accommodated through compatible instructional interventions can be expected to achieve 75% of a standard deviation higher than those who had not had their learning style considered.

Clariana (1997) studied learning style in CAL-computer-assisted learning. The Kolb Learning Style Inventory (LSI) was administered pre and post study. Three surveys were implemented. The first survey was implemented with thirteen to fourteen-year-old students of mathematics. They were treated with individualizing approximately 30 minutes of computer-assisted learning per day over five months. The second survey was implemented with nineteen to twenty-one-year-old students in computer mathematics instruction. They received approximately 3 hours per week over a five-week period of time. The third survey was implemented with adult education majors enrolled in a microcomputer course. They received approximately 3 hours per week over a five-week period of time. The findings of these three diverse CAL experiences and different learner populations were the same; that was, a general shift occurred in learning style toward the Concrete Experience and Active Experimentation dimension.

Gee (Diaz & Cartnal. 1999: 131-132; citing Gee. 1990) studied the impact of learning style variables in a live teleconference distance education class. The purpose of the study was to examine the influence of student learning style preference on student achievement using the Canfield Learning Style Inventory. The results of this study showed that the differences in learning styles affected student achievement in various comparisons.

For example, successful distance education students favored an independent learning environment while successful on-campus students showed a preference for working with others.

Diaz and Cartnal (1999) compared student-learning styles in an online distance learning class with an equivalent on-campus class. The purpose of the study was to compare the student learning styles of two online health education classes with an equivalent on-campus class. The Grasha-Riechman Student Learning Style Scales was administered to determine student social learning preferences in six learning style categories. The results indicated that students enrolled in the on-campus class were statistically more dependent learners than the distance group.

Lefkowitz (2001: abstract) studied the effects of traditional presentation versus learning-style presentation of course content in medical/legal issues in health care on the achievement and attitudes of college students. The aims were to examine college students' learning styles and to compare the achievements and the attitudes of them between CAP-Contract Activity Package- and traditional instruction. The results documented the differences among college students' learning style and demonstrated statistically increased achievement test scores and attitude test scores when CAP rather than traditional teaching is employed.

Davis and Franklin (2004) investigated the impacts of students' learning style preferences. The subjects were students who volunteered to solicit and spend two hours working through activities and taking various learning style preference assessment. Those students enrolled in calculus-based physics. The pretest and post-test research design was employed. The purpose of the study was to examine the course grade and the correlation between personality types, sociological learning style preference and performance on pre- and post-test. Little correlation was found.

Aree Taweelap (2003) also conducted a study of learning styles and achievements in Sciences of Mathayomsuksa III students through science activities set by 4MAT system. The study used Lertlop's learning style questionnaire, which was developed from Kolb's experiential learning style inventory. The study found that the learning styles of students were not changed after learning by 4MAT system. That meant that students

normally used their own learning styles to study new things. The study also found that the achievements of students were significantly different among learning styles. In short, the benefits of using learning styles support individual learning and help to organize the learning process. Also, the learning activity should be concerned with the differences between of learning styles of the students.

In this study, researcher decided to use Kolb's learning style that classifies into four personal learning styles: divergent learning style, assimilative learning style, convergent learning style and accommodative learning style. The learning styles were categorized by The Learning Style Questionnaire of Sirinoot Teanrungrroj (2005).

4. Multiple Intelligences Theory (MI Theory)

A given person's intellectual performance will vary on different occasions and in different domains as judged by different criteria (Neisser. 1996: 77). The concepts of intelligence have recently begun to be reconceptualized and looked at in a more integrated fashion. In 1983, Gardner developed a theory called Multiple Intelligences that identifies and describes eight distinct ways in which people can represent what they know and what they can do. The concept of multiple intelligences is very content and context oriented-focusing on human potential, an idea related to the theme "science for all" (Silver; Strong; & Perini. 1997: 22-24).

4.1 Multiple Intelligences

Gardner believed that a unitary approach did not do justice to the strengths and weaknesses in assessing an individual, and proposed that each individual has multiple human abilities or multiple intelligences. On the basis of a set of eight criteria, Gardner identified eight intelligences that each individual possesses to varying degree (Chan. 2004: 18). These eight intelligences can be defined and summarized as follows (Armstrong. 2000: 2):

4.1.1 Verbal-Linguistic Intelligence

Linguistic intelligence refers to an individual's mastery in using language competently for communication and expression. Armstrong offers a comprehensive definition of the linguistic competence, that is, the capacity to use words effectively, whether orally or in writing. This intelligence includes the ability to manipulate the syntax or structure

of language, the phonology or sounds of language, the semantics or meanings of language, and the pragmatic dimensions or practical uses of language.

4.1.2 Logical-Mathematical Intelligence

Mathematical intelligence refers to the capacity to use number effectively and to reason well. This intelligence includes sensitivity to logical patterns and relationships, statements and propositions, functions, and other related abstractions. The kinds of processes used in the service of logical-mathematical intelligence include: categorization, classification, inference, generalization, calculation, and hypothesis testing.

4.1.3 Visual-Spatial Intelligence

Spatial intelligence refers to the capacity to think visually, orient oneself spatially, see the visual-spatial world clearly, and to execute transformations on one's initial perceptions. The intelligence involves sensitivity to color, line, shape, form, space, and the relationships that exist between these elements. It includes the capacity to visualize, to graphically represent visual or spatial ideas, and to orient oneself appropriately in a spatial matrix.

4.1.4 Bodily-Kinesthetic Intelligence

Bodily-kinesthetic intelligence requires the adeptness to comprehend the world through body experiences, to express ideas and emotions, and communicate with others physically. Armstrong describes bodily-kinesthetic intelligence as having expertise in using one's whole body to express ideas and feelings and facility in using one's hands to produce or transform things. This intelligence includes specific physical skills as coordination, balance, dexterity, strength, flexibility, and speed, as well as proprioceptive, tactile, and haptic capacities.

4.1.5 Musical-Rhythmic Intelligence

Musical-Rhythmic intelligence includes receptiveness to pitch, timbre, and rhythm and sensitivity to music. It also includes such abilities as the cognizance of tonal patterns and rhythm, awareness of sounds such as human, animal, environment sounds, and musical instruments. Armstrong also provides us with some of the capacities that a person with musical intelligence might exhibit. They are the capacity to perceive, discriminate, transform, and express musical forms.

4.1.6 Interpersonal Intelligence

Interpersonal intelligence includes the individual's capacity to understand, perceive and discriminate between people moods, feelings, motives, and intentions. Armstrong provides further marshaling of this concept by his definition that the ability to perceive and make distinctions in the moods, intentions, motivations, and feelings of other people. This can include sensitivity to facial expressions, voice, and gestures; the capacity for discriminating among many different kinds of interpersonal cues, and the ability to respond effectively to those cues in some pragmatic way.

4.1.7 Intrapersonal Intelligence

Intrapersonal intelligence refers to the capacity to accurately know one's self, have the ability to understand one's internal makeup; and some words that reflect levels of the intrapersonal intelligence are: originality, discipline, imagination, self-respect, temperament, inspiration, motivation. Armstrong complements this definition that self-knowledge and the ability to act adaptively on the basis of that knowledge. This intelligence includes having an accurate picture of oneself; awareness of inner moods, intentions, motivations, temperaments, and desires; and the capacity for self-discipline, self-understanding, and self-esteem.

4.1.8 Naturalistic Intelligence

Naturalistic Intelligence refers to pursuing, comprehending and marshaling patterns in the natural surroundings. An example might be someone who seeks patterns in the world, seeing order instead of chaos, and who shows proficiency in the recognition and classification of plants and animals.

4.2 Multiple Intelligences and Education

Kagan and Kagan described MI theory as a powerful 'catalyst' in education: "It is revitalizing the search for more authentic, student-centered approaches to curriculum, instruction and assessment." From his perspective, MI theory can be used to meet three visions (Kagan; & Kagan. 1998: 23):

- (a) To match teaching to the ways students learn
- (b) To encourage students to stretch their abilities and develop all their intelligences as fully as possible
- (c) To honor and celebrate diversity.

According to this perspective, multiple intelligences fit comfortably with an open approach to education. Teachers are planning projects, lessons, assessments, apprenticeships, and interdisciplinary curriculums around the theory, and the adaptations exhibit infinite variety (Campbell. 1997:14). In the MI classroom, the teacher continually shifts her method of presentation from linguistic to spatial to musical and so on, often combining intelligences in creative ways. Moreover, the learner is the most important focus of the educational system (Guild. 1997:30). Gardner said that if we recognize multiple intelligences, we can reach more students and give those students the opportunity to demonstrate what they have understood.

4.3 Multiple Intelligences Assessments

Gardner has pointed out that we can best assess students' multiple intelligences by observing students manipulating the symbol systems of each intelligences (Armstrong. 2000: 88-89). Furthermore there are many strategies to assess students' multiple intelligence such as videotapes, student journals, informal test and student interviews.

In this study, the researcher decided to adapt the Teele Inventory Assessment (TIMI), developed by Dr. Sue Teele and Multiple Intelligences Questionnaire, developed by Armstrong to measure students' multiple intelligences. Multiple Intelligences Assessment that developed by the researcher involves looking at 40 panda pictures and statements that explain those pictures. Each picture and statement response with five-point Likert Scale that is scored by assigning point values to indicate how well the picture and statement describe student. The pictures and statements that assess students' multiple intelligences in this instrument are consisted of eight intelligences: linguistic intelligence, logical-mathematical intelligence, spatial intelligence, musical intelligence, bodily-kinesthetic intelligence, intrapersonal intelligence, interpersonal intelligence and naturalistic intelligence. The dominant intelligences are indicated by the highest scores. This test was used to identify the students' intelligence types at the beginning and at the end of treatment, and to see whether there were any differences between the intelligence types.

4.4 Research on Multiple Intelligences

Multiple intelligence theory has become a valuable aid for educators. The theory is not truly child-centered, but educational adaptations of it lead to child-centered practices. Thus, the focus is on the child, rather than the intelligence measure (Marsland. p. 45). MI theory suggests that no one set of teaching strategies will work best for all students at all times. All children have different proclivities in the eight intelligences. So, there are many teaching strategies to promote multiple intelligences (Armstrong. 2000: 51). For instance, several PBL practitioners have stated that PBL, because of its various features, is a more effective means of adapting to students' various learning styles or "multiple intelligences" than is the traditional instructional model (Diehl et al. 1999). Moreover cooperative learning is important environment learning to acknowledge students' multiple intelligence (Sanders et al. 1999).

According to Hathairat Suadsong (2007: abstract) conducted a study of young children's multiple intelligences through psycho-intellectual activities. The subjects were 15 second-year-kindergarten-students aging 5 to 6 years old at Phratamnak Suankularb Mahamongkol School. They were selected using cluster sampling and sample ransom sampling techniques. The experiment was carried out for 8 weeks, 24 times 3 days a week, 60 minutes per day. The results of this study revealed that children who were enhanced with Psycho-Intellectual Activity teaching and learning possessed higher multiple intelligences at the statistical significance at .05 in some parts of the comparison in every aspect of capabilities: Linguistic Intelligence, Logical-Mathematical Intelligence, Spatial Intelligence, Bodily -Kinesthetic Intelligence, Musical Intelligence, Interpersonal Intelligence, Intrapersonal Intelligence and Naturalist Intelligence and that multiple intelligences were changed at a high level in every aspect all along the arranged activity.

Nuntipit Pongdech (2006: abstract) studied science achievement and spatial intelligence of Mathayomsuksa II students by multiple intelligences. The subjects were 30 Mathayomsuksa II students of Rajvinit Bangkaew School. The finding indicated that the students taught by multiple intelligences have increased both their previous achievement in science and their spatial intelligence level. These increases were significant gains over the previous method at the .01 level.

Virinda Phongtratic (2004: abstract) studied multiple intelligences of preschool children engaged in outdoor traditional Thai plays. One group pretest-posttest design was used in this study. The experiment was carried out for 8 weeks, 5 days per week, 30 minutes per day. The result showed that the multiple intelligences of preschool children before and after engaging in outdoor traditional Thai plays were significant difference at .01 level.

Pimpun Thongprasit (2005: abstract) studied multiple intelligence abilities of young children by enhancing science process activities. The subjects of this study were second year kindergarten children who were selected using purposive sampling technique. The experiment was carried out for 8 weeks, 4 days per week, 60 minutes per day. The result of this study revealed that during the treatment phases the multiple abilities of young children enhancing science process activities were increased significantly at .05 level in all aspects.

Kannaphat Nithitwaraphakun (2007: abstract) studied a comparison of mathayom suksa II students' multiple intelligences abilities through instruction based on concentrated language encounter approach (model II) and traditional approach. The randomized control group pretest-posttest design was used in this study. The experiment of each group took twenty 50-minutes teaching periods. The finding of this study indicated that multiple intelligence abilities of the experimental group were significantly different than those of the control group at the .05 level in all aspects. The multiple intelligence abilities of the experimental and control groups, between the pretest and the posttest, were significantly different at the .05 level in all aspects.

Santisak Phaphai (2003: abstract) studied young children's multiple abilities obtained through activities applying the multiple intelligences model for learning. The findings of this study revealed that during the treatment phases the multiple abilities of young children obtained through activities applying the multiple intelligences model for learning were increased significantly at .05 level in all aspects.

Chanidda Tonphaiboon (2002: abstract) studied the effects of some intellectual abilities based on multiple intelligences of prathom suksa V in mathematics through Wannee's teaching model. Pretest-posttest control group design was used in this study. The experiment took 60 periods each of which lasted 20 minutes. Findings of the study

showed that the linguistic intelligence and spatial intelligence of the experimental group and control group were not significantly different. The logical-mathematical intelligence of the experimental group and control group was significantly different at .05 level.

In this study, the researcher promoted multiple intelligences of students by using science learning activities based on 4MAT system. These intelligences were measured by the Multiple Intelligences Assessment.

5. Learning Outcome

Learning outcome in this study consists of achievement, science process skill and attitude toward science of students in which corresponds with a vision for science learning, provided by the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). It states that learning of science should be a developmental process so that the learner acquires proper knowledge, process and attitude (IPST, 2001: online). Thus, activities in learning of science are regarded as one of the necessary elements to promote achievement, science process skills and attitude toward science of students.

5.1 Achievement

Bloom's Taxonomy (Bloom et al. 1956) provided educators with one of the first systematic classifications of cognitive operations. The taxonomy divided the cognitive domain into six hierarchical levels, ranging from the least to the most complex. Bloom's Taxonomy is one of the most widely accepted models of cognitive abilities and educational objectives used in education, and even its severest critics agree that the model has enormous influence and is an important step toward understanding the structure of learning outcomes (Kottke & Schuster, 1990). Levels of Bloom's Taxonomy are as follows:

- 1) Knowledge: recognition and recall of fact and specifics.
- 2) Comprehension: interpretation, translation, summarization, or paraphrasing of given information. Knowledge is required in order to demonstrate comprehension.
- 3) Application: usage of information in a situation different from the original learning context. Application requires comprehension of information in order to apply in new situations.

4) Analysis: separation of a whole into its parts until relationship among elements is clear. Analysis requires an ability to apply information.

5) Synthesis: combination of elements to form new entity from original one. Synthesis requires analysis.

6) Evaluation: involves decision-making, judging, or selecting based on criteria and rationale. Evaluation requires synthesis.

In 2001, Anderson and Krathwohl tried to change categories of Bloom's Taxonomy but the original number of categories, six, was retained. Three categories were renamed, and the order of two was interchanged. Those category names retained were changed to verb form to fit the way they are used in objectives. Categories of the revised Taxonomy are as follows (Krathwohl, 2002: 214-215):

- 1) Remember: Retrieving relevant knowledge from long-term memory.
- 2) Understand: Determining the meaning of instructional messages, including oral, written and graphic communication.
- 3) Apply: Carrying out or using a procedure in a given situation.
- 4) Analyze: Breaking material into its constituent parts and detecting how the parts relate to one another and to an overall structure or purpose.
- 5) Evaluate: Making judgments based on criteria and standards.
- 6) Create: Putting elements together to form a novel, coherent whole or make an original product.

5.2 Scientific Process Skills

Processes of science are mental and physical skills for collecting information, organizing it in various ways, and using it to explain phenomena and solve problems. These skills are listed and described below:

Basic science process skills (Wideen, 1975:82).

- 1) Observing: using the senses to gather information about an object or event.
- 2) Classifying: grouping or ordering object or events into categories based on properties or criteria.
- 3) Measuring: using both standard and nonstandard measures and estimates to describe the dimensions of an object or event.

4) Inferring: making an “educated guess” about an object or event based on previously gathered data or information.

5) Predicting: stating the outcome of a future event based on a pattern of evidence.

6) Communication: using words or graphic symbols to describe an action, object, or event.

7) Using number relationships: applying numbers and their mathematical relationships to make decisions.

Integrated science process skills (AAAS. 2006: online).

1) Making models: constructing mental, verbal, or physical representations of ideas, objects, or event to clarify explanations or demonstrate relationships.

2) Defining operationally: creating a definition by describing what is done and observed.

3) Collecting data: gathering and recoding information about observations and measurements in a systematic way.

4) Interpreting data: organizing, analyzing, and synthesizing data using tables, graphs, and diagrams to locate patterns that lead to the construction of inferences, predictions, or hypotheses.

6) Identifying and controlling variables: manipulating one factor to investigate the outcome of an event while other factors are held constant.

7) Formulating hypotheses: making educated guesses based on evidence that can be tested through experimentation.

8) Experimenting: designing one’s own experiment to test a hypothesis using procedures to obtain reliable data.

5.3 Attitudes toward Science

Attitude toward science or feelings toward science refers to a person’s positive or negative response to the enterprise of science. It also refers to whether a person likes or dislikes science. Simpson and Oliver designed a seven-item subscale to measure students’ attitude toward science as follows (Simpson; & Oliver. 1985: 512):

1. Science is fun.

2. I really like science.
3. I enjoy science courses.
4. I would enjoy being a scientist.
5. I think scientists are neat people.
6. I have good feelings toward science.
7. Everyone should learn about science.

5.4 Research on Learning Outcome about science

There are many studies on learning outcome about science. For example, Freedman (1997: 343-357) studied the relationship among laboratory instruction, attitude, achievement in science knowledge. The findings showed that students who had regular laboratory instruction (a) scored significantly higher ($p < .01$) on the objective examination of achievement in science knowledge than those who had no laboratory experiences; (b) exhibited a moderate, positive correlation ($r = .406$) between their attitude toward science and their achievement; and (c) scored significantly higher ($p < .01$) on achievement in science knowledge after these scores were adjusted on the attitude toward science covariable. It was concluded that laboratory instruction influenced, in a positive direction, the students' attitude toward science, and influenced their achievement in science knowledge.

Johnson; Kahle; & Fargo (2006: 371-383) studied the effective teaching results in increased science achievement for all students. Effective teaching was identified through a series of classroom observation using the Local Systemic Change Classroom Observation Protocol. The result found that effective teaching increases student achievement and closes achievement gaps of all students. Findings from this study also provided evidence that effective teaching each year may be the key to eliminating achievement gaps in science.

Lawrenz; & Cohen (1985: 105-113) investigated the effect of methods classes and practice teaching on student attitudes toward science and knowledge of science processes. This study indicated that participation by either elementary or secondary education students in a methods course resulted in more positive attitudes toward science. However, the secondary education students' attitudes toward science were significantly lower after practice teaching while those of the elementary education students exhibited no

change. In addition, both groups of students had slightly higher than average knowledge of science processes, and except for the secondary students' scores after practice teaching.

Niya Wichaidit (1995: abstract) investigated a comparative study in basic science skill of Prothomsuksa V students through the workbooks of supplementary activities promoting science process skills and the conventional plan. The subject consisted of 60 students of Prothomsuksa V at Watpa Lalai School during the first semester. They were selected by using cluster sampling into two groups as the experimental and the control group. The research design was the randomized control group pretest-posttest design. The finding found that the basic science process skills of the experimental group and the control group were significantly different at .01 level.

Kittichai Suthasinobol (1998: abstract) studied the effects of using teacher's questioning techniques on science achievement, science process skills and group behaviors of Prothomsuksa V students. The subjects were 72 students in Prothomsuksa V of Sawatdeewittaya School during the first semester. They were selected by using cluster sampling into two groups: the experimental and the control groups. The research design was the randomized control group pretest-posttest design. The results of this study indicated that after the experiment the science achievement mean and the science process skills mean of the experimental group were significantly higher than that of the control group in the whole but measuring and inferring skills were not significantly different. The experimental group also had higher desirable working group behaviors than non-desirable working group behaviors.

Jirapun Thsanasri (2005: abstract) studied a comparison between the third level students' achievement and attitude toward science through Cippa model and inquiry process. The samples were 94 students in ninth grade at Srinakharinwirot University Demonstration School during the second semester. They were selected by using cluster random sampling. The experimental group was taught through the Cippa model where the control group was taught through the inquiry process. Randomized Control Group Pretest-Posttest Design was used in the study. The results indicated that the achievement and attitudes toward science between the experimental group and the control group were not

significantly different. However, the posttest of the achievement and attitudes toward science of the experimental and control groups were higher than pretest at .01 level.

In this study, researcher studied achievement, science process skill, and attitude toward science of students by using achievement test, the Science Process Assessment, and the Attitudes toward Science Measures after they learned through science learning activities based on 4MAT System.

6. Creative Thinking

6.1 Definition of Creative Thinking

There are many definitions of creativity. Some definitions focus on characteristics of individuals whose work is determined to be creative (what is a creative person like?), whereas others consider the work itself (what makes this creative?).

Torrance (1958) defined creative thinking as the process of sensing difficulties, problems, gaps in information, missing elements, something askew; making guesses and hypotheses about the solution of these deficiencies; evaluating and testing these hypotheses; possibly revising and restating them; and finally communicating the result (Torrance. 1958: online).

Guilford (1950, 1967, 1968) described that creative thinking is divergent thinking. It refers to thinking that goes off in different directions. Divergent thinking consists of originality, Fluency, Flexibility and Elaboration (Russ. 1993: 4-5).

Vernon (1989) defined creativity as a person's capacity to produce new or original ideas, insights, restructuring, inventions, or artistic objects, which are accepted by experts as being of scientific, aesthetic, social, or technological value (Russ. 1993:2).

Fromm (1963) described that creativity is the ability to see or to be aware and to respond (Aree Panmanee. 1994:8).

The National Advisory Committee on Creative and Cultural Education (1999) described creativity as imaginative activity fashioned so as to produce outcomes that are both original and of value (Craft. 2000: 3).

Based on the definitions aforementioned, it could be concluded that creative thinking is divergent thinking that leads to creating something new or original. It involves the skills of flexibility, fluency, original, and elaboration.

6.2 Creative Process

The first well-known attempt to conceptualize the creative process was by Wallas in 1926. Although Wallas did not identify specific processes, he did articulate different stages that reflect different processes. His four-stage model has helped order our thinking about the creative process. His four-stage model consists of (Russ: 1993: 3):

1. **Preparation Stage** - information gathering, mastering the knowledge base, identifying the problem. It is in this stage where the basic techniques and knowledge base of a particular domain are mastered. It is probably in this stage that basic intellectual processes are important in determining the rapidity of learning and the complexity of issue that are tackled.

2. **Incubation Stage** - ideas incubate without the individual directly, logically working on the problem. It is in this stage that processes unique to the creative process are so important. It is also in this stage that Wallas and other introduced the concept of the unconscious. Problems are not consciously worked on, but much restructuring and free associating occurs outside of conscious awareness. Thoughts are permitted to roam in a free-ranging manner. It is here that affective processes may play an especially important role.

3. **Illumination Stage** - the solution to the problem occurs or is recognized. This stage is referred to as the “aha” experience. In reality, reaching a solution is probably a gradual process in most instances. The sudden illumination occurrence is probably the least frequent manner by which a solution occurs.

4. **Verification Stage** – the solution must now be evaluated. Critical thinking and logical thinking must be dominant in this stage.

Osborn (1953) embraced a similar theory of balance between analysis and imagination in his seven-step model for creative thinking (Plsek. 1996: online).

1. **Orientation** – pointing up the problem.

2. **Preparation** – gathering pertinent data.

3. **Analysis** – breaking down the relevant material.
4. **Ideation** – piling up alternatives by way of ideas.
5. **Incubation** – letting up, to invite illumination.
6. **Synthesis** – putting the pieces together.
7. **Evaluation** – judging the resulting ideas.

The creative process involves purposeful analysis, imaginative idea generation, and critical evaluation. The total creative process is a balance of imagination and analysis.

6.3 Elements of Creativity

Torrance spent a lifetime working with creativity. He developed a set of tasks (1996) to identify creative individuals. Earlier he addressed the idea of measuring inventiveness as one important aspect of creativity. His tasks were based on the characteristics he thought comprised creative behavior: originality, flexibility, fluency and elaboration (O'Tuel; & Bullard. 1993: 72-73).

6.3.1 Originality refers to the unusualness of response or production. You have to ask, is the behavior or product unusual and unlikely for this individual at this age in this circumstance? This allows you to recognize rare productions on the part of very young children by putting originality in perspective.

6.3.2 Flexibility is the ability to change directions, accept new and sometimes conflicting view or information, and generate multiple directions and pursuer any or all of them. Flexibility is not only a mental approach, but a personality reflection. Some individuals are much more rigid in their thinking than others. They experience difficulty in handling ambiguous information or conflicting ideas. They may have trouble taking risks. This lack of flexibility will reduce the potential for creative thought.

6.3.3 Fluency refers to a multiplicity of ideas or thoughts. Some individuals seem to generate streams of ideas, solutions, topics, or whatever. When you have students engage in brainstorming, you become aware that some students have many ideas where others have few. This fluency can be developed and enhanced, but probably not created. The students will generate more solutions when they have more information at their fingertips and are in a nonthreatening, encouraging atmosphere.

6.3.4 Elaboration, addressed by Torrance in 1966, is a person's ability to take a topic or idea and expand, extend, rotate, reorganize, and develop it. In creating and inventing, you can see that all of these attributes would be conducive to the development of something new and different.

6.4 Theory of Creativity

Theory that is the idea to study about creative thinking is structure of the intellect model which was developed by Guilford in 1959. Guilford's Structure of the Intellect (SOI) model is a complex model of intelligence including, in its most recent form, 180 components. The components are formed through combinations of types of content, operation, and product. They are showed in FIGURE 6. Each type of content can be matched with each operation or product to form a separate cell of the cube associated with a particular intellectual ability. For example, intellectual abilities include the cognition of semantic relationships and the transformation of figural unit. (Starko. 2001: 48-49).

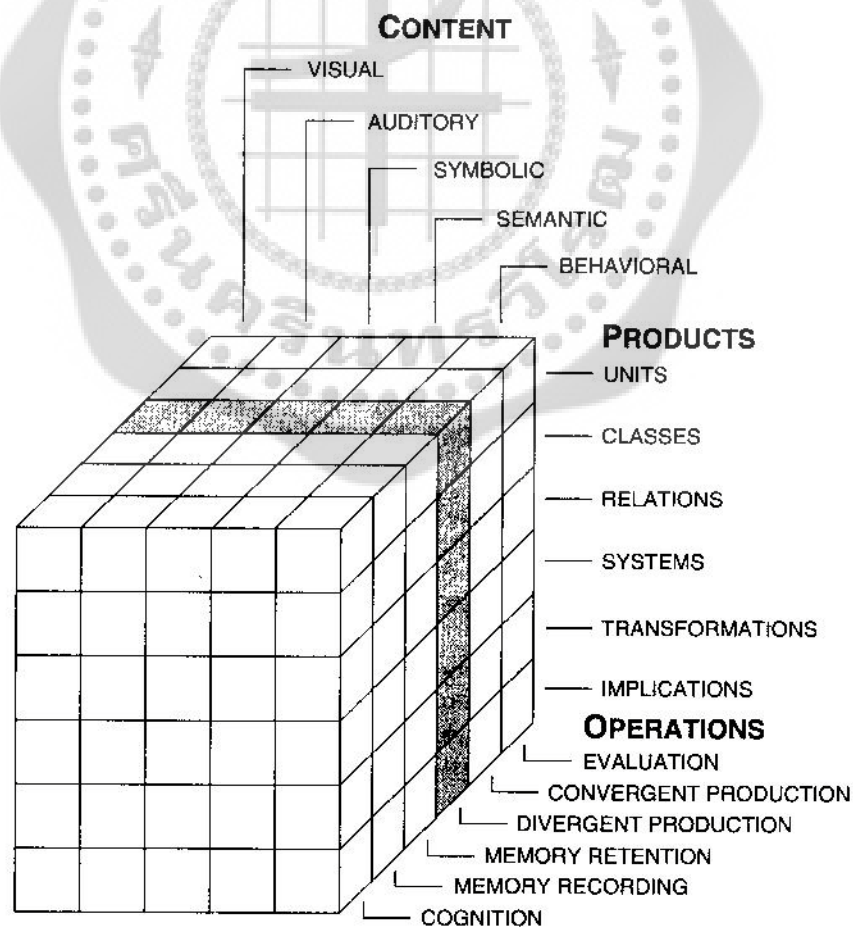


FIGURE 6 THE REVISED STRUCTURE OF INTELLECT MODEL

Source: Guilford, J.P. (1988). *Some Changes in the Structure-of-the-Intellect Model*. p.3. (citing Starko, Alane J. (2001). *Creativity in the Classroom: Schools of Curious Delight*. p.48.)

6.4.1 Content Dimension - It includes the broad areas of information in which operations are applied. It is divided into four categories:

6.4.1.1 Figural - the properties of stimuli we can experience through the senses (e.g. color, loudness, shape, texture).

6.4.1.2 Symbolic - numbers, letters, symbols, designs.

6.4.1.3 Semantic - the meaning of words, ideas.

6.4.1.4 Behavioral - the actions and expressions of people.

6.4.2 Operations Dimension - This is made up of five kinds of operations or general intellectual processes:

6.4.2.1 Cognition - recognizing and discovering.

6.4.2.2 Memory - retaining and recalling the contents of thought.

6.4.2.3 Divergent production - producing a variety of ideas or solutions to a problem.

6.4.2.4 Convergent production - producing a single best solution to a problem.

6.4.2.5 Evaluation - deciding whether the intellectual contents are positive or negative, good or bad, etc.

6.4.3 Products Dimension - this dimension contains results of applying particular operations to specific contents. There are six kinds of products, they are:

6.4.3.1 Units - a single number, letter or word.

6.4.3.2 Classes - a higher order concept (e.g. men + women = people)

6.4.3.3 Relations - a connection between concepts.

6.4.3.4 Systems - an ordering or classification of relations.

6.4.3.5 Transformation - altering or restructuring intellectual contents.

6.4.3.6 Implication - making inferences from separate pieces of information.

6.5 Teaching Creative Thinking Skills

There are many techniques designed to assist individuals in generating original ideas, sometimes called tools for creative thinking. Some techniques have been used in schools in an effort to help students become more creative. There is evidence that many of the strategies described can be effective in assisting both children and adults in producing novel, appropriate ideas.

Williams (1971) studied about teaching creative thinking and he suggested Williams cognitive affective interaction (CAI) Cube Model as the well-known model. It is three dimensional and shows how teaching strategies in many subjects can be used to bring out four cognitive and four affective behaviors in the students. They are showed in FIGURE 7. The three dimensions consist of (Aree Panmanee, 1994:128-146):

Dimension One is the subject areas or content such as art, music, science, social studies, arithmetic and language.

Dimension Two is teacher behaviors. Teachers can teach content in curriculum by using teaching strategies or activities which enhance creative thinking in students.

Dimension Three is the kinds of pupil behaviors. The pupil behaviors can be divided into the intellectual and the affective.

1. **The intellectual behaviors** are fluency (generating a large number of ideas), flexibility (being able to change categories), originality (the ability to come up with a unique idea or thought), and elaboration (the ability to take one idea and embellish it).

2. **The affective behaviors** are curiosity, courage to take a chance, complexity or willingness to challenge an idea or statement, and imagination or intuition.

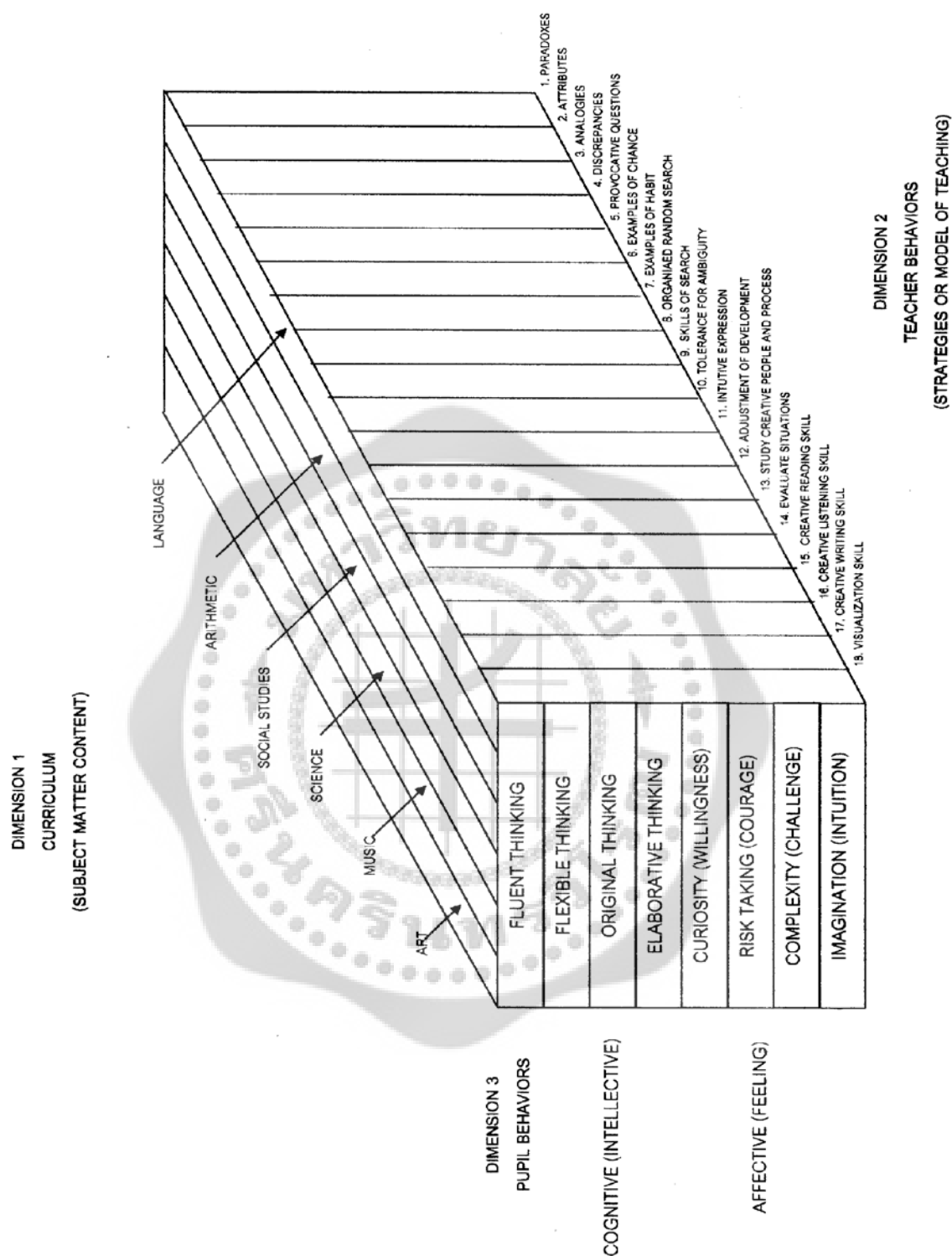


FIGURE 7 THE STRUCTURE OF TEACHING CREATIVE THINKING OF WILLIAMS
COGNITIVE AFFECTIVE INTERACTION (CAI) CUBE MODEL

Source: Aree Panmanee. (1994). *Creative Thinking*. p.48

In conclusion, creativity is the ability to imagine or invent something new that may be generated by combining, changing, or reapplying existing ideas. Everyone has substantial creative ability as witnessed by how creative children are. Creativity is also an attitude: the ability to accept change and newness.

6.6 Research on Creative Thinking

There are many research studies on how to develop creative thinking of students. For example, McCormack (1971: 301-307) studied the effect of selected teaching methods on creative thinking, self-evaluation, and achievement of students enrolled in an elementary science education methods course. This study found that students learning by using take home written exercises, brainstorming, inquiry exercises, and morphological analysis could enhance their scores for fluency, flexibility, and originality and achievement of affective objectives.

Claitt, Shaw and Sherwood (1980: 1061-1064) studied the effect of training on the divergent thinking abilities of kindergarten children. This study found that students studying in divergent thinking situations could increase their verbal creative thinking.

Zachopoulou, Trevlas and Konstadinidou (2006: 279-294) studied the design and implementation of a physical education program to promote children's creativity in the early years. They found that students through the use of movement elements, motor skills and movement exploration could improve their creative fluency and imagination and useful information. Results of the study indicated that both elementary and kindergarten students could improve their creative thinking score when exposed to appropriate situations or teaching approaches.

Chaiporn Pongsisanrat (2001: abstract) studied a comparison between the effects of brainstorming techniques and synectics techniques on creative thinking of mathayom suksa I students of Borvorniwet school in Bangkok. This study found that the creative thinking of students exposed to the brainstorming techniques program and the synectics techniques program significantly increased at .01 level. There was no significant difference in creative thinking between the students exposed to the brainstorming techniques program and those exposed to the synectics techniques program.

Bungon Pramlerk (2001: abstract) studied a comparison of the effects of CIPPA model and six thinking hats training on creativity of prathom sukka V students of Srabua school under Bangkok metropolitan. The finding of this study indicated that the creativity of the life experience area of prathom sukka V students exposed to CIPPA model and Six Thinking Hats significantly increased at .01 level. There was no significant difference in creativity of the life experiences area of prathom sukka V of both groups.

Namfon Prajinburawon (2003: abstract) studied a development of creative thinking skills of prathom sukka IV students of Wat Don Wai school in Changwat Nakhonprathom by using creative thinking skills exercises. The results of this study showed that the creative thinking skills of the student exposed to the creative thinking skills exercises program significantly increased at .01 level.

In this study, the researcher developed science learning activities based on 4MAT system to study creative thinking of students. The creative thinking of students was measured by the Evaluation Form of Creative thinking from tasks of students.

In light of the related literature, teaching based on 4MAT System could be an effective instructional model to help students achieve a higher degree of conceptual understanding, attitude toward science, science process skills and higher order thinking. Moreover, students could be engaged in their multiple intelligences through the lesson designed by using 4MAT System where some activities enhanced the right side of the brain and some activities enhanced the left side. The students could work in small group, or at times work alone, and used their intelligences to work at their own pace and create, build, evaluate, and extend their learning. For these reasons, the researcher was interested in developing the science learning activities based on 4MAT System to promote multiple intelligences and to enhance creative thinking and learning outcomes which consisted of achievement, science process skills, and attitudes toward science of students and also study the scores of multiple intelligences, learning outcomes and creative thinking of students who have different learning styles.

CHAPTER 3

METHODOLOGY

In this research, the science learning activities that influence multiple intelligences, learning outcome and creative thinking of primary school students were developed. This chapter described the methods used in this study that consisted of the research procedures and how research instruments for this study were adapted and developed. It also showed the methods for the data collection and data analysis. They were discussed under the following headings:

Phased One: Science Learning Activities Design

1.1 Studying basic data about the 4MAT System and multiple intelligences for preparation of science learning activities

1.2 Developing a draft of science learning activities based on the 4MAT System

1.3 Consulting with experts to examine and verify the draft of science learning activities based on the 4MAT System

1.4 Pilot studying the draft of science learning activities based on the 4MAT System

1.5 Collecting and evaluating of the pilot study data

1.6 Revising the draft of science learning activities based on the 4MAT System

Phase Two: Science Learning Activities Implementation

2.1 Research Design

2.2 The participants

2.3 Instrument for data collection

2.4 Data Collection

Phase Three: Science Learning Activities Evaluation

3.1 Data analysis

Phase One: Science Learning Activities Design

During phase one, the science learning activities based on the 4MAT System were developed. FIGURE 8 showed the diagram for the development of science learning activities designing. The details for science learning activities designing were summarized as follows:

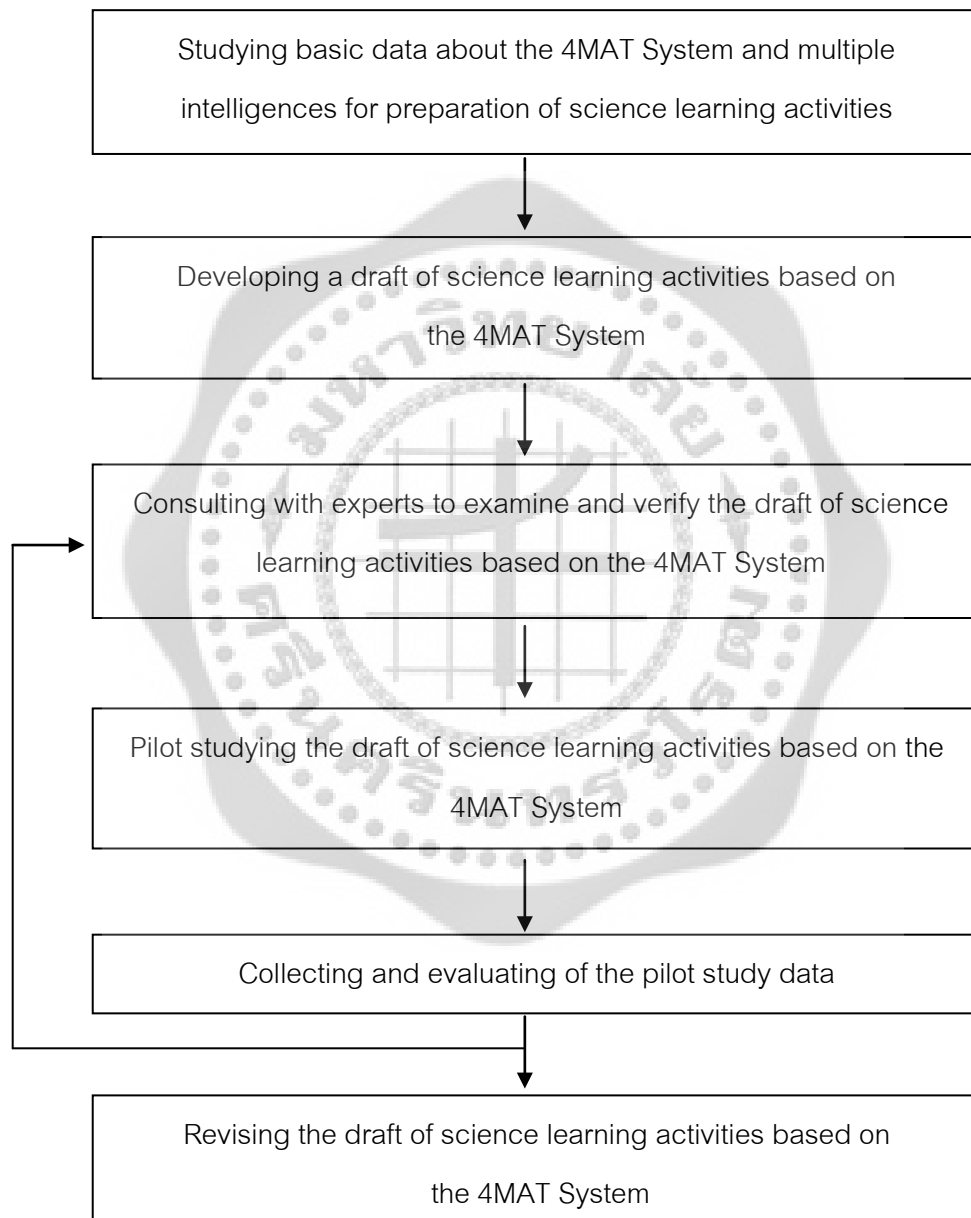


FIGURE 8 DIAGRAM FOR THE DEVELOPMENT OF SCIENCE LEARNING ACTIVITIES

1.1 Studying basic data about the 4MAT System and multiple intelligences for preparation of science learning activities

This step involved studying and considering related documents for developing science learning activities for elementary students. Related documents included the 4MAT System, multiple intelligences, learning outcome, and assessment strategies.

1.2 Developing a draft of science learning activities based on the 4MAT System

The researcher set drafts of goals, learning outline, and intended learning outcome. Then the researcher selected and organized content that was based on the Basic Education Curriculum A.D.2008. The content in this study was in the subject of science, Substance 3: Properties of Matter, standard 3.1 and 3.2 for sixth grade students. Framework of content in this study consisted of 5 units as shown in TABLE 1. After that the researcher selected teaching strategy to use in the study. It was the 4MAT System which students would conduct their intelligences to construct their own knowledge. Next the researcher designed and wrote the drafts of lesson plans that were based on the 4MAT System. The researcher also adapted assessment tools. Finally the researcher developed a teacher's guide book and student's guide book. The components of teacher guide book consisted of the necessary information on teaching and learning, activities, learning resources, and assessment. The components of student's guide book consisted of contents, activities, learning resources and work sheet.

TABLE 1 LEARNING UNITS FOR THE SCIENCE LEARNING ACTIVITIES

Learning unit	Periods (60 minutes/period)
1. Substances and properties of substances	5
2. Changes of substances	7
3. Separation of materials	2
4. Substances in daily life	10
Total	24

1.3 Consulting with experts to examine and verify the draft of science learning activities based on the 4MAT System

The key concept of this step was to comprehend in outlook and comprehend in instrumentation. In this step, the three experts about the learning activities validity and reliability were consulted. Content and construct validities have important roles in this step because they are foundation of making good measurements on achievement. On the other hand, reliability refers to the stability of instruments over time and in alternative forms.

1.4 Pilot studying the draft of science learning activities based on the 4MAT System

In this step, the aim was to check the lesson plans for different phases and familiarize teachers with their strategies. Small scale pilot testing was conducted to explore students' experiences while they attended the science learning activities in the classroom. It was conducted on part of science learning activities with 32 students from Wat Siwaram School in the second semester of 2009 academic year. In the period of instruction, the researcher observed the classrooms. After instruction, a teacher and the researcher discussed classroom events in order to revise the lesson plans, learning resources, assessment tools and student's guide books.

1.5 Collecting and evaluating of the pilot study data

The purpose of pilot study evaluation was to see a summative phenomenon that occurred and to obtain feedback on the activities experience after completion of some logical plan of instruction. The researcher evaluated it in order to understand whether these activities had reached the certain purposes.

1.6 Revising the draft of science learning activities based on the 4MAT System

The nature of this step was to provide feedback on changes that might be needed. Revision of the draft activities occurred after the activities had been adopted and implemented for the pilot study. The activities revision was also needed to direct some attention to the elements of the activities that affected their implementation.

Phase Two: Science Learning Activities Implementation

2.1 Research Design for this study

The design of this study was pretest-posttest control-group design in which the science learning activities and learning styles served as the independent variable and the measure of students' multiple intelligence, learning outcome, creative thinking and teacher's and students' opinion toward science served as dependent variables. In this design, the experimental group (A) and the control group (B) were selected by cluster sampling. Both groups consisted of students who had different learning styles and took a pretest and posttest. Only experimental group received the treatment. Moreover both quantitative and qualitative methods were used. The use of survey instruments (quantitative) provided the data to reveal patterns and interview questionnaire (qualitative) data provided the opinions of using science learning activities. Both quantitative and qualitative methods of the study were used to explore the following question.

1. Does interaction between the science learning activities and learning style affect students' multiple intelligences and learning outcome?
2. Does science learning activities based on 4MAT System affect students' multiple intelligences, learning outcomes and creative thinking?
3. Does different learning styles of students who learn through science learning activities based on 4MAT System affect students' multiple intelligences, learning outcomes and creative thinking?
4. How are students' and teachers' opinions toward science learning activities based on 4MAT System after they learned through science learning activities?

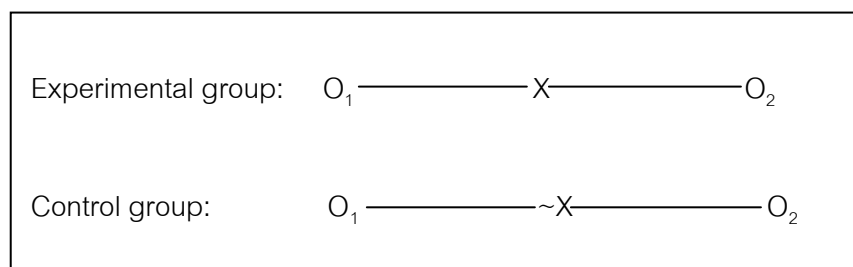


FIGURE 9 PRETEST-POSTTEST CONTROL-GROUP DESIGNS

Where the symbols indicated that:

An experimental group received the treatment (science learning activities based on 4MAT System) while they were studying in the classroom.

A control group did not receive the treatment while they were studying in the classroom.

O_1 is observation (or pretest).

X is the treatment (science learning activities based on 4MAT System) that was introduced.

$\sim X$ is the instruction using the traditional method of teaching.

O_2 is an additional observation (or posttest) after using science learning activities based on 4MAT System.

This design included a pretest followed by a treatment and a posttest in a single group. Students' achievements were measured by the achievement test. Science process skills were measured by the science process assessment. Attitudes toward science were measured by the attitude toward science measure. Multiple intelligences were measured by the multiple intelligences assessment. In addition, students' creative thinking was measured by the evaluation form of creative thinking during the study of experimental group. Moreover, students' and teacher's opinions toward science learning activities in experimental group were interviewed after using science learning activities based on 4MAT System.

2.2 Participants

The participants consisted of two classrooms of sixth grade students studying in the first semester of the 2010 academic year. The participants were selected by cluster sampling from Wat Salud School in the Samut Prakan province. One classroom was control group with 30 students and the other one was experimental group with 33 students. Students in both groups were explored learning style by the learning style questionnaire before they participated in science learning activities.

2.3 Instrument for data collection

2.3.1 Quantitative Data Collection

2.3.1.1 Multiple Intelligences Assessment

Multiple intelligences assessment was designed to examine the intelligences of students. This instrument measured eight types of intelligences: linguistic intelligence, logical mathematical intelligence, spatial intelligence, kinesthetic intelligence, musical intelligence, interpersonal intelligence, intrapersonal intelligence and natural intelligence. This instrument was adapted from Teele Inventory for Multiple Intelligences (TIMI) (Teele. 1997) and Multiple Intelligences Questionnaire (Armstrong. 2007).

This instrument consists of 40 statements and pictures of panda bear of five-response Likert Scale. The statements and pictures were scored by assigning point values to each of the intelligence items indicating how well each item describes student. The meanings of point values are:

- 5 for statement that describes student exactly
- 4 for statement that describes student pretty well
- 3 for statement that somewhat describes student
- 2 for statement that describes student very little
- 1 for statement that does not describe student at all

Score was determined by adding the score for the respective items. The range of score for the entire Multiple Intelligences Assessment is 40-200 (1-5 points x 40 items). The procedures for constructing the Multiple Intelligences Assessment were listed as follows:

- 1) Studying Teele Inventory for Multiple Intelligences (TIMI) of Teele and Multiple Intelligences Questionnaire of Armstrong;
- 2) Asking for permission to use the Teele Inventory for Multiple Intelligences;
- 3) Adapting and translating both instruments in to the Thai language;
- 4) Examining the multiple intelligences assessment draft by advisors and validating it by three experts;
- 5) Revising the multiple intelligences assessment draft by applying

comments and suggestions from the advisor and the three experts;

6) Trying out the multiple intelligences assessment with two classrooms of sixth grade students (56 students) in Wat Bangpleeyainai School to determine internal consistency reliability of the measure using Cronbach's alpha (α), which was found to be 0.89.

2.3.1.2 Learning Style Questionnaire

Learning Style Questionnaire was developed by Sirinoot Teanrunroj in 2005. The aim of this questionnaire was to classify the learning styles of students that consisted of four learning styles: convergent learning style, divergent learning style, assimilative learning style, and accommodative learning style.

This instrument consisted of three parts; Part 1 for General instructions, Part 2 for Student's Information, and Part 3 for 12 Questions with four ranking style answers. The student ranked each answer to each question with 4, 3, 2 or 1. The meanings of the ranking style answers are:

- 4 for the answer that is the same as the student's characteristics
- 3 for the answer that is most like the student's characteristics
- 2 for the answer that is slightly like the student's characteristics
- 1 for the answer that does not describe the student's characteristics

The learning style of students was interpreted using the following method:

1) The four answers to each question represented the four learning behaviors of information processing of Kolb's learning style. They were CE – Concrete Experience, RO – Reflective Observation, AC – Abstract Conceptualization and AE – Active Experience. The character a, b, c or d represented the four learning behaviors of each question as shown in TABLE 2.

TABLE 2 THE QUESTIONS AND ANSWERS FOR EACH LEARNING BEHAVIOR

Learning Behavior	Question and Answer											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Concrete Experience	a	a	c	c	d	a	b	a	a	a	a	a
2. Reflective Observation	b	d	a	b	a	d	a	b	d	c	b	d
3. Abstract Conceptualization	c	b	b	d	b	b	d	c	b	d	c	b
4. Active Experience	d	c	d	a	c	c	c	d	c	b	d	c

2) All four answers to each question were ranked by each student. They were ranked by comparing each answer with their characteristic of preferred learning style.

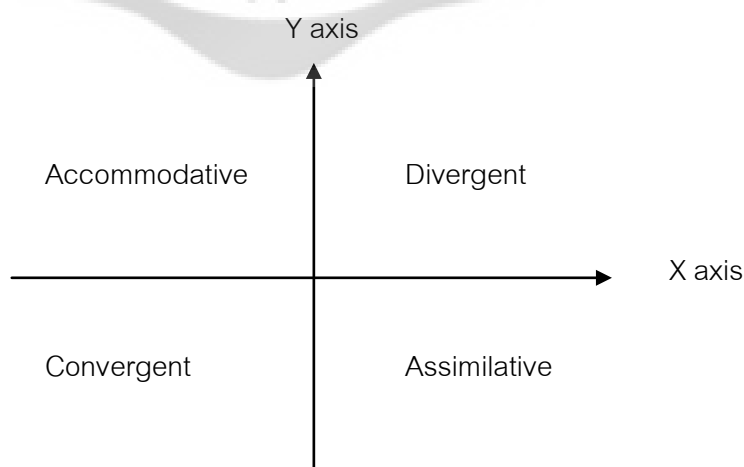
3) Total rank scores of learning behavior were summarized into CE-total score, RO-total score, AC-total score and AE-total score.

4) The co-ordinates (x, y) of learning style quadrant, following Kolb's experiential learning style method, were calculated by the following method:

X axis value is calculated by subtracting AE-total score from RO-total score.

Y axis value is calculated by subtracting AC-total score from CE-total score.

5) The co-ordinate (x, y) was the co-ordinate for an individual learning style quadrant. They were:



Quadrant 1: Divergent Learning Style

Quadrant 2: Assimilative Learning Style

Quadrant 3: Convergent Learning Style

Quadrant 4: Accommodative Learning Style (Sirinoot Teanrungrroj. 2005: 108-109)

The procedures for constructing the Learning Style Questionnaire were listed as follows:

- 1) Asking for permission to use the learning style questionnaire;
- 2) Adjusting language to address sixth grade students;
- 3) Examining the learning style questionnaire draft by advisors and validating it by three experts;
- 4) Revising the learning style questionnaire draft by applying comments and suggestions from the advisor and the three experts;
- 5) Trying out the learning style questionnaire with two classrooms of sixth grade students (40 students) in Wat Bangpleeyainai School to determine internal consistency reliability of the measure using Cronbach's alpha (α). It was shown in TABLE 3.

TABLE 3 RELIABILITY OF LEARNING STYLE QUESTIONNAIRE WITH α - CONBRACH COEFFICIENT

Learning Style	Reliability
1. Concrete Experience	0.68
2. Reflective Observation	0.86
3. Abstract Conceptualization	0.59
4. Active Experience	0.79

2.3.1.3 Achievement Test

Achievement Test was developed by the researcher. Six categories of behavior assessed on the achievement test consist of knowledge, comprehension, application, analysis, synthesis and evaluation. The achievement test consisted of two

sections: 22 multiple choice test items each of which had four choices with only one correct answer and four open-ended questions. The procedures for constructing the achievement test were listed as follows:

- 1) Analyzing the learning objectives by creating a table of specifications;
- 2) Writing drafts of the achievement test;
- 3) Examining the achievement test draft by advisors;
- 4) Revising the achievement test draft by applying comments and suggestion from the advisor;
- 5) Examining and verifying content validity, questioning choices, correspondence between questions and measured behaviors, and wording by three experts. Index Objective Congruence (IOC) was considered from a three-point rating scale assessment form. Items with the IOC index above 0.50 were selected and they were then revised by applying comments and suggestions from the experts;
- 6) Trying out the achievement test with one classroom of seventh grade students (46 students) in Wat Noinoppakun 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;
- 7) Determining internal consistency reliability of the achievement test using the Kuder-Richardson 20 for section one and the Inter rater reliability between the researcher and a teacher for section two. They were 0.62 and 0.98, respectively.

2.3.1.4 Science Process Assessment

The Science Process Assessment was used to identify the student proficiency in the use of science process skills. This instrument measured 13 science process skills: observing, classifying, inferring, predicting, measuring, communicating, using space/time relations, defining operationally, formulating hypotheses, experimenting, recognizing variables, interpreting data and formulating models. The instrument is based on a comprehensive study of process skills conducted by a science curriculum advisory committee of the Pennsylvania Department of Education (Smith; & Welliver Educational Service. 1994).

The instrument comprises 40 multiple-choice test items, accompanied by a list of appropriate indicators of student behaviors. All behaviors would demonstrate competency in each particular process skill from the 13 process skills listed. The test items engaged students in problem solving situations which require them to apply an appropriate process skill to answer each question.

- 1) Asking for permission to use the science process assessment for elementary students;
- 2) Adapting and translating the science process assessment for elementary students into the Thai language;
- 3) Examining the science process assessment by advisors and validating it by three experts;
- 4) Revising the science process assessment draft by applying comments and suggestion from the advisor and the three experts;
- 5) Trying out the science process assessment with two classrooms of sixth grade students (77 students) in Poonsin School to determine internal consistency reliability of the measure using Kuder-Richardson 20, which was found to be 0.73.

2.3.1.5 Attitudes toward Science Measures

Attitudes toward Science Measures were developed by Per Kind, Karen Jones and Partick Barmby. It aimed to examine the students' cognitive and emotional opinions about six areas of science as follows:

- Area 1: Learning science in school – 6 items
- Area 2: Self-concept in science – 8 items
- Area 3: Practical work in science – 8 items
- Area 4: Science outside of school – 6 items
- Area 5: Future participation in science – 3 items
- Area 6: Importance of science – 5 items

The Attitudes toward Science Measures had 36 items of five-response Likert Scale. The Attitudes toward Science Measures were scored by assigning point values to each of the attitude items. Point values were assigned as shown in TABLE 4. Score was determined by adding the score for the respective items. The range of score for

the entire Attitudes toward Science Measures was 36-180 (1-5 points x 36 items) (Kind; Jones; & Barnby. 2007).

TABLE 4 POINT VALUE FOR POSITIVE ITEMS AND FOR NEGATIVE ITEMS

Degree	Positive Items	Negative Items
Strongly agree	5	1
Agree	4	2
Neither agree or disagree	3	3
Disagree	2	4
Strongly disagree	1	5

The procedures for constructing the attitude toward science measure are listed as follows:

- 1) Asking for permission to use the attitude toward science measure;
- 2) Adapting and translating the attitude toward science measure into the Thai language;
- 3) Examining the attitude toward science measure draft by advisors and validating it by three experts;
- 4) Revising the attitude toward science measure draft by applying comments and suggestion from the advisor and the three experts;
- 5) Trying out the attitude toward science measure with two classrooms of sixth grade students (77 students) in Poonsin School to determine internal consistency reliability of the measure using Cronbach's alpha (α) . It was 0.86.

2.3.1.6 The Evaluation Form of Creative Thinking

The evaluation forms of creative thinking were developed by the researcher to assess student's creative thinking in scoring guide format that was adapted from Arunee Rodjanapaiboon (2003). The students' creative thinking was evaluated by using their tasks in four categories: fluency, flexibility, originality, and elaboration. The evaluation form of creative thinking consisted of seven forms for evaluating students' tasks:

mind mapping, tale composing, brochure, small book, slogan, label and project. The score the students' creative thinking was set based on the rubric criteria. The meaning of each score is as follows:

3.21 - 4.00 = Very high level

2.61 – 3.20= High level

2.01 – 2.60= Moderate level

1.41 – 2.00= Low level

0.0 - 1.40 = very low level

The procedures for constructing the evaluation form of creative thinking are listed as follows:

- 1) Determining tasks for evaluating the creative thinking;
- 2) Writing drafts of the evaluation form of creative thinking;
- 3) Validating the evaluation form of creative thinking draft by the advisors;
- 4) Revising the evaluation form of creative thinking draft by applying comments and suggestions from the advisors;
- 5) Examining and verifying the evaluation form of creative thinking by three experts. Then, it was revised by applying comments and suggestions from the experts.

2.3.2 Qualitative Data Collection

In addition to the evaluation of the science learning activities by using the qualitative instruments, the qualitative method was conducted to explore student's opinion toward science learning activities and teacher's opinion toward science learning activities. The qualitative method focused on the essence of the student's and teachers' experience when they participated in the science learning activities. The qualitative data were obtained from observation and interview.

2.3.2.1 Observation

To observe the students' behaviors during the science learning activities, the researcher gathered field notes by conducting an observation as an observer.

2.3.1.2 The teachers' opinions toward science learning activities interview form

The participating teacher's opinion toward the science learning activities was assessed by the teacher's opinions toward science learning activities interview form. The teacher's opinions toward science learning activities interview form consisted of eight open-ended questions. They were developed by the researcher to interview the participating teacher after the implementation of the whole science learning activities to collect data about using the science learning activities, problems and suggestions. The procedures for teacher's opinions toward science learning activities interview form were listed as follows:

- 1) Determining elements for interviewing the teacher's opinions toward the science learning activities;
- 2) Writing the questions for teacher's opinions toward science learning activities draft;
- 3) Validating the questions for teacher's opinions toward science learning activities draft by the advisor;
- 4) Revising the questions for teacher's opinions toward science learning activities draft by applying comments and suggestions from the advisors;
- 5) Examining and verifying questioning and wording by the three experts. Then, it was revised by applying comments and suggestions from the experts.

2.3.1.3 The students' opinions toward science learning activities interview form

The participating students' opinion toward the science learning activities was assessed by the students' opinions toward science learning activities interview form. It consisted of 12 open-ended questions. It was developed by the researcher to interview the students after the participation in the whole science learning activities to collect data about using the science learning activities and suggestions. The procedures for constructing the students' opinions toward science learning activities interview form were listed as follows:

- 1) Determining elements for interviewing the students' opinions toward the science learning activities;
- 2) Writing the questions for students' opinions toward science learning

activities draft;

3) Validating the questions for students' opinions toward science learning activities draft by the advisor;

4) Revising the questions for students' opinions toward science learning activities draft by applying comments and suggestions from the advisors;

5) Examining and verifying questioning and wording by the three experts. Then, it was revised by applying comments and suggestions from the experts.

2.4 Data Collection

Data were collected from two major sources: participating teacher and students. The sources of data from each group were as follows:

2.4.1 Students: Data on students was gathered during the science learning activities phase. These data were obtained from various kinds of research instruments at different times as shown in TABLE 5.

TABLE 5 RESEARCH TOOLS AND DATA COLLECTION PERIODS

Tools	Before	During	After	Subjects
	The Instruction			
1. Achievement test	✓		✓	All participating students
2. Multiple Intelligences Assessment	✓		✓	All participating students
3. Science Process Assessment	✓		✓	All participating students
4. The Attitude toward Science Assessment	✓		✓	All participating students
5. The Evaluation Form of Creative Thinking		✓		Participating students in experimental group
6. The students' opinions toward science learning activities interview form			✓	Participating students in experimental group

2.4.2 Participating Teachers: Data were collected from the following:

- 1) Observations of teacher behaviors during their participation;
- 2) Formal interviews by using the teachers' opinions toward science learning activities interview form;
- 3) Participating teachers' and the researcher's notes.

3. Phase Three: Science Learning Activities Evaluation

3.1 Data Analysis

3.1.1 Quantitative Data Analysis

Upon completion of all instruments; the multiple intelligences assessment, the achievement test, the science process assessment, the attitude toward science measure, the evaluation forms of creative thinking, and the collected quantitative data were analyzed using the following procedure:

1. Basic statistics such as mean, percentage, standard deviation, and variance were calculated for score of multiple intelligences, learning outcomes and creative thinking.

2. Statistics for hypotheses testing

- 2.1 Assessing interaction between the science learning activities and learning style of student on students' multiple intelligences and learning outcomes by using Multivariate analysis of variance (MANOVA) for testing hypothesis 1.

- 2.2 Analyzing difference of mean scores' multiple intelligence and learning outcomes after students learn through science learning activities based on 4MAT System and traditional method of teaching by using MANOVA for testing hypothesis 2.

- 2.3 Analyzing mean scores' creative thinking as students learn through science learning activities based on 4MAT System for testing hypothesis 3.

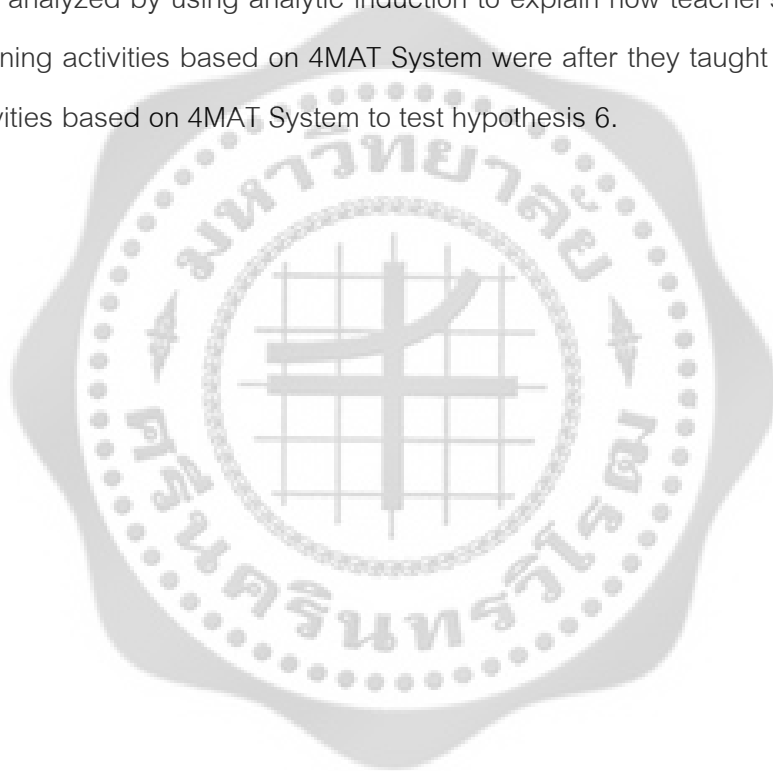
- 2.4 Analyzing difference of mean scores' multiple intelligence, learning outcome and creative thinking of students who had different learning style after they learn through science learning activities based on 4MAT System by using MANOVA for testing hypothesis 4.

3.1.2 Qualitative Data Analysis

Upon completion of teacher and students interviewing, the collected qualitative data were analyzed using the following procedures:

1. Students' opinions toward science learning activities based on 4MAT System were analyzed by using analytic induction to explain how students' opinions toward science learning activities were after they learned through science learning activities based on 4MAT System and to test hypothesis 5.

2. Teacher's opinions toward science learning activities based on 4MAT System were analyzed by using analytic induction to explain how teacher's opinions toward science learning activities based on 4MAT System were after they taught by using science learning activities based on 4MAT System to test hypothesis 6.



CHAPTER 4

RESULTS OF THE STUDY

This chapter presented the findings of the study. The findings are presented in the following order: 1) phase one: science learning activities design; 2) phase two: science learning activities implementation and 3) phase three: science learning activities evaluation.

1. Phase one: Science Learning Activities Design

1.1 Studying Basic Data

The researcher studied and analyzed related documents regarding science learning activities development, 4MAT System, learning styles of student, multiple intelligences, Thai National Education Standard, Science Education Standard, science instruction strategies and evaluation of science instruction. The information gained was used to design a draft of the science learning activities.

The researcher gathered data on scientific content. The data were collected through analysis of text book, journals and the Internet. The collected data were to be used as a guide book for teacher and activity books for students.

1.2 Developing drafts of the Science Learning Activities

1.2.1 Goals and Learning Standards of the Science Learning Activities

After due consideration of the background and rationale of the study and related literature, the goals of the science learning activities were purposed. The goals correspond with issues and current science education. Moreover, these goals align with the goals of Thailand's National Education Act of B.E. 2542 (A.D.1999) and amendments (Second National Education Act of B.E. 2545 (A.D. 2002)) and the Basic Education Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008). The goals of the science learning activities are as follows:

1. To provide the student with knowledge and understanding about basic principles and theories covering matter and properties of matter in three states, change of matter, separation of matter and substance in daily life

2. To promote the development of multiple intelligences within the student

3. To promote the development of science process skills within the student
4. To promote the development of attitudes toward science within the student
5. To promote the development of creative thinking within the student
6. To enable the student to apply appropriately their knowledge and understanding about substances and properties of substances in three states, change of substances, separation of materials and substances in daily life in everyday life.

These goals were focused for development of the science learning activities. 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 2008. The two standards were used in the study. All parts of the two standards in this Sub-strand 3 which are proper for sixth grade students were used to determine expected learning outcomes for development of the science learning activities. Following are the learning standards purposed in the science learning activities:

1. The student should be able to analyze the composition of substance and compare the similarities and differences of the materials by using elements and properties.
2. The student should be able to analyze and describe the properties in solids, liquids and gases and categorize substances into groups by using state or other criteria.
3. The student should be able to explain the properties of substances when they change their states, dissolve and transit to new substances.
4. The student should be able to identify the indicators of substance transformation: dissolving, changing the states, and transiting to new substances.
5. The student should be able to describe the separation of materials through sifting, filtering, precipitation, evaporation or sublimation.
6. The student should be able to explain and categorize various substances used in daily life by using their properties and utilization for useful purposes as criteria.

7. The student should be able to do, report and conclude experiments about state of substances, change of states, dissolving, transiting substances to new substances, separation of material and properties of substances in daily life.

8. The student should be able to analyze and propose the methods that protect living things and environments from changing of states, dissolving and transiting substances to new substances.

9. The student should be able to search, describe and use substances in daily life basis correctly and safely.

There were four main topics drawn from the above learning standards for developing the science learning activities. The topics covered substances and properties of substances in three states, change of substances, separation of materials and substances in daily life. These topics were analyzed into sub-topics in order to organize activities in the entire science learning activities that promote multiple intelligences of student. A framework of topics, activities, multiple intelligences and periods in each lesson plan was shown in TABLE 6.

TABLE 6 A FRAMEWORK OF TOPICS, ACTIVITIES, MULTIPLE INTELLIGENCES, AND PERIODS IN EACH LESSON PLAN

Main Topics	Sub-topic	Activities	Multiple intelligences		periods
1. Substances and properties of substances	1. Substance	1. Group work 2. Discussion 3. Questioning 4. Worksheet	1. Linguistic intelligence 2. Spatial intelligences 3. Kinesthetic intelligence	4. Interpersonal intelligence 5. Intrapersonal intelligence	2
	2. Properties of substances in three states: solids, liquids and gases	1. Group work 2. Discussion 3. Questioning 4. Role playing 5. Storytelling 6. Game 7. Survey 8. Worksheet	1. Linguistic intelligence 2. Logical-mathematical intelligence 3. Spatial intelligences 4. Musical intelligence 5. Kinesthetic intelligence	6. Interpersonal intelligence 7. Intrapersonal intelligence 8. Natural intelligence	3
2. Changes of substances	1. Change of states	1. Group work 2. Discussion 3. Questioning 4. Demonstration 5. Worksheet	1. Linguistic intelligence 2. Logical-mathematical intelligence 3. Spatial intelligences 4. Kinesthetic intelligence	5. Interpersonal intelligence 6. Intrapersonal intelligence 7. Natural intelligence	2

TABLE 6 (continued)

Main Topics	Sub-topic	Activities	Multiple intelligences		periods
2. Changes of substances (cont.)	2. Dissolving	1. Group work 2. Discussion 3. Questioning 4. Game 5. Worksheet	1. Linguistic intelligence 2. Logical-mathematical intelligence 3. Spatial intelligences 4. Kinesthetic intelligence	5. Interpersonal intelligence 6. Intrapersonal intelligence 7. Natural intelligence	2
	3. Transition substances to new substances	1. Group work 2. Discussion 3. Questioning 4. Game 5. Worksheet	1. Linguistic intelligence 2. Logical-mathematical intelligence 3. Kinesthetic intelligence	4. Interpersonal intelligence 5. Intrapersonal intelligence 6. Natural intelligence	3
3. Separation of materials	1. Methods for separation of homogeneous and heterogeneous substances	1. Group work 2. Discussion 3. Questioning 4. Game 5. Worksheet	1. Linguistic intelligence 2. Logical-mathematical intelligence 3. Spatial intelligences 4. Kinesthetic intelligence	5. Interpersonal intelligence 6. Intrapersonal intelligence	2

TABLE 6 (continued)

Main Topics	Sub-topic	Activities	Multiple intelligences		periods
4.Substances in daily life	1. Substances in daily life	1. Group work 2. Discussion 3. Questioning 4. Brainstorming 5. Worksheet	1. Linguistic intelligence 2. Logical-mathematical intelligence 3. Spatial intelligences 4. Kinesthetic intelligence	5. Interpersonal intelligence 6. Intrapersonal intelligence	2
	2. Favors and food coloring	1. Group work 2. Discussion 3. Questioning 4. Project 5. Game 6. Sing a song 7. Worksheet	1. Linguistic intelligence 2. Logical-mathematical intelligence 3. Spatial intelligences 4. Musical intelligence 5. Kinesthetic intelligence	6. Interpersonal intelligence 7. Intrapersonal intelligence 8. Natural intelligence	2
	3. Cleaning agents	1. Group work 2. Discussion 3. Questioning 5. Game 6. Producing cleaning agent 7. Worksheet	1. Linguistic intelligence 2. Logical-mathematical intelligence 3. Spatial intelligences 4. Kinesthetic intelligence	5. Interpersonal intelligence 6. Intrapersonal intelligence	3

TABLE 6 (continued)

Main Topics	Sub-topic	Activities	Multiple intelligences		periods
4.Substances in daily life (cont.)	4. Insecticides and pesticides	1. Group work 2. Discussion 3. Questioning 4. Sing a song 5. Worksheet	1. Linguistic intelligence 2. Logical-mathematical intelligence 3. Spatial intelligences 4. Musical intelligence 5. Kinesthetic intelligence	6. Interpersonal intelligence 7. Intrapersonal intelligence 8. Natural intelligence	3

Note: 60 minutes/period

1.2.2 Teaching strategy for the Science Learning Activities

The 4MAT System developed by McCarthy was selected as teaching strategy. It was composed of eight steps as follows:

1. Connect: Students were engaged in the experience to start to establish a link between students' personal meaning and the content of the subject to achieve clear connection to learner's life and background. This step laid the right mode aspect. Activities for this step were discussion, questioning, demonstration, brainstorming, game and sing a song, etc.

2. Examine: Students started to analyze the new experience to build their own beliefs. This step laid the left mode aspect. Activities for this step were lecture, discussion, brainstorming and questioning, etc.

3. Image: Students started to form the picture that clarifies the concept of the new experience. This step laid the right mode aspect. Activities for this step were discussion, role playing, questioning, brainstorming, mind mapping, and worksheet, etc.

4. Inform: Students learned concepts and skills that must be known for the new experience. This step laid the left mode aspect. Activities for this step were discussion, questioning, lecture and storytelling, etc.

5. Practice: Students worked with concept's content and practiced the new skills as the experts had found it. This step laid the left mode aspect. Activities for this step were experiment, searching information, group work and worksheet, etc.

6. Extend: Students applied to a more complex experience where learners could add their own innovation. This step laid the right mode aspect. Activities for this step were presentation, questioning, discussion, brainstorming and mind mapping, etc.

7. Refine: Students began to analyze the application of the concepts to evaluate that experience and extension for relevance and usefulness. This step laid the left mode aspect. Activities for this step were questioning, discussion, brainstorming, project, survey, worksheet, writing story and slogan, game, etc.

8. Perform: Students were able to do it by themselves and to share it with others may form a new shape to this experience. This step laid the right mode aspect. Activities for this step were questioning, presentation and sharing, etc.

1.2.3 Learning Assessments

Open-ended questions for self-assessment were used in this study. During the study, the student behaviors were assessed by the observer, and observation records were used as informative assessment. Moreover, students' works were assessed by rubric criteria. In addition, seven instruments were used to study the dependent variables.

1.2.4 Developing Activity Plan Draft, Teacher's Guide book and Student's Guide book

The main topic was used as guideline to design the science learning activities documents consisting of ten activity plans, teacher's guide book and student's guide book. The activity plans were written by applying sub-topics. The science learning activities have ten lesson plans lasting 24 periods.

The teacher's guide book provided the participating teacher with necessary information about the science learning activities (e.g., basic principle, 4MAT System, goal of the science learning activities, learning standards, mind map of content, learning outcome and activity plans). This guide book was used to prepare two participating teachers: one participated in the pilot study and the other in the confirmatory study.

The student's guide book provided the participating student with necessary information about the science learning activities (e.g., contents, activities, work sheet and learning resource). This guide book was used for thirty-two students in the pilot study and thirty-three in the confirmatory study.

1.3 Consulting with experts to examine and verify the draft of science learning activities

Effectiveness of the draft of science learning activities 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 were shown in TABLE 7.

TABLE 7 INDEX OF CONGRUENCE OF THE DRAFT OF SCIENCE LEARNING ACTIVITIES

No.	Domain consideration item	N=3		Congruence
		Mean	S.D.	
1	The goals of the science learning activities are corresponding to basic concept and model of learning based on 4MAT System	1.00	0	Strongly congruence
2	The key stage is corresponding to the goals of the science learning activities	1.00	0	Strongly congruence
3	The content is corresponding to the goals of the science learning activities	1.00	0	Strongly congruence
4	All components of the lesson plan 1 (indicators, goals, contents, learning activities, instructional materials, assessment and evaluation) are corresponding to each other.	1.00	0	Strongly congruence
5	All components of the lesson plan 2 are corresponding to each other.	1.00	0	Strongly congruence
6	All components of the lesson plan 3 are corresponding to each other.	1.00	0	Strongly congruence
7	All components of the lesson plan 4 are corresponding to each other.	0.67	0.58	congruence
8	All components of the lesson plan 5 are corresponding to each other.	1.00	0	Strongly congruence
9	All components of the lesson plan 6 are corresponding to each other.	0.67	0.58	congruence
10	All components of the lesson plan 7 are corresponding to each other.	1.00	0	Strongly congruence
11	All components of the lesson plan 8 are corresponding to each other.	0.67	0.58	congruence

TABLE 7 (continued)

No.	Domain consideration item	N=3		Congruence
		Mean	S.D.	
12	All components of the lesson plan 9 are corresponding to each other.	1.00	0	Strongly congruence
13	All components of the lesson plan 10 are corresponding to each other.	1.00	0	Strongly congruence

From TABLE 7 the Index of congruence was shown with scores between 0.67-1.00 which are above the selected criterion (0.50). This means the components in the science learning activities are related to each other. Additionally, comments and suggestions regarding the activities plans, teacher's guide book and student's guide book provided by the experts are outlined below and have been used to improve the quality of the science learning activities.

1. The objectives in each lesson plan should be written to cover the knowledge, skills, attitudes and attributes of desirable students. Moreover, they should be consistent with the teaching and learning activities.

2. Measurement and evaluation of each lesson plan should be written clearly that each behavior is determined by any evidence or any trace, any instrument and how much students will meet the criteria for assessment in each topic.

3. Activities should be real examples for students to study as much as possible instead of the picture and the examples should be in the daily life.

4. Some activities should incorporate the media or content to attract and stimulate students' interest.

5. Teacher's guide book and lesson plans should be adjusted to be clear and easy to apply to teachers such as adding the details of some steps in lesson plans or in activities of students and adjusting the language used in writing activities, etc.

6. Teacher's guide book should include some examples of materials or media for teachers to view more clearly such as cards and lyrics, etc.

The science learning activities drafts were improved as stated in the above item. Then, they were ready to be used in the pilot study. In addition to the science learning activities, other research instruments were also ready to be used in the next step.

1.4 Pilot studying the draft of science learning activities based on 4MAT System

According to the experts' suggestions, the science learning activities were revised and a pilot study was conducted on part of the science learning activities. The science learning activities were used by the participating teacher in the classroom of sixth grade students (32) at Wat Siwaram School in January – February 2010.

1.5 Collecting and evaluating of the pilot study data

Initially, the participating teacher studied the teacher manual and discussed background knowledge for using the science learning activities with the researcher. Subsequently, the teacher studied all lesson plans, instructional materials and the activities in the manual with the researcher for one week to be ready for the pilot study.

One period prior, the science learning activities were introduced to the students. The next period of science, the students attended the science learning activities conducted by participating teacher during their regular formal school day. They participated in three lesson plans of the science learning activities which were tried out for 9 periods: 2 periods a week (1 period = 60 minutes). In this stage, students' and teacher's opinions toward the science learning activities were interviewed after the instruction using the science learning activities.

The results of the interview were analyzed to assess the effectiveness of the science learning activities. The results revealed that there were positive opinions toward science learning activities. However, there were some problems during the pilot study as follows:

1. Time management

Student took more time in order to finish the activities in each lesson plan.

2. Student's guide book

- Some scientific words in student guide book were too difficult for students to understand.

- Some activities had less detail to explain what students should do.

- Student could not design tables to record the data after they did experiments.

3. Instructional materials

There are a lot of instructional materials used in each activity. Some instructional materials were expensive, fragile or disposable, so it was not worthy to be used in the classroom.

1.6 Revising the draft of science learning activities based on 4MAT System

Some of science learning activities were tried out to check the possibility of using them in the learning activities. The results from the pilot study revealed the problems of the science learning activities; therefore, the science learning activities were revised on the following topics.

1.6.1 Student's guide book

- General sentences were added in some scientific words in order to explain to students.
- The details were added in some activities in order to explain to students.
- The tables were added in some experiments in order to be easy for students to record.

1.6.2 Time management

The time period in some lesson plans was expanded to three hours in order to give students more time in each of the activities.

1.6.3 Instructional materials

Instructional materials were applied to be easier to find from daily life and not expensive to use in the classroom. For instance, plastic droppers were used instead of glass droppers.

2. Phase two: Science Learning Activities Implementation

After revising the science learning activities according to the experts' suggestion and pilot study, pretest-posttest control group design was used in this study to evaluate the effectiveness of the science learning activities.

The science learning activities were implemented with sixth grade students from Wat Salud School during June-September 2010. The numbers of students in experimental group were 33 while the number of students in control group was 30.

The experimental group students participated in the science learning activities based on 4MAT System in all ten lesson plans during July-September 2010. The details in each lesson plan are shown in TABLE 8.

TABLE 8 A FRAMEWORK OF THE LESSON PLANS

Title of Lesson Plan	Period(s)
1. Substances	2
2. Properties of substances in three states: solid, liquid and gas	3
3. Change of state	3
4. Dissolving	3
5. Reaction	2
6. Methods for separation of homogeneous and heterogeneous matters	3
7. Substances in daily life	2
8. Colors and food coloring	3
9. Cleaning agents	3
10. Insecticides and pesticides	3
Total	27

Note: 60 minutes/period

3. Phase three: Science Learning Activities Evaluation

The data were collected from both quantitative and qualitative forms. There were collected by using 1) Achievement test, 2) Science process assessment for elementary school student, 3) The attitude toward science measure, 4) Multiple intelligences assessment, 5) The evaluation form of creative thinking, 6) students' opinion toward science learning activities interview form and 7) teacher's opinion toward science learning activities interview form. The data were analyzed to test the research hypotheses as follows:

1. Interaction between the science learning activities model and learning style of student affects students' multiple intelligences and learning outcome.

2. Students who learn through the science learning activities based on 4MAT System have higher scores of multiple intelligences and learning outcome than students who learn through the science learning activities based on the traditional method of teaching.

3. Students who learn through the science learning activities based on 4MAT System demonstrated progress in creative thinking.

4. Students who have different learning styles and learn through the science learning activities based on 4MAT System have the same scores of multiple intelligences, learning outcome and creative thinking.

5. Students who do the science learning activities based on 4MAT System have positive opinions toward the science learning activities based on 4MAT System.

6. Teacher who implements the science learning activities has positive opinions toward the science learning activities based on 4MAT System.

The results of the science learning activities implementation are presented below.

3.1 Quantitative data analysis

3.1.1 Comparison of the pretest scores of students' achievements, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences by science learning activities

The pretest score of student's achievement, science process skills, attitudes toward science, and multiple intelligences between science learning activities based on 4MAT System (experimental group) and science learning activities by using traditional method of teaching (control group) was tested by Multivariate Analysis of Variance (MANOVA). The results of MANOVA were used to specify the proper statistics in the following. The results of data analysis were shown in TABLE 9.

TABLE 9 COMPARISONS OF THE PRETEST SCORES OF STUDENTS' ACHIEVEMENTS, SCIENCE PROCESS SKILLS, ATTITUDES TOWARD SCIENCE AND MULTIPLE INTELLIGENCES BY SCIENCE LEARNING ACTIVITIES

Test	N	df	Total scores	$\bar{X}$	S.D.	F	p
Achievement							
- Experimental group	33	1	30	8.24	3.52	1.061	0.307
- Control group	30			7.37	3.20		
Science process skills							
- Experimental group	33	1	40	18.18	4.88	0.935	0.337
- Control group	30			16.60	7.65		
Attitudes toward science							
- Experimental group	33	1	180	135.45	16.99	0.143	0.707
- Control group	30			133.80	17.75		
Multiple intelligences							
- Experimental group	33	1	200	148.82	23.09	0.179	0.674
- Control group	30			146.53	19.34		

From TABLE 9, the results showed that the means of the students' achievement, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences pretest scores between experimental group (8.24, 18.18, 135.45, 148.82) and control group (7.37, 16.60, 133.80, 146.53) were not significantly different at the 0.05 level. They indicated that students in both experimental group and control group had almost the same level of achievement, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences.

3.1.2 Comparison of the pretest scores of students' achievements, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences by learning styles

The pretest score of student's achievement, science process skills, attitudes toward science, and multiple intelligences between different learning styles was tested by MANOVA. The results of MANOVA were used to specify the proper statistics in the following. The results of data analysis were shown in TABLE 10.

TABLE 10 COMPARISONS OF THE PRETEST SCORES OF STUDENTS' ACHIEVEMENTS, SCIENCE PROCESS SKILLS, ATTITUDES TOWARD SCIENCE AND MULTIPLE INTELLIGENCES BY LEARNING STYLES

Test	N	df	Total scores	$\bar{X}$	S.D.	F	p
Achievement							
- Divergent learning style	21	3	30	7.90	3.39	0.636	0.595
- Assimilative learning style	12			8.75	3.65		
- Convergent learning style	11			8.00	3.74		
- Accommodative learning style	19			7.05	3.05		
Science process skills							
- Divergent learning style	21	3	40	18.00	6.43	0.194	0.900
- Assimilative learning style	12			18.08	5.53		
- Convergent learning style	11			16.63	8.15		
- Accommodative learning style	19			16.84	6.47		
Attitudes toward science							
- Divergent learning style	21	3	180	136.00	19.68	0.656	0.582
- Assimilative learning style	12			137.92	18.48		
- Convergent learning style	11			136.45	13.82		
- Accommodative learning style	19			130.11	15.64		
Multiple intelligences							
- Divergent learning style	21	3	200	152.67	21.23	0.555	0.647
- Assimilative learning style	12			145.08	22.67		
- Convergent learning style	11			145.27	18.94		
- Accommodative learning style	19			145.37	22.31		

From TABLE 10, the results showed assimilative learning style performed the highest achievement (8.75), science process skills (18.08), and attitudes toward science (137.92) while divergent learning style performed the highest multiple intelligences (152.67). However, the comparison of the scores of students who had different learning styles showed that the mean scores of achievement, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences were not significantly different at the 0.05 level. They indicated that

students who had different learning styles had almost the same level of achievement, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences.

3.1.3 Interaction between science learning activities and learning styles on students' achievements, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences.

The Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) was used to find the interaction between science learning activities and learning styles on the students' achievement, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences. The data analysis was shown in TABLE 11.

TABLE 11 MULTIVARIATE ANALYSIS OF VARIANCE (MANOVA) RESULTS BETWEEN SCIENCE LEARNING ACTIVITIES AND LEARNING STYLES ON STUDENTS' ACHIEVEMENTS, SCIENCE PROCESS SKILLS, ATTITUDES TOWARD SCIENCE AND MULTIPLE INTELLIGENCES

Effect	Value (Wilks' Lambda)	F	Eta Square
Science learning activities	0.835	2.571*	0.165
Learning styles	0.805	0.982	0.070
Interaction between science learning activities and learning styles	0.763	1.236	0.086

* $p < 0.05$

From TABLE 11, the results showed that:

1. Interaction effects of the science learning activities and learning styles on students' achievements, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences was not significant at the 0.05 level and the effect size of the science learning activities model and learning style on 4 dependent variables (Eta Square) was 0.086, which was very low. These indicated that interaction effects of the science learning activities and learning styles were not found.

2. Effects of science learning activities on students' achievements, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences were significant at the 0.05 level and the effect size of the science learning activities on 4 variables (Eta Square) was 0.165, which was quite low. These indicated that science learning activities had little effect on the four dependent variables.

3. Effects of learning styles on students' achievements, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences were not significant at the 0.05 level and the effect size of the science learning activities on 4 variables (Eta Square) was 0.07, which was very low. These indicated that learning style did not affect the four dependent variables.

3.1.4 Comparison of the posttest scores of students' achievements, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences by science learning activities

The posttest score of student's achievement, science process skills, attitudes toward science, and multiple intelligences between science learning activities based on 4MAT System (experimental group) and science learning activities by using traditional method of teaching (control group) was tested by MANOVA. The results of MANOVA were used to specify the proper statistics in the following. The results of data analysis were shown in TABLE 12.

TABLE 12 COMPARISONS OF THE POSTTEST SCORES OF STUDENTS' ACHIEVEMENTS, SCIENCE PROCESS SKILLS, ATTITUDES TOWARD SCIENCE AND MULTIPLE INTELLIGENCES BY SCIENCE LEARNING ACTIVITIES

Test	N	df	Total scores	$\bar{X}$	S.D.	F	p
Achievement							
- Experimental group	33	1	30	12.33	5.11	9.329**	0.003
- Control group	30			8.87	3.70		
Science process skills							
- Experimental group	33	1	40	21.36	7.63	3.472	0.067
- Control group	30			18.23	5.39		
Attitudes toward science							
- Experimental group	33	1	180	141.70	15.45	4.282*	0.043
- Control group	30			134.17	13.20		
Multiple intelligences							
- Experimental group	33	1	200	152.00	21.64	1.484	0.228
- Control group	30			144.70	25.88		

*p < 0.05, **p < 0.01

From TABLE 12, the results showed that:

1. Mean of the students' achievement and attitudes toward science posttest scores in experimental group (12.33, 141.70) was higher than that in control group (8.87, 134.17) at the 0.05 level of significance.
2. Mean of the students' science process skills and multiple intelligences posttest scores between experimental group (21.36, 152.00) and control group (18.23, 144.70) were not significantly different at the 0.05 level.

3.1.5 Scores of students' creative thinking during learning through science learning activities based on 4MAT System

The score of student's creative thinking during learning through science learning activities based on 4MAT System was tested by mean value. The results of mean were used to specify the proper statistics in the following. The results of data analysis were shown in TABLE 13.



TABLE 13 SCORES OF STUDENTS' CREATIVE THINKING DURING LEARNING THROUGH SCIENCE LEARNING ACTIVITIES BEASED ON 4MAT SYSTEM

Aspects of creative thinking	Tale composing		Brochure		Mind mapping		Label		Overall	
	$\bar{X}$	Interpretation	$\bar{X}$	Interpretation	$\bar{X}$	Interpretation	$\bar{X}$	Interpretation	$\bar{X}$	Interpretation
Fluency	2.40	Moderate	2.00	Low	3.00	High	2.50	Moderate	2.48	Moderate
Flexibility	2.00	Low	2.25	Moderate	3.35	High	3.15	High	2.69	High
Originality	2.05	Moderate	2.55	Moderate	2.65	High	3.25	High	2.63	High
Elaboration	2.50	Moderate	2.60	Moderate	3.15	High	2.30	Moderate	2.64	High
Total	2.24	Moderate	2.35	Moderate	3.04	High	2.80	High	2.61	High

From TABLE 13, the results showed that the overall mean score of four tasks showed a high level of creative thinking (2.61). Examination of the score in each task revealed that tale composing about changes of states of matter, the score of creative thinking was a moderate level (2.24). For brochure about dissolving in daily life, the score of creative thinking was a moderate level (2.35). For mind mapping about classification of substances in daily life, the score of creative thinking was a high level (3.04). And label designing about cleaning agents, the score of creative thinking was a high level (2.80). The data showed that the students had gradually increasing development of creative thinking.

To see how the mean score of students' creative thinking of each task in each aspect and total was, a graph of the progress in students' creative thinking was shown in FIGURE 10.

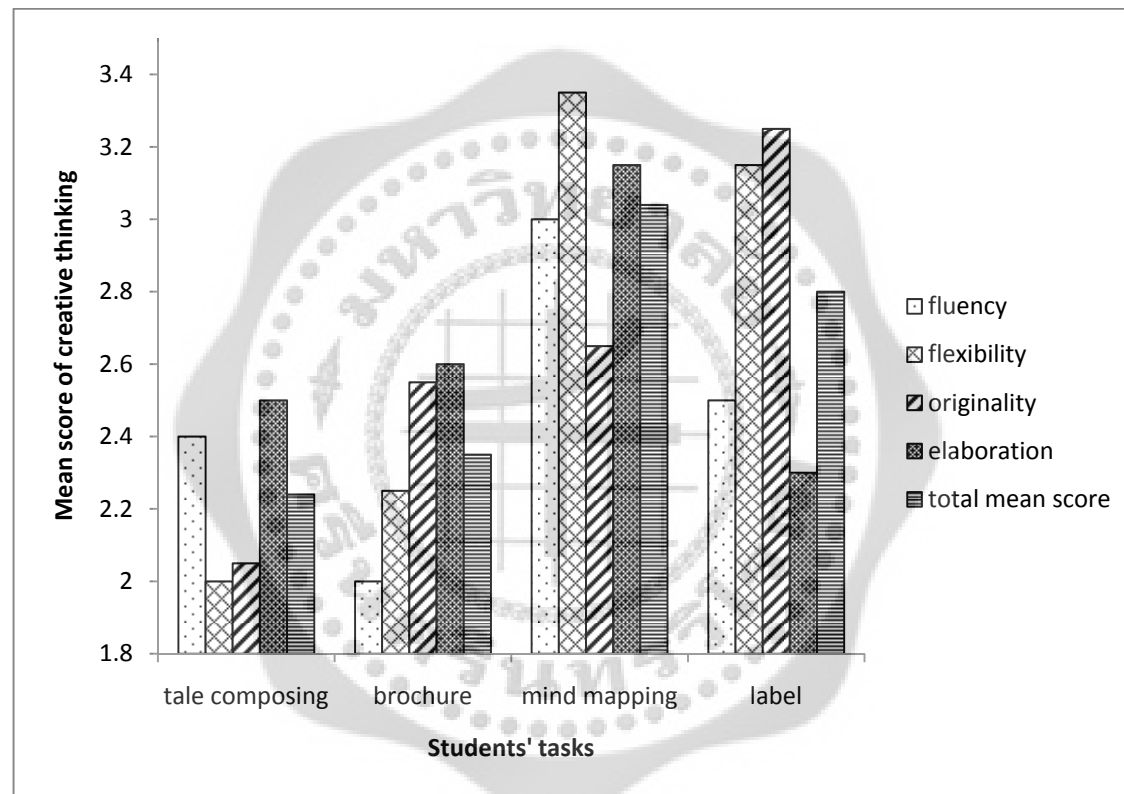


FIGURE 10 THE PROGRESS IN STUDENTS' CREATIVE THINKING

3.1.6 Comparisons of the scores of students' creative thinking during learning through science learning activities based on 4MAT System by learning style

The score of student's creative thinking during learning through science learning activities based on 4MAT System between four learning styles was tested by Kruskal Wallis. The results of mean were used to specify the proper statistics in the following. The results of data analysis were shown in TABLE 14.

TABLE 14 COMPARISONS OF THE SCORES OF STUDENTS' CREATIVE THINKING DURING LEARNING THROUGH SCIENCE LEARNING ACTIVITIES BEASED ON 4MAT SYSTEM BY LEARNING STYLES

Aspects of creative thinking	Tale composing		Brochure		Mind mapping		Label		Overall		χ^2
	$\bar{X}$	Interpretation	$\bar{X}$	Interpretation	$\bar{X}$	Interpretation	$\bar{X}$	Interpretation	$\bar{X}$	Interpretation	
Originality											0.679
- Divergent learning style	1.67	Low	2.67	High	2.83	High	3.33	High	2.62	High	
- Assimilative learning style	2.00	Low	3.00	High	2.33	Moderate	3.67	High	2.75	High	
- Convergent learning style	2.50	Moderate	2.50	Moderate	2.75	High	3.25	High	2.69	High	
- Accommodative learning style	2.43	Moderate	2.29	Moderate	2.57	Moderate	3.00	High	2.54	Moderate	

TABLE 14 (continued)

Aspects of creative thinking	Tale		Brochure		Mind mapping		Label		Overall		χ^2
	$\bar{X}$	Interpretation	$\bar{X}$	Interpretation	$\bar{X}$	Interpretation	$\bar{X}$	Interpretation	$\bar{X}$	Interpretation	
Flexibility											1.523
- Divergent learning style	1.83	Low	2.33	Moderate	3.67	High	2.83	High	2.67	High	
- Assimilative learning style	2.67	High	2.33	Moderate	3.33	High	3.33	High	2.92	High	
- Convergent learning style	2.00	Moderate	2.25	Moderate	3.50	High	3.25	High	2.75	High	
- Accommodative learning style	1.86	Low	2.14	Moderate	3.00	High	3.29	High	2.57	Moderate	
Fluency											5.087
- Divergent learning style	2.00	Low	2.00	Low	3.00	High	2.67	High	2.41	Moderate	
- Assimilative learning style	2.67	High	3.00	High	4.00	Very high	2.67	High	3.08	High	
- Convergent learning style	2.75	High	1.75	Low	3.00	High	2.50	Moderate	2.50	Moderate	
- Accommodative learning style	2.43	Moderate	1.71	Low	2.57	Moderate	2.29	Moderate	2.25	Moderate	
Elaboration											0.782
- Divergent learning style	2.50	Moderate	2.50	Moderate	2.83	High	2.33	Moderate	2.54	Moderate	
- Assimilative learning style	2.67	High	3.00	High	2.67	High	2.67	High	2.75	High	
- Convergent learning style	2.50	Moderate	2.50	Moderate	3.25	Very high	2.50	Moderate	2.69	High	
- Accommodative learning style	2.43	Moderate	2.43	Moderate	3.57	Very high	2.00	Low	2.64	High	

TABLE 14 (continued)

Aspects of creative thinking	Tale		Brochure		Mind mapping		Label		Overall		χ^2
	$\bar{X}$	Interpretation	$\bar{X}$	Interpretation	$\bar{X}$	Interpretation	$\bar{X}$	Interpretation	$\bar{X}$	Interpretation	
Total											2.175
- Divergent learning style	2.00	Low	2.38	Moderate	3.08	High	2.79	High	2.57	Moderate	
- Assimilative learning style	2.50	Moderate	2.83	High	3.08	High	3.08	High	2.88	High	
- Convergent learning style	2.38	Moderate	2.25	Moderate	3.13	High	2.81	High	2.66	High	
- Accommodative learning style	2.25	Moderate	2.18	Moderate	2.93	High	2.64	High	2.50	Moderate	

From TABLE 14, the comparison of the scores of students who had different learning styles showed that the mean scores in all aspects of creative thinking and overall were not significantly different at the 0.05 level. They indicated that students who had different learning styles and learned through science learning activities based on 4MAT System had almost the same level of creative thinking.

3.1.6 Comparison of scores of students' achievements, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences in experimental group by learning styles

The pretest score of student's achievement, science process skills, attitudes toward science, and multiple intelligences in experimental group between different learning styles was tested by MANOVA. The results of MANOVA were used to specify the proper statistics in the following. The results of data analysis were shown in TABLE 15.

TABLE 15 COMPARISONS OF THE PRETEST SCORES OF STUDENTS' ACHIEVEMENTS, SCIENCE PROCESS SKILLS, ATTITUDES TOWARD SCIENCE AND MULTIPLE INTELLIGENCES IN EXPERIMENTAL GROUP BY LEARNING STYLES

Learning style in experimental group	N	Total scores	$\bar{X}$	S.D.	F	p
Achievement						
- Divergent learning style	10	30	8.90	3.84	0.173	0.914
- Assimilative learning style	6	30	7.67	3.93		
- Convergent learning style	7	30	8.14	4.60		
- Accommodative learning style	10	30	8.00	2.40		
Science process skills						
- Divergent learning style	10	40	20.80	7.70	1.234	0.315
- Assimilative learning style	6	40	19.00	6.78		
- Convergent learning style	7	40	13.71	7.87		
- Accommodative learning style	10	40	18.20	7.66		
Attitudes toward science						
- Divergent learning style	10	180	133.40	20.72	0.213	0.887
- Assimilative learning style	6	180	139.67	20.50		
- Convergent learning style	7	180	133.14	13.06		
- Accommodative learning style	10	180	135.45	15.09		
Multiple intelligences						
- Divergent learning style	10	200	155.30	20.22	0.504	0.682
- Assimilative learning style	6	200	151.33	27.59		
- Convergent learning style	7	200	145.14	21.37		
- Accommodative learning style	10	200	143.40	25.79		

From TABLE 15, the results showed divergent learning style performed the highest achievement (8.90), science process skills (20.80), and multiple intelligences (155.30) while assimilative learning style performed the highest attitudes toward science (139.67). However, the comparison of the scores of students who had different learning styles showed that the mean scores of achievement, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences were not significantly different at the 0.05 level. They indicated that students who had different learning styles in experimental group had almost the same level of achievement, science process skills, attitudes toward science and multiple intelligences.

The posttest score of student's achievement, science process skills, attitudes toward science, multiple intelligences, and creative thinking in experimental group between different learning styles was test by MANOVA. The results of MANOVA were used to specify the proper statistics in the following. The results of data analysis were shown in TABLE 16.

TABLE 16 COMPARISONS OF THE POSTTEST SCORES OF STUDENTS' ACHIEVEMENTS, SCIENCE PROCESS SKILLS, ATTITUDES TOWARD SCIENCE, MULTIPLE INTELLIGENCES AND CREATIVE THINKING IN EXPERIMENTAL GROUP BY LEARNING STYLES

Learning styles in experimental group	N	Total scores	$\bar{X}$	S.D.	F	p
Achievement						
- Divergent learning style	10	30	12.40	5.40	0.219	0.882
- Assimilative learning style	6	30	11.83	5.60		
- Convergent learning style	7	30	11.29	5.74		
- Accommodative learning style	10	30	13.30	4.74		
Science process skills						
- Divergent learning style	10	40	22.40	8.21	0.836	0.485
- Assimilative learning style	6	40	23.50	6.32		
- Convergent learning style	7	40	17.43	7.70		
- Accommodative learning style	10	40	21.80	7.84		

TABLE 16 (continued)

Learning styles in experimental group	N	Total scores	$\bar{X}$	S.D.	F	p
Attitudes toward science						
- Divergent learning style	10	180	135.00	16.02	0.933	0.437
- Assimilative learning style	6	180	146.50	15.44		
- Convergent learning style	7	180	144.00	16.76		
- Accommodative learning style	10	180	143.90	14.06		
Multiple intelligences						
- Divergent learning style	10	200	154.90	22.65	0.459	0.713
- Assimilative learning style	6	200	158.50	23.16		
- Convergent learning style	7	200	150.43	17.74		
- Accommodative learning style	10	200	146.30	23.86		
Creative thinking						
- Divergent learning style	10	4	2.05	0.47	0.452	0.718
- Assimilative learning style	6	4	2.30	0.53		
- Convergent learning style	7	4	2.06	0.39		
- Accommodative learning style	10	4	2.12	0.43		

From TABLE 16, the results showed assimilative learning style performed the highest science process skills (23.50), attitudes toward science (146.50), multiple intelligences (158.50), and creative thinking (2.30) while accommodative learning style performed the highest achievement (13.30). However, the comparison of the scores of students who had different learning styles in experimental group showed that the mean scores of achievement, science process skills, attitudes toward science, multiple intelligences and creative thinking were not significantly different at the 0.05 level. They indicated that students who had different learning styles and learned through science learning activities based on 4MAT System had the same level of achievement, science process skills, attitudes toward science, multiple intelligences and creative thinking.

3.2 Qualitative data analysis

The qualitative data from implementation of the science learning activities based on 4MAT System were collected by student interview form and teacher interview form.

The results of these data analyzed by using analytic induction are as follows:

1. Student interviews

Thirty-two students were interviewed for 15-20 minutes, individually or pair or in small groups after they had learned through these activities. They were asked to express opinions toward the science learning activities. Results of the interviews were as follows:

TABLE 17 OPINIONS OF STUDENTS TOWARD SCIENCE LEARNING ACTIVITIES BASED ON 4MAT SYSTEM

Students' opinions	Frequency	Percentage
1. Impression of science learning about substances in daily life.		
- Doing experiments	31	96.88
- Doing activities in 10 students' guide books	2	6.25
Reasons		
- Fun and exciting	16	50.00
- Having knowledge	10	31.25
- Doing activities by themselves	5	15.63
Working in group with friends	4	12.50
- Applying knowledge in their daily life	4	12.50
2. Opinions toward science learning activities		
- Like	30	93.75
- Neutral	2	6.25
Reasons		
- Doing experiments by themselves	16	50.00
- Fun and exciting	10	31.25
Having knowledge	7	21.88

TABLE 17 (continued)

Students' opinions	Frequency	Percentage
Reasons (cont.)		
- Having skills and thinking	2	6.25
- Doing various activities	2	6.25
- Working in group with friends	2	6.25
- Applying knowledge in their daily life	2	6.25
Doing activities in 10 students' guide books	1	3.13
3. Understanding about substances in daily life		
- Increasing	32	100.00
Reasons		
- Doing experiments by themselves	25	78.13
- Doing various activities	4	12.50
- Sharing ideas and experiences with friends	2	6.25
- Applying knowledge in their everyday life	3	9.38
- Doing activities in 10 students' guide books	1	3.13
4. Opinions toward assessment		
- Like	29	90.62
- Neutral	3	9.38
Reasons		
- Getting many scores from works and experiments	28	87.50
- Having few tests	16	50.00
- Having feedback and telling scores after submitting their tasks and tests.	4	12.50
5. Suggestions		
- Having a lot of activities outside the classroom	12	37.50
- Watching video about science	10	31.25
- Adding lots of games	8	25.00

TABLE 17 (continued)

Students' opinions	Frequency	Percentage
Suggest (cont.)		
- Adding equipments and experiments	5	15.63
- Reducing the number of students' guide book	2	6.25
- Having more periods of science	1	3.13
- Asking more questions in the classroom.	1	3.13

From TABLE 17, the results showed that:

1. Ninety-seven percent of students were impressed with doing experiments because they were fun and exciting, having knowledge, doing activities by themselves, working in group with friends and applying knowledge in their daily life. Moreover, six percent of students were impressed with doing activities in students' guide books.

2. Ninety-four percent of students liked science learning activities after they learned through science learning activities based on 4MAT System because they were fun and exciting, did experiment by themselves, had knowledge, skills and thinking, worked in group with friend, applied knowledge in their daily life and did activities in students' guide books. Moreover, six percent of students felt indifferent to doing activities.

3. One hundred percent of students understood about substances in daily life better because they could do experiments by themselves, do various activities, share ideas and experiments with friends, apply knowledge in their daily life and do activities in students' guide books.

4. Ninety-one percent of students liked the way of assessment that used in science learning activities based on 4MAT System because they could get many scores from tasks and experiments, do a few tests and teacher also had feedback and told scores after submitting tasks and tests. Moreover, nine percent of students felt indifferent to the assessment.

5. Students suggested about science learning activities based on 4MAT System that they should be added the outside classroom activities, games, equipments,

experiments, questions, and videos about science and also reduced the number of students' guide books.

In addition, qualitative data from interviewing three cases study about the science learning activities based on 4MAT System were:

The first case is Student A

Student A had very good learning outcomes and she could read and write fluently. In addition, she had an accommodative learning style. She was interested in, enthusiastic and intended to learning and doing activities. She always asked questions to teacher, shared ideas with friends in classroom, delivered all tasks and was a leader in working groups. Her achievement scores, science process skills scores, attitudes toward science scores, multiple intelligences scores, and creative thinking scores after learned through science learning activities based on 4MAT System were good. Moreover, the results of her interview about science learning activities base on 4MAT System showed that:

1. Impression of science learning about substances in daily life

Student A: "I'm impressed with doing the experiments because I had both knowledge and fun."

2. The opinions toward science learning activities based on 4MAT System

Student A: "I like activities because I was fun and I could do many experiments and learned about many substances."

3. Understanding about substances in daily life

Student A: "I understand science content better because I did many experiments by myself and teacher helped me a lot when I have doubts."

4. The opinions toward assessment

Student A: "I like the way of assessment because I could get many scores from my tasks if I did them very well and it also had a few tests."

5. Students' suggestion

Student A: "I want to watch more videos about science, to explore outside the classroom and to do more experiments and games."

According to interview, Student A had positive opinions toward science learning activities because these activities were fun and allowed students to do experiments

by themselves and to work with friends that she had knowledge and understood science content better. In addition, she liked the way of assessment because she could get many scores from her tasks and it also had a few tests.

The second case is Student B

Student B had moderate learning outcomes and she could read and write fluently. In addition, she had an accommodative learning style. She was interested in, enthusiastic and intended to learning and doing activities. Sometimes, she asked questions to teacher, shared ideas with friend in classroom and delivered tasks. Her achievement scores, science process skills scores, attitudes toward science scores, multiple intelligences scores and creative thinking scores after learned through science learning activities based on 4MAT System were moderate. Moreover, results of her interview about science learning activities base on 4MAT System showed that:

1. Impression of science learning about substances in daily life

Student B: "I'm impressed with doing the experiments because I worked with my friends and talked to my teacher about substances that were used in each experiment."

2. The opinions toward science learning activities based on 4MAT System

Student B: "I like activities because they were fun and I could do many experiments, learn about many substances and also talked to my teacher."

3. Understanding about substances in daily life

Student B: "I understand science content better because I did many experiments by myself and teacher helped me a lot."

4. The opinions toward assessment

Student B: "I like the way of assessment because I could get many scores from my tasks if I did them very well and it had few tests. Moreover, my teacher had feedback and told me about my score after I submitted my tasks or tests. I could know that what I 'm wrong or correct and I could fix it properly. If my teacher didn't tell me about that, I wouldn't know that I'm wrong."

5. Students' suggestion

Student B: "I want to watch the video about science and to play more games."

According to the interview, Student B had positive opinions toward science learning activities because these activities were fun and allowed students to do experiment by themselves, to work with friends and to talk to teacher. She also understood science content better. In addition, she liked the way of assessment because she could get many scores from her tasks and it had a few tests. Teacher also gave feedback immediately about that she was wrong.

The third case is Student C

Student C had low learning outcomes and he could not read and write fluently. In addition, he had a divergent learning style. He was less interested in, enthusiastic and intended to learning and doing activities. Sometimes, he did not answer question or share ideas with friend in classroom. During working in group, he did not help his friends until they told him what he should do. Teacher needed to remind him to submit his tasks all the time. His achievement scores, science process skills scores, attitudes toward science scores, multiple intelligences and creative thinking scores after learned through science learning activities based on 4MAT System were low. Moreover, results of her interview about science learning activities base on 4MAT System showed that:

1. Impression of science learning about substances in daily life

Student C: "I'm impressed with doing the experiments because I could work with my friends and I was excited too."

2. The opinions toward science learning activities based on 4MAT System

Student C: "I like activities because they were fun and I could work with my friends."

3. Understanding about substances in daily life

Student C: "I understand science content better because my friend would explain to me when I worked in group."

4. The opinions toward assessment

Student C: "I like the way of assessment because I could get many scores from my works and it had a few tests."

5. Students' suggestion

Student C: "I want to learn outside the classroom and ask more questions in the classroom."

According to the interview, Student C had positive opinions toward science learning activities because these activities were fun and allowed students to do experiments by themselves and to work with their friends. He also understood science content better. In addition, he liked the way of assessment because he could get many scores from his works and it had a few tests.

In summary of the overall student interviews and case studies, students had positive opinions toward science learning activities based on 4MAT System because these activities were both fun and exciting and allowed students to do experiments and various activities by themselves and to work with friends. Moreover, students had knowledge, skills and thinking. They also understood science content better and applied knowledge in their everyday life. In addition, most students liked the way of assessment because they could get many scores from their tasks and had a few tests.

1. Teacher interviews

According to the teacher interview, teacher had positive opinions toward science learning activities based on 4MAT System. The responses showed positive opinions:

1) Teacher believed that these science learning activities based on 4MAT System could be a good model of science learning activity because these activities could improve all learning aspects of science such as cognitive, affective and psychomotor aspects and also improved multiple intelligences of students.

2) These activities were based on student difference. So students enjoy learning science and doing activities with their full potential.

3) Teacher had no problem about evaluation because there were clear criteria to evaluate students' tasks but it took too long time to evaluate them.

4) Teacher believed that students were interested in the learning science of science learning activities based on 4MAT System and they understood science content better. In addition, these activities could also be applied to other science courses or topics because they provided opportunity for students to do any activities by themselves and could work with their friend.

However, the teacher found some problems in teaching by using science learning activities based on 4MAT System. These problems are: 1) students' lacking of the ability of using scientific equipment and concluding experiments, 2) students' lacking of the ability of writing to communicate their thinking and understanding, and 3) limitation of time as any skill requires much time and practice. She suggested that the teacher should demonstrate using scientific equipments and explain details of objectives, procedures, record, analysis and conclusion of experiment. In addition, the teacher should provide practice for students to write for communication such answering questions and recording data etc.

In conclusion, the teacher believed that she was able to apply the science learning activities to teach other science courses or contents with science learning activities based on 4MAT System.

CHAPTER 5

CONCLUSION AND DISCUSSION

This chapter presents the conclusions of the study in relation to the purposes, hypotheses, research instruments, methodology, conclusions, discussions and recommendations.

Purposes of the Study

1. To develop the science learning activities based on 4MAT System.
2. To implement the science learning activities based on 4MAT System.
 - 2.1 To study interaction effects between the science learning activities and learning styles on students' multiple intelligences and learning outcomes.
 - 2.2 To study effects of science learning activities based on 4MAT System on students' multiple intelligences, learning outcomes and creative thinking.
 - 2.3 To study different learning styles of students who learn through the science learning activities based on 4MAT System on students' multiple intelligences, learning outcomes and creative thinking.
 - 2.4 To study the teachers' and students' opinions toward the activities based on 4MAT System.

Hypotheses of the Study

The hypotheses of the study are as follows:

1. Interaction between the science learning activities and learning styles of student affects on students' multiple intelligences and learning outcomes.
2. Students who learn through the science learning activities based on 4MAT System have higher scores of multiple intelligences, and learning outcomes than students who learn through the science learning activities based on traditional method of teaching.
3. Students who learn through the science learning activities based on 4MAT System demonstrate progress in creative thinking.

4. Students who have different learning styles and learn through the science learning activities based on 4MAT System have the same scores of multiple intelligences, learning outcomes and creative thinking.

5. Students who do the science learning activities based on 4MAT System have positive opinions toward the science learning activities based on 4MAT System.

6. Teacher who implements the science learning activities has positive opinions toward the science learning activities based on 4MAT System.

Research Instruments

The current research study consisted of eight instruments. There were learning styles questionnaires, achievement test, science process assessment for elementary school student, the attitude toward science measure, multiple intelligences assessment, the evaluation form of creative thinking, the teachers' and students' opinions toward science learning activities interview forms.

Research methodology

The research procedures were presented under the three major phases; a) science learning activities design; b) science learning activities implementation and c) science learning activities evaluation.

1. Phase one: science learning activities design

During the first phase, the science learning activities were developed to promote student's multiple intelligences. The details for science learning activities design are summarized as follows:

1.1 Studying basic data: The researcher studied related documents and gathered literature on science learning activities development, 4MAT System, learning styles of student, multiple intelligences, Thai National Education Standard, Science Education Standard, science instruction strategies and evaluation of science instruction.

1.2 Developing drafts of science learning activities: the researcher developed drafts of science learning activities based on the eight steps of 4MAT System as a teaching strategy and wrote a draft of ten lesson plans following 4MAT System. Each lesson plan consisted of: 1) learning standard, 2) indicators, 3) main concept, 4) learning objectives,

5) content, 6) materials and learning resources, 7) teaching and learning activities, 8) evaluation, 9) teacher recording, 10) questionnaires for self-assessment of student, and 11) assessment forms.

1.3 Consulting experts to examine and verify the drafts of science learning activities: lesson plans and research instruments were examined by experts who checked the content and construct validity.

1.4 Pilot studying the drafts of science learning activities based on 4MAT System: one classroom pilot testing was conducted on parts of science learning activities to explore the students' experience when they participated with science learning activities, during January – February 2010. Then the information was used to evaluate the draft of science learning activities. Finally, all feedback was used to revise the science learning activities based on a science learning activities revising guide.

2. Phase two: science learning activities implementation

The science learning activities was implemented by a teacher at Wat Salud School for 27 periods in first semester of 2010, during July – September 2010. The research design was pretest-posttest control-group design. The experimental group for the study was 33 students in one classroom. The control group was comprised of 30 students who studied science through traditional method of teaching.

3. Phase three: science learning activities evaluation

By evaluating the science learning activities based on 4MAT System, the researcher measured how effective the science learning activities were. Students' multiple intelligences, achievement, science process skill, attitudes toward science and creative thinking was assessed by using multiple intelligences assessment, achievement test, science process assessment, attitudes toward science measure and evaluation form of creative thinking. Moreover, the researcher interviewed both students and teacher who participated in science learning activities based on 4MAT System about their opinions toward the science learning activities.

Conclusions

The research findings were concluded as follows:

1. Phase one: science learning activities design

According to the basic data, the science learning activities were developed based on 4MAT System for sixth grade students.

The science learning activities were examined by three experts who had more than 10 years of experience in science teaching. Then the science learning activities were revised and implemented in one classroom as a pilot study. All information from the pilot study was used to revise the science learning activities based on science learning activities guide.

After all revision, the science learning activities were composed of ten topics that are matter, properties of matter in three states, change of states, dissolving, reaction, methods for separation of homogeneous and heterogeneous matters, substance in daily life, favors and food coloring, cleaning agents, and insecticides and pesticides. Each topic takes 2 or 3 hours for all activities in each topic to be accomplished.

Teaching strategy would follow the 4MAT System. The 4MAT System is composed of eight steps; 1) connect; 2) examine; 3) image; 4) inform; 5) practice; 6) extend; 7) refine; and 8) perform.

2. Phase two: science learning activities implementation

Science learning activities implementation was conducted based on pretest-posttest control group design. The science learning activities was studied as an independent variable with the dependent variables being the students' achievement, science process skills, attitude toward science, multiple intelligence, creative thinking and opinions toward science learning activities and teacher's opinions toward science learning activities. The participants in this study were students from Wat Salud School who studied in sixth grade.

Firstly, all participants identified their learning style by doing learning style questionnaire. After that, quantitative instruments were used to explore student's achievement, science process skills, attitude toward science and multiple intelligences as a pretest. All participants were divided into an experiment and a control group with cluster

sampling. Control group students were those who studied science by using traditional method of teaching. While the experimental group students studied science by using science learning activities based on 4MAT System for all 10 lesson plans. Secondly, during the study, creative thinking of students in experimental group was explored by assessing students' tasks. Finally, the posttest was conducted using the same quantitative instruments as in pretest. The purpose was to explore whether there were changes in the dependent variables. Moreover, students' and teacher's opinions toward science learning activities were conducted using the questionnaire.

3. Phase three: science learning activities evaluation

The evaluation was designed to determine the degree to which the science learning activities are effective in reaching the various researches related hypotheses as follows:

Hypothesis one: interaction between the science learning activities model and learning style of student affects students' multiple intelligences and learning outcomes.

This hypothesis was expected that interaction between the science learning activities and learning styles of student affects students' multiple intelligences and learning outcomes.

According to the result of this study, the interaction between the science learning activities and learning styles of student was not found. This did not support hypothesis 1.

Hypothesis two: students who learn through the science learning activities based on 4MAT System have higher scores of multiple intelligences and learning outcomes than students who learn through the science learning activities based on traditional method of teaching.

This hypothesis was expected that student who learn through the science learning activities based on 4MAT System (experimental group) would gain a higher posttest scores of multiple intelligences and learning outcomes which include achievement, science process skills and attitudes toward science than students who have learn through the science learning activities based on traditional method of teaching (control group).

According to the result of this study, before conducting the science learning activities, for all participants, the mean scores of multiple intelligences, achievement,

science process skills and attitudes toward science of pretest between experimental and control group were not significantly different at the 0.05 level. It could be assumed that the students' multiple intelligences, achievement, science process skills and attitudes toward science between experimental and control group were almost at the same level.

Since the experimental group received the treatment (science learning activities based on 4MAT System), it showed that the mean scores of achievement and attitudes toward science of the posttest between experimental and control groups were significantly different at the 0.05 level. This indicated that the students who learned through science learning activities based on 4MAT System had higher mean scores than the students who learned through the science learning activities based on traditional method of teaching. However, it was found that the mean score of multiple intelligences and science process skills of the posttest between experimental and control groups were not significantly different at the 0.05 level. This indicated that students who learned through science learning activities based on 4MAT System had the same mean scores with the other who learned through the science learning activities based on traditional method of teaching. This did not support hypothesis 2.

Hypothesis three: Students who learn through the science learning activities based on 4MAT System demonstrate progress in creative thinking.

This hypothesis was expected that students who learned through the science learning activities based on 4MAT System (experimental group) would demonstrate progress in creative thinking.

According to the result from this study, it showed that the mean scores of the creative thinking of each student's task changed in the higher score. This indicated that students who learned through the science learning activities based on 4MAT System demonstrated progress in creative thinking. This supported hypothesis 3.

Hypothesis four: students who have different learning styles and learn through the science learning activities based on 4MAT System have the same scores of multiple intelligences, learning outcomes and creative thinking.

This hypothesis was expected that students who have different learning styles and learn through the science learning activities based on 4MAT System would have the

same scores of multiple intelligences, learning outcomes (including achievement, science process skills and attitudes toward science) and creative thinking.

According the result of this study, before conducting the science learning activities, for all participants, the mean scores of multiple intelligences, achievement, science process skills and attitudes toward science of pretest of students who have divergent learning style, assimilative learning style, convergent learning style, and accommodative learning style were not significantly different at the 0.05 level. It could be assumed that the students' multiple intelligences, achievement, science process skills and attitudes toward science of divergent learning style, assimilative learning style, convergent learning style, and accommodative learning style were almost at the same level.

Since the students received the treatment (science learning activities based on 4MAT System), it showed that the mean score of multiple intelligences achievement, science process skills, attitudes toward science, and creative thinking of the posttest of students who have different learning styles were not significantly different at the 0.05 level. This indicated that students who learned through science learning activities based on 4MAT System and have divergent learning style, assimilative learning style, convergent learning style, and accommodative learning style had not different scores of multiple intelligences achievement, learning outcomes, and creative thinking. This supported hypothesis 4.

Hypothesis five: students who do the science learning activities based on 4MAT System have positive opinions toward the science learning activities based on 4MAT System.

This hypothesis was expected that students who do the science learning activities based on 4MAT System would have positive opinions toward the science learning activities.

According to the results from student interviews, the students had positive opinions toward science learning activities based on 4MAT System because these activities were both fun and exciting and allowed students to do experiments and various activities by themselves and to work with friends. Moreover, students had knowledge, skills and thinking. They also understood science content better and applied knowledge in their

everyday life. In addition, most students liked the way of assessment because they could get many scores from works and had a few tests. This supported hypothesis 5.

Hypothesis six: teacher who implements the science learning activities has positive opinions toward the science learning activities based on 4MAT System.

The hypothesis was expected that teacher who implements the science learning activities would have positive opinions toward the science learning activities.

According to the results from teacher interview, the teacher had positive opinions toward science learning activities based on 4MAT System. She claimed that these science learning activities based on 4MAT System could be a good model of science learning activity because these activities were developed on the student differences. They also could improve all learning aspects of science such as cognitive, affective and psychomotor aspects and also improved multiple intelligences of students. Moreover, the teacher was satisfied with teaching the students by using the science learning activities based on 4MAT System because students enjoyed learning science and doing activities with their full potential.

However, the teacher found some problems while teaching using science learning activities based on 4MAT System. These problems were 1) students' lack of the ability to use scientific equipment and conclude experiments, 2) students' lack of the ability to write to communicate their thinking and understanding, and 3) limitation of time as any skill requires much time and practice. In conclusion, the teacher was confident that she was able to apply the science learning activities based on 4MAT System to teach other topics. This supported hypothesis 6.

Discussions

The following are discussions on the study results:

1. Interaction between the science learning activities and learning style of student affects students' multiple intelligences and learning outcomes.

According to the result of Multivariate Analysis of Variance between the science learning activities model and learning style of student on student's multiple intelligence and learning outcomes, interaction between the science learning activities and learning style of

student was not found. This indicated that both science learning activities and four learning styles did not affect multiple intelligences and learning outcomes of students. Similarly, Pisal Pothongsangaroon (1993: abstract) studied an interaction of discovery and expository approaches in computer-assisted instruction lesson and learning styles upon mathematics learning achievement of the vocational education certificate students and found no statistically significant interaction between the use of computer-assisted instruction lesson approach and types of learning styles upon mathematics learning achievement at the 0.05 level. Furthermore, Day (1998: 73) studied the effects of world wide web instruction and traditional instruction and learning styles on achievement and changes in student attitudes in a technical writing in an agricomunication course and found that interaction effects did not occur between learning style and type of instruction (Web-dependent or traditional) on students achievement and attitudes.

2. Students who learn through the science learning activities based on 4MAT System have higher scores of multiple intelligences and learning outcomes than students who learn through the science learning activities based on traditional method of teaching.

According to the results, the mean scores of achievement and attitudes toward science of the posttest between experimental and control groups were significantly different at the 0.05 level. This supported that students who learned through science learning activities based on 4MAT System had higher mean scores of achievement and attitudes toward science than students who learned through the science learning activities based on traditional method of teaching. The results supported the finding of Bowers (1987: Abstract), Szewzyk (1987: Abstract), Winkerson and White (1988: Abstract), Vaughn (1991: Abstract), Ursin (1995: Abstract), Mullika Meehirun (2003: Abstract), Sasiwimon Sinsomros (2005: Abstract) and Pranee Wongthongdee (2007: Abstract) which found that learners who learned through learning activities based on 4MAT System had higher scores of achievement and attitude toward science than learners who learn through learning activities based on other teaching methods such as restricted-textbook, textbook approach, enrichment based on Bloom's Taxonomy, experientially-based teaching method, conventional methods, and traditional teaching method.

However, the mean score of multiple intelligences and science process skills of the posttest between experimental and control groups were not significantly different at the 0.05 level, and these results rejected the second research hypothesis. This indicated students who learned through science learning activities based on 4MAT System had the same mean scores with the other who learned through the science learning activities based on traditional method of teaching.

According to the data of multiple intelligences, the result may have been caused by the numbers of activity and limitation of time. The students conducted few activities and did not have enough time on developing multiple intelligences which required more practice and time. This statement was supported by Campbell; Campbell; & Dickinson (1999: 278) that intelligence contained a complex cluster of knowledge and skills, so teacher had to identify intelligences to develop throughout their semester or year-long courses. For example, one of the authors developed eight, year-long intelligence outcomes that he wove throughout the curriculum for his multi-age classroom of third through fifth grade students (Campbell; Campbell; & Dickinson 1999: 278). Some schools have identified multiple intelligence outcomes around which they mold their entire program. Such schools have determined the essential tasks, achievements, and habits of mind all students should exhibit. Curriculum and assessment were driven by the MI outcomes. For example, the Key School states that upon graduation each student would demonstrate the following core abilities:

- Communicate clearly in written
- Be verbally articulate in two languages
- Sing or play a musical instrument proficiently
- Use math and logic in applied areas
- Use technology as a tool for inquiry and communication
- Recreate the three-dimensional world through the visual or practical arts
- Be physically fit
- Select an applied area for inquiry, reflection, and apprenticeship
- Participate in stewardship activities with nature

- Express a capacity to care about global issues
- Participate in groups and organizations in the larger community (Campbell; & Campbell: 1999).

For science process skill, students have no different mean scores because they did not have enough time to practice any science process skills. According to Nittaya Kongpan (2003: online), in the first phase of using any learning processes, students may have less experience, so they need more time to become familiar with the learning procedure, or to do more practice. This statement was supported by S. Thomson's interview with Precharn Dechsri (Natchanok Jansawang. 2005: 86; citing Precharn Dechsri. 1994: 96). Thompson believed that each skill needed to be practiced many times. In regard to complex skills, he also believed that the fluency in each skill would improve through hundreds of attempts. Cronbach (1963: 284) also said that a skill needs large amounts of practice and time.

Therefore, the extra time and continuous practicing were needed for both multiple intelligences and science process skills. Moreover, teachers had to provide more activities and opportunities for students to use their multiple intelligences and skills for constructing the knowledge.

3. Students who learn through the science learning activities based on 4MAT System demonstrate progress in progression of creative thinking.

According to the result, the creative thinking of the students was compared to each task of students and the results supported the third research hypothesis. The scores of creative thinking demonstrate progress.

The data of creative thinking in each student's task showed that:

1) The tale composing about changes of states of matter, the students had the highest mean score for elaboration because they were good at organizing storyline, characters and scenes. However, they had the lowest score for flexibility because presentation was not interesting. The students focused on only knowledge but they did not put entertainment or motto in the stories.

2) The brochure about dissolving in daily life, the students had the highest score for elaboration because they clearly provided the content into section and put the

appropriate details. But they had the lowest score for fluency because they gave few examples about dissolving in daily life.

3) The mind mapping about classification of substances in daily life, the students had the highest score for flexibility because they gave a variety of examples about substances in daily life. However, they had the lowest score for originality because they organized a similar pattern with friends and used a colorless decoration.

4) The label designing about cleaning agents, the students had the highest score for originality because they designed a beautiful label and used colorful pictures and texts. But they had the lowest score for elaboration because they showed fewer details in components of cleaning agents.

5) In the case of mind mapping, the data showed that students had the highest score of creative thinking because they had basic skills and familiarized with mind mapping.

However, the total mean score of creative thinking showed that the students had the progressive development within 27 periods. This result was similar to many studies such as Vaughn (1991), Rotjapan Suvannatouch (2003) and Kamon Tongprawan (2008). Vaughn (1991) compared the 4MAT System of instruction with two enrichment units based on Bloom's Taxonomy with gifted third graders in a pull-out program and found that the 4MATgroup had creative thinking score higher than the control group on the final product. Rotjapan Suvannatouch (2003) studied science learning achievement and scientific creative thinking of Mathayomsuksa 1 Students Taught through 4MAT System and found that posttest scores in science learning achievement on "Environmental substances" and in scientific creative thinking of students taught through 4MAT System were significantly higher than pretest ones at the 0.01 level. Kamon Tongprawan (2008: 82-83) studied the effects of teaching physics by using 4MAT on creative thinking of Mathayomsuksa 4 students and found that after the treatment, creative thinking of the samples was higher at the significant level of 0.05. Furthermore, Huitt (2000) studied using the 4MAT System to design Web-based instruction and reported that the 4MATSystem offered an excellent model to guide the development of Web-based materials because it systematically identified specific activities that different types of students found interesting and enjoyable. It also engaged the higher order thinking of students with various activities.

Explanation for finding of the study, regarding the progressive development of creative thinking was science learning activities based on 4MAT System. The activities allowed the students learning from concepts more than contents and provided the opportunities for students expressing free opinions by teacher as a facilitator. Furthermore, these activities could also develop both the left hemisphere and the right hemisphere in eight steps and allowed students to imagine, practice, and express creatively. Especially, step 7: refine and step 8: perform emphasized the students' thinking and creating. This was supported by Wichai Wongyai (1999: 35-38) and Somsak Phoowipadawan (1994: 129-130). They stated that if both the left hemisphere and the right hemisphere of students had been continuously developed and balanced, students could increase their creative thinking. Similarly, Krause (2007: online) stated that creativity requires whole-brain thinking or whole brain process; right-brain imagination, visualization, conceptualization and intuition (incubation & illumination), plus left-brain logic thinking, analysis of facts, planning approach and organizing facts (preparation & verification). Therefore, the students who learned through the activities, continuously encourage the whole- brain, would have more creative thinking.

Additionally, the results showed that at the beginning of the study, students' creative thinking slightly increased. That may be caused by students' familiarity with the activities. At the beginning of implementing, the science learning activities based on 4MAT System were regarded as the new learning activities that the students were not familiar with. The students remained familiar with the traditional learning activities, and they still lacked courage to create the tasks or sometimes they needed guidance from the teacher in order to create them. After they participated in the activities many times, they could create the new idea on their own. Consequently, students had increased the development of creative thinking. This statement was supported by Nittaya Kongpan (2003: online), who claimed that in the first phase of using any learning processes, students may have less experience, so they need more time to become familiar with the learning procedure or to do more practice. After that, they would develop more their learning outcomes and skills. Moreover, this was similar to Wichai Wongyai (2541: 23). He stated that creative thinking could be developed and related to learning process. If students were systematically and continuously

motivated by appropriate learning process and sufficient number of learning activities, their creative thinking could grow with full potential. Similarly, Maloney; & Hopkins (1973) and Glover; & Gray (1976) demonstrated that creative thinking could be developed by continuously providing the appropriate environment or activities, reinforcing creative responses during classroom activities. Furthermore, providing the opportunities for students to face with different situations and thinking the new things could enhance the creative thinking. These finding helped to assure that the science learning activities based 4MAT System are the effective activities that could develop students 'creative thinking.

4. Students who have different learning styles and learn through the science learning activities based on 4MAT System have the same scores of multiple intelligences, learning outcomes and creative thinking.

According to the results, they showed that the mean score of multiple intelligences achievement, science process skills, attitudes toward science, and creative thinking of the posttest of students who had different learning styles were not significantly different at the 0.05 level, and these results supported the forth research hypothesis. Students who learned through science learning activities based on 4MAT System and had divergent learning style, assimilative learning style, convergent learning style, and accommodative learning style had not different scores of multiple intelligences, learning outcomes, and creative thinking. The result may have been caused by science learning activities based on 4MAT System that emphasized the different learner of four learning styles as following Kolb's experiential learning style and developed both right- and left- mode processing skills. All learners have an equal chance to learn and construct their knowledge. This statement was supported by McCarthy (1990: 31) that learning activities based on 4MAT System offers a way to accommodate, as well as challenge, all the four types of learners by appealing to their accustomed learning styles. Similarly, Jureerat Suebtrakul (2003: Abstract) studied the effects of concept mapping in hypermedia lessons based on the 4MAT System on learning achievement in life experience area on "Electricity" of pratom suksa six students with different learning styles and found that the accommodative, assimilation, convergent and divergent learning style students who learn through hypermedia lessons based on the 4MAT System had significantly increase on learning

achievement at 0.05 level. However, the accommodative, assimilation, convergent and divergent learning style students who learn through hypermedia lessons based on the 4MAT System have no significant difference on learning achievement at 0.05 level.

5. Students who do the science learning activities based on 4MAT System have positive opinions toward the science learning activities based on 4MAT System.

The opinions of students who learned through science learning activities based on 4MAT System were positive. This finding supported the fifth research hypothesis. The results were similar to many studies such as Wilkerson and White. Wilkerson and White (1988: 357) compared the effect to the 4MAT System of instruction to that of a textbook approach on the students' attitude toward instruction. It found that students who were taught by the 4MAT System of instruction were more positive attitude than through the textbook approach. Similarly, Sangster and Shulman (1988: 13-15) interviewed students about 4MAT course. They found that students' response was more enjoyable with the 4MAT course than their regular instruction. Students said they learned more and wanted to participate in more classes that used the 4MAT System. As a result of this study, students thought these activities were fun and exciting, allowed them to do experiments and various activities by themselves and worked with their friends. Moreover, they had knowledge, skills and thinking. They also understood science content better because they could apply knowledge in their everyday life. However, they wanted to have more outside classroom activities, games, equipments, experiments, questions, and also reduced the number of students' guide books during the science learning. In regard to assessment they liked the way of assessment because they could get many scores from tasks and had a few tests. Moreover, teacher also immediately gave feedback after they submitted their tasks and tests.

6. Teacher who implements the science learning activities has positive opinions toward the science learning activities based on 4MAT System.

Teacher thought science learning activities based on 4MAT System were good activities. These activities encouraged multiple intelligences of students through doing various activities. The teacher understood about 4MAT System, learning style and multiple intelligences. The contents and activities were suitable to the potential and diversity of

students. The assessment of the activities was also good because they were authentic assessment. This result was different from the first time that the researcher talked to the teacher before using the science learning activities. Those results of talking indicated that teacher did not have a good understanding about 4MAT System, learning style and multiple intelligences. But after the teacher used the science learning activities based on 4MAT System to teach science, she had more understanding about theories which were suitable to design science learning activities for students who have different potentials and learning styles. Similarly, Sangster and Shulman (1988: 13-15) found that the teacher thought that the 4MAT approach was successful in achieving the unit objectives for most of their students. The teacher also reported that students responded positively to the units. Further support for the 4MAT System came from indications of the teachers' willingness to teach the same unit again, interest in teaching other 4MAT units, interest in developing other 4MAT units and interest in attending additional workshops because of many reasons as follows: 1) they were the good design of the units; 2) the variety of activities suggested; 3) the quality of the resource provided; and 4) students seemed to enjoy the units and participated in the classroom exercises.

Recommendations

The development and implementation of science learning activities model based on 4MAT System was aimed to promote multiple intelligences of sixth grade students, to future enhance the effectiveness of these science learning activities and to stimulate students to achieve in all expected learning outcomes, the researcher recommended the guidelines:

1. Recommendations for policy making

1.1 The educational administrators should give policies for the principals as follows:

1.1.1 Teachers would survey and analyze learning styles of students.

1.1.2 Teachers would design learning activities that appropriate with different learning styles and left- and right- brain of students in order to students could

equally construct their knowledge and provide opportunities for students to develop their multiple intelligence and higher- order thinking.

1.2 The school administrators should give policies for the teacher to design science learning activities base on 4MAT System and to implement those activities in order to study effectiveness of them in all aspects of science such as cognitive, affective and psychomotor.

2. Recommendations for teachers

2.1 Atmosphere of learning through science learning activities based on 4MAT System was observed and found that most students were very interested in doing activities, enthusiastic about doing group activities and fun and happy because they did experiments and activities by themselves as well as working in groups with friends. Therefore, teachers should apply these activities for other contents and levels.

2.2 Before the instruction, the teacher should explain the criteria of evaluation to students in order to motivate their learning. This also affects the science learning activities based on 4MAT System to be more effectively.

2.3 For the development of science process skills, teachers should explain and demonstrate scientific equipments as well as the procedures of experiment for students to understand before starting to use science learning activities. Furthermore, teachers should provide variety of activities and opportunities for students to use their skills continuously. These also affect the science learning activities based on 4MAT System more effectively.

2.4 Science teachers should prepare learning activities based on 4MAT System to provide opportunities for students to do variety of activities because the study show that students who have different learning style have the same learning outcomes when they learning through science learning activities based on 4MAT System. In other words, students who have different learning style could equally construct their knowledge.

2.5 The results of this study show that students who learn through science learning activities based on 4MAT System have no different scores of multiple intelligences from students who learn through science learning activities by using traditional method of teaching. This may have been caused by the short periods of this study. Students have insufficient time to practice multiple intelligences which are complex skills and capabilities.

Therefore, it should be a longitudinal research study in order to spend more time for students to practice their multiple intelligences continuously.

3. Recommendations for further studies

3.1 Further studies about the development of multiple intelligences should be a longitudinal research study where researchers should track the development of students' multiple intelligences from time to time to see changes of their intelligence.

3.2 Further studies should be conducted to find out sufficient numbers of learning activities and appropriate time for students in which they would have more development of science process skills, as well as qualitative data collection should be included.

3.3 Further studies should be aimed to investigate learning outcomes, multiple intelligences and creative thinking of students in groups which includes four learning styles.

3.4 Further studies should explore the effects of science learning activities based on 4MAT System with other variables such as retention, creative problem solving skill.

3.5 Further studies should be comparative between the effects of science learning activities based on 4MAT System and science learning activities based on other theories such as Constructivism.



BIBLIOGRAPHY

Bibliography

- Apell, C.J. (1991). *The Effect of the 4MAT System of Instruction on Academic Achievement and Attitude in the Elementary Music Classroom*. Dissertation, Ed. D. Oregon: University of Oregon.
- Aree Panmanee. (1994). *Creative Thinking*. Bangkok: 1412 Publishing.
- Aree Taweelap. (2003). *A Study of Learning and Science Achievement of Mathayomsuksa III through Science Activity Set by 4MAT System*. Master thesis, M.Ed. (Secondary Education). Bangkok: Srinakharinwirot University. Photocopied.
- Armstrong, Thomas. (2000). *Multiple Intelligences in the Classroom*. 2nd ed. Virginia: Association for supervision and Curriculum Development.
- Arune Rodjanapaiboon. (2003). *Construction of Rubrics for Assessment of Prathom Suksa 6 Students' Creativity Reflected in Thai Language Subject Portfolios*. Master thesis, M.Ed. (Educational Measurement and Evaluation). Chiang Mai: Chiang Mai University. Photocopied.
- Asselin, S.B.; & Mooney, M. (1996). *Diverse Learners: Strategies for Success*. VA: Virginia Vocational Curriculum and Resource Center.
- Awang, Halizah; & Ramly, Ishak. (2008). Creative thinking skill approach through problem-based learning: pedagogy and practice in the engineering classroom. *International Journal of Human and Social Sciences*. 3(1): 18-23.
- Bangon Pramlerk. (2001). *A Comparison of The Effects of CIPPA MODEL and Six Thinking Hats Training on Creativity of Prathom Suksa V Students of Srabua School under Bangkok Metropolitan*. Master thesis, M.Ed. (Educational Psychology). Bangkok: Srinakharinwirot University. Photocopied.
- Bloom, B., Englehart, M., Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. Reading; MA: Addison-Wesley Publishing.
- Bogen, J. (1969). The Other Side of the Brain An Appositional Mind. *Bulletin of the Los Angeles Neurological Societies*. 34(2): 49-61.
- (1975). Some Educational Ramifications of Hemisphere Specialization. *UCLA Educator*. 17: 24-32.

- Bowers, Patricia Shane. (1987). *The Effect of the 4MAT System on Achievement and Attitudes in Science*. Available:
http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/1c/84/f1.pdf. Retrieved: October 1, 2007.
- Brown, Bettina Lankard. (2003). *Teaching Style VS. Learning Style*. (Online). Available: ERIC. Retrieved: September 21, 2008.
- Byrne, Denice. (2002). *A Study of Individual Learning Styles and Educational Multimedia Preferences: An Experiment using Self-Directed Online Learning Resources*. Available: <http://www.compapp.dcu.ie/~mfarren/denice.PDF>. Retrieved: September 21, 2008.
- Caine, G.; Caine, R.N.; & McClintic, C. (2002). Guiding the innate constructivist. *Educational Leadership*. 60(1): 70-73.
- Campbell, L. (1997). How Teachers Interpret MI Theory. *Educational Leadership*. 55(1): 14-19.
- Campbell, L.; & Campbell, B. (1999). *Multiple intelligences and student achievement: success stories from six schools*. Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Campbell, L.; Campbell, B.; & Dickinson, D. (1999). *Teaching and learning through multiple intelligences*. 2nd ed. Boston: Allyn & Bacon.
- Campbell, Melvin; & Burton, VirLynn. (1994). Learning in their own style. *Science and Children*, 31: 21-24.
- Campe, Katherine. (2006). *My Philosophy of Teaching*. Available:
<http://katherinecampe.com/resources/Teaching+Philosophy.doc>. Retrieved: March 3, 2008.
- Chaiporn Pongpisanrat. (2001). *A Comparison of the Effect of Brainstorming Techniques and Synectics Techniques on Creative Thinking of Mathayom Suksa I Students of Borvorniwet School in Bangkok*. Master thesis, M.Ed. (Guidance and Counseling Psychology). Bangkok: Srinakharinwirot University. Photocopied.

- Chan, David W. (2004). Multiple Intelligences of Chinese Gifted Students in Hong Kong: Perspectives from Students, Parents, Teachers, and Peers. *Roeper Review*. 27(1): 18-24.
- Chanida Tonphaiboon. (2002). *The Effects of Some Intellectual Abilities based on Multiple Intelligences of Prathomsuksa V in Mathematics through Wannee's Teaching Model*. Master thesis, M.Ed. (Primary Education). Bangkok: Srinakharinwirot University. Photocopied.
- Chatuporn Luechai. (2002). *A Propose Model of Organizing Integrated Non-formal Education Activities for the Provention of AIDS among Students of General Non-formal Education at Lower Secondary Education, Distance Learning Type in Bangkok Metropolis*. Master thesis, M.Ed. (Non-Formal Education). Bangkok: Chulaongkorn University. Photocopied.
- Chinnapat Bhumirat & ONCE Working Group. (2001). *Policy Research for Science Education Reform in Thailand: Executive Summary*.
- Claitt, P.J.; Shaw, M.J.; & Sherwood, J.M. (1980). Effects of Training on the Divergent Thinking Abilities of Kindergarten Children. *Child Development*. 51: 1061-1064.
- Clariana, Roy B. (1997). Colloquium: Considering learning style in computer-assisted learning. *British Journal of Educational Technology*. 28(1): 66-8.
- Claxton, Charles s. & Murrell, Patricia H. (n.d.). *Learning Styles*. (Online). ERIC Digest:ED301143 88. Available: <http://www.ntlf.com/html/lib/bib/88dig.htm>. Retrieved: September 21, 2008.
- Coren, Stanley. (1993). *The Left-Hander Syndrome: The Cause and Consequences of Left-Handedness*. New York: Vintage Book.
- Cox, Charlotte. (1997). *Balancing Innovation and Tradition to Create Learning Opportunities for All Learners*. Paper Presented at the Sixth Annual International Conference for Community & Technical College Chairs, Deans, and Other Organizational Leaders. Nevada.
- Craft, Anna. (2000). *Creativity Across the Primary Curriculum: Framing and developing practice*. New York: Routledge.

- Cronbach, Lee J. (1963). *Educational Psychology*. 2nd ed. New York: Harcourt, Brace & World, Inc.
- Davis, Stacey M.; & Franklin, Scott V. (2004). *Assessing the Impact of Student Learning Style Preferences*. [Homepage of Rochester Institute of Technology, Department of Physics]. (Online). Available: http://piggy.rit.edu/franklin/Research/Papers_n_Talks/LS.pdf . Retrieved: September 21, 2008.
- Day, Tina M. (1998). The effects of world wide web instruction and traditional instruction and learning styles on achievement and changes in student attitudes in a technical writing in an agricommmunication course. *Journal of Agricultural Education*. 39(4): 65-75.
- Della-Dora, Delmo; & Blanchard, Lois Jerry. (1979). *Moving Toward Self-Directed Learning. Highlights of Relevant Research and of Promising Practice*. Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Diaz, David P.; & Cartnal, Ryan B. (1999). Students' learning styles in two classes: online distance learning and equivalent on-campus. *College Teaching*. 47(4):130-5.
- Diehl, W.; Grobe, T.; Lopez, H.; & Cabral, C. (1999). *Project-based learning: A strategy for teaching and learning*. Boston, MA: Center for Youth Development and Education, Corporation for Business, Work, and Learning.
- Doughathai Sangwiriya. (2001). *The Effects of Using The 4MAT Lesson Plan on Learning Achievement Responsibility and Learning Attitude in The Education Population Unit and The Occupations Unit Prathomsuksa V*. Master thesis, M.Ed. (Primary Education). Bangkok: Srinakharinwirot University. Photocopied.
- Dumnern Yatuam. (2005). *The effects of science learning management on mathayomsuksa 4 students through learning cycle, learning cycle with metacognitive reflection and learning cycle with metacognitive reflection and awareness*. Dissertation, Ed.D. (Science Education). Bangkok: Srinakharinwirot University. Photocopied.
- Dunn, Rita; Beaudry, Jeffrey S.; & Klavas, Angela. (1989). Survey of Research on Learning Styles. *Educational Leadership*. 46(6): 50-58.

- Dunn, Rita; Griggs, Shirley A.; Olson, Jeffery; Beasley, Mark; & Gorman, Bernard S. (1995). A Meta-Analytic Validation of the Dunn and Dunn Model of Learning Style Preferences. *The Journal of Educational Research*. 88(6): 353-362.
- Dunn, Rita; Dunn, Kenneth; & Perrin, Janet. (1994). *Teaching Young Children Through Their Individual Learning Styles: Practical Approaches for Grades K-2*. Boston: Allyn and Bacon.
- Erawan Merngchaisong. (2004). *The Effects of Organizing Instructional Activities for Teaching Basic Science Process Skills Based on the 4MAT Learning Model*. Independent Study Report, M.Ed. (Science Education). Khon Kaen: Khon Kaen University. Photocopied.
- Fadely, Jack L.; & Hosler, Virginia N. (1983). *Case Studies in Left and Right Hemispheric Functioning*. Illinois: Charles C. Thomas Publisher.
- Felder, Richard M. (1996). Matters of Style. *ASEE Prism*. 6(4): 18-23.
- Freedman, Michle P. (1997). Relationship among Laboratory Instruction, Attitude toward Science, and Achievement in Science Knowledge. *Journal of research in Science Teaching*. 34(4): 343-357.
- Gary, D.; & Palmer, J. (2001). Learning Styles and Web-Based Learning: The 4MAT Methodology. *WebNet Journal*. p. 43, InfoTrac Web.
- Gega, Peter C.; & Peters, Joseph M. (1998). *Science in Elementary Education*. 8th ed. New Jersey: Merrill.
- Gentry, P. (1990). Perceptual Learning Style. *LinguaLinks Literacy Bookshelf. Note on Literacy*. 62.
- Glover, J.; & Gray, A.L. (1976). Procedures to Increase Some Aspects of Creativity. *Journal of Applied Behavior Analysis*. 9(1): 79-84.
- Gregory, Gayle H; & Chapman, Carolyn. (2007). *Differentiated Instructional Strategies: One Size Doesn't Fit All*. 2nd ed. California: Corwin Press.
- Griggs, S.A. (1991). *Learning Styles Counseling*. ERIC Digest. Ann Arbor: ERIC Clearinghouse on Counseling and Personnel Services, University of Michigan. Available: <http://www.ericdigests.org/1992-4/styles.htm>. Retrieved: October 21, 2008.

- Guild, P. (1997). Where Do the Learning Theories Overlap?. *Educational Leadership*. 55(1): 30-31.
- Hathairat Suadsong. (2007). *A Study of Young Children's Multiple Intelligences through Psycho-intellectual Activities*. Master thesis, M.Ed. (Early Childhood Education). Bangkok: Srinakharinwirot University. Photocopied.
- Harlen, W. (2000). *The Teaching of Science in Primary Schools*. 3rd ed. London: David Fulton Publishers.
- Harlen, W.; & Elstgeest, J. (1992). *UNESCO Sourcebook for Science in the Primary School*. Paris: UNESCO.
- Huitt, William G. (2000). *Using the 4MAT System to Design Web-based Instruction*. Available: <http://chiron.valdosta.edu/whuitt/papers/4matonweb.html>. Retrieved: October 10, 2007.
- James, W.B.; & Gardner, D.L. (1995). Learning Styles: Implications for Distance Learning. *New Directions for Adult and Continuing Education*. 67: 19-32.
- Jureerat Suebtrakul. (2003). *Effects of concept mapping in hypermedia lessons based on the 4MAT system on learning achievement in life experience area on "Electricity" of pratomsuksa sixth students with different learning styles*. Dissertation, Ph.D. (Educational Communication an Technology). Bangkok: Chulalongkorn University. Photocopied.
- Jiazeng, Li; Yanbao, Li; & Yi, Chen. (2011). *Evaluating of creative thinking of students and creativity development at Southeast University, China*. Available: <http://fie-conference.org/fie97/papers/1470.pdf>. Retrieved: February 21, 2011.
- Jirapun Thsanasri. (2005). *A comparison the third level students' achievement and attitude towards science through Cippa model and inquiry process*. Master thesis, M.Ed. (Secondary Education). Bangkok: Srinakharinwirot University. Photocopied.
- Johnson, Carla C.; Kale, Jane Butler; & Fargo, Jamison D. (2006). Effective Teaching Results in Increased Science Achievement for All Students. *Science Education*. 91: 371-383.
- Kagan, S. & Kagan, M. (1998). *Multiple intelligences: The Complete Nil Book*. California: Kagan Cooperative Learning.

- Kamon Tongprawan. (2008). *Effects of Teaching Physics by Using 4MAT on Creative Thinking of Mathayomsuksa Four Students*. Master thesis, M.Ed. (Science Education). Songkla: Prince of Songkla University. Photocopied.
- Kannaphat Nithitwaraphakun. (2007). *A Comparison of Mathayom Suksa II Students' Multiple Intelligences Abilities Through Instruction Based on Concentrated Language Encounter (Model II) and Traditional Approach*. Master thesis, M.Ed. (Secondary Education). Bangkok: Srinakharinwirot University. Photocopied.
- Kaplan, Leslie S. (1998). Using the 4MAT Instructional Model for Effective Leadership Development. *NASSP Bulletin*. 82(599): 83-92.
- Kind, Per; Jones, Karen; & Barmby, Partick. (2007). Developing Attitude towards Science Measures. *International Journal of Science Education*. 29(7): 871-893.
- Kittichai Suthasinobol. (1998). *The effects of using teacher's questioning techniques on science achievement, science process skills and group behaviors of Prathomsuksa V students*. Master thesis, M.Ed. (Elementary Education). Bangkok: Srinakharinwirot University. Photocopied.
- Kottke, J. L., & Schuster, D. J. (1990). Developing tests for measuring Bloom's learning outcomes. *Psychological Report*. 66, 27-32.
- Kozma, Robert B. (1994). Will media influence learning? reframing the debate. *Educational Technology Research and Development*. 42: 7-19.
- Krathwohl, David R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory into Practice*. 41(4): 212-218.
- Krause, Lynne. (2007). *A Whole Brain Look at Creative Thinking*. Paper Presented at American Creativity Association International Conference, Texas. Available: <http://www.amcreativityassoc.org/2007Conf-sessionmaterials-Krause.pdf>. Retrieved: May 12, 2011.
- Kwanaroon Sathakulcharoen. (2001). *An interaction between levels of learning performance and learning styles upon learning achievement in computer conferenceing of mathayomsuksa 4 students*. Master thesis, M.Ed. (Educational Technology). Bangkok: Silpakorn University. Photocopied.

- Lawrenz, Frances; & Cohen, Herbert. (1985). The Effect of Methods Classes and Practice Teaching on Student Attitudes toward Science and Knowledge of Science Processes. *Science Education*. 69(1): 105-113.
- Lefkowitz, Rose Frances. (2001). *Effects of traditional versus learning-style presentation of course content in medical/legal issues in health care on the achievement and attitudes of college students*. (Dissertation). St.John's University.
- Maloney, K.B.; & Hopkins, B.L. (1973). The Modification of Sentence Structure and Its Relationship to Subjective Judgments of Creativity in Writing. *Journal of Applied Behavior Analysis*. 6(3): 425-433.
- McCarthy, B. (1980). *The 4MAT System*. Oak-book, IL: Excel.
- (1987). *The 4MAT System: Teaching to Learning Styles with Right/Left Model Techniques*. Barrington, IL: Excel.
- (1990). Using the 4MAT System to Bring Learning Styles to Schools. *Educational Leadership*. 48(2): 31-37.
- McCormack, Alan J. (1971). Effects of Selected Teaching Methods on Creative Thinking, Self-Evaluation, and Achievement of Students Enrolled in an Elementary Science Education Methods Course. *Science Education*. 55(3): 301- 307.
- Mullika Meehirun. (2003). *A study of effect of 4MAT instruction approach on science achievement of mathayousuksa 2 students*. Master thesis, M.Sc. (Science Education). Bangkok: King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Photocopied.
- Musa, Abuagil; & Wood, J.R.G.v (2003). *Online Learning and Learning Styles*. Available: [http:// www.ece.salford.ac.uk/proceedings/papers/am_03.rtf](http://www.ece.salford.ac.uk/proceedings/papers/am_03.rtf). Retrieved: September 24, 2007.
- Namfon Prajinburawon. (2003). *A development of creative thinking skills of prathom suksa IV students of Wat Don Wai school in Changwat Nakhonprathom by using creative thinking skills exercises*. Master thesis, M.Ed. (Guidance and Counseling Psychology). Bangkok: Srinakharinwirot University. Photocopied.
- Natchanok Jansawang. (2005). *The development of a school-based elective science curriculum with an instruction of local wisdom for the lower secondary school*.

- Dissertation, Ed.D. (Science Education). Bangkok: Srinakharinwirot University.
Photocopied.
- Neisser, U. et al. (1996). Intelligence Knowns and Unknowns. *American Psychologist*. 51: 77-101.
- Nitaya Kongpun. (2003). *The development of science learning process in prathom 6 by work sheet*. Research Report. Bangkok: Thailand. Available:
<http://www.thaiedresearch.org>. Retrieved: February 21, 2011.
- Nitita Kusolpoon. (2002). *A comparison of the effects of McCarthy's learning (4MAT) and group dynamics on creativity of prathom suksa II students of Sawasdeewittaya school in Khet Vadhana, Bangkok*. Master thesis, M.Ed. (Educational Psychology). Bangkok: Srinakharinwirot University. Photocopied.
- Niya Wichaidit. (1995). *A comparative study in basic science skill of Prothomsuksa V students through the workbooks of supplementary activities promoting science process skills and the conventional plan*. Master thesis, M.Ed. (Elementary Education). Bangkok: Srinakharinwirot University. Photocopied.
- Nuntipit Pongdech. (2006). *A study on science achievement and spatial intelligence of Mathayomsuksa II students by multiple intelligence*. Master thesis, M.Ed. (Secondary Education). Bangkok: Srinakharinwirot University. Photocopied.
- Office of the National Education Commission (ONEC). (2008). *National Education Act of B.E.2542 (1999) and amendments Second National Education Act of B.E. 2545 (A.D. 2002)*. 3rd ed. Bangkok: Office of the National Education Commission.
- (2001). *Policy Research for Science Education Reform in Thailand*. Bangkok: Seven Printing Group.
- O'Tuel, Frances S. & Bullard, Ruth K. (1993). *Developing Higher Order Thinking in the Content Areas K-12*. California: Critical Thinking Press & Software.
- Pattana Phusanga. (2002). *The Development of Learning Activities in Science for Pratom Suksa VI Students on Heat and Matter by 4MAT Learning Model*. Master thesis, M.Ed. (Science Education). Khon Kaen: Khon Kaen University. Photocopied.

- Phatchariya Phetdong. (2005). *The Outcome Activity Learning and Teaching of Science for Prathomsuksa V on Sound by the 4MAT Model*. Independent Study Report, M.Ed. (Science Education). Khon Kaen: Khon Kaen University. Photocopied.
- Pimpun Thongprisit. (2005). *A Study of Multiple Intelligences Abilities of Young Children Enhancing science process activities*. Master thesis, M.Ed. (Early Childhood Education). Bangkok: Srinakharinwirot University. Photocopied.
- Pisal Pothongsangaroon. (1993). *An Interaction of Discovery and Expository Approaches in Computer-Assisted Instruction Lesson and Learning Styles Upon Mathematics Learning Achievement of the Vocational Education Certificate Students*. Dissertation, M.Ed. (Audio-Visual Education). Bangkok: Chulalongkorn University. Photocopied.
- Piyalux Potiwan. (2004). *The Development of Instructional Activities for Grade-10 Covalent Molecule Subject Based on the 4MAT Cycle of Learning*. Independent Study Report, M.Ed. (Science Education). Khon Kaen: Khon Kaen University. Photocopied.
- Prachumporn Suwantra; Sumrej Yurachai; & Puangthong Onjumrat. (1979). *Research Report: Construction of Thai writing skill package and manual to develop skill and creative thinking for second grade*. Khon Kaen: Khon Kaen University.
- Pradab Jontrakan. (2005). *A Comparison of Science Learning Achievement and Science Process Skills of Prathomsuksa 3 Students with Learning by 4MAT and Traditional Model*. Master thesis, M.Ed. (Curriculum and Instruction). Ayutthaya: Phranakhon Si Ayutthaya Pajabhat University. Photocopied.
- Pranee Wongthongdee. (2007). *The effect of 4MAT instructional system on science achievement of prathomsuksa 3 students in Wisesmuangthong School Group under Angthong educational area office*. Master thesis, M.Ed. (Curriculum and Instruction). Bangkok: Chandrakasem Rajbhat University. Photocopied.
- Prasat Isornpreeda. (1980). *Psychology of Learning and Teaching*. Bangkok: Nam Aksorn Karnpim Co., Ltd.

- Plsek, Pual E. (1996). *Model for the Creative Process*. Available:
<http://www.directedcreativity.com/pages/WPModels.html>. Retrieved: October 12, 2007.
- Puanglek Utara. (1990). *Research Report: Using toys to remedial teaching in difficult spelling for seventh grade students*. Bangkok: Pranakorn Teacher's College.
- Rotjapan Suvannatouch. (2003). *Science Learning Achievement and Scientific Creative Thinking of Mathayoum Suksa 1 Students Taught Through 4MAT System*. Master thesis, M.Ed. (Science Education). Chiang Mai: Chiang Mai University. Photocopied.
- Russ, Sandra W. (1993). *Affect and Creativity: The Role of Affect and Play in the Creative Process*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Sangster, S. & Shulman, R. (1988). *Impact of 4MAT system as a curriculum delivery model, research report*. Willowdale; Ontario: North York Board of Education.
- Santisak Phaphai. (2003). *The study of young children's multiple abilities obtained through activities applying the multiple intelligences model for learning*. Master thesis, M.Ed. (Early Childhood Education). Bangkok: Srinakharinwirot University. Photocopied.
- Sasiwimon Sinsomros. (2003). *Effects of instruction using the 4MAT learning cycle on achievement on science subject and attitudes toward science of prathomsuksa six students*. Master thesis, M.Ed. (Elementary Education). Songkla: Prince of Songkla University. Photocopied.
- Silver, H.; Strong, R.; & Perini, M. (1997). Integrating Learning Styles and Multiple Intelligences. *Educational Leadership*. 55(1): 22-27.
- Simpson, R.D. & Oliver, J.S. (1985). Attitude Toward Science and Achievement Motivation Profiles of Male and Female Science Students in Grades Six through Ten. *Science Education*. 69(4): 511-526.
- Sirinoot Teanrungraj. (2005). *The Development of an Innovative Integrated Approach to ICT-mediated Learning in Science*. Dissertation, Ed.D. (Science Education). Bangkok: Srinakharinwirot University. Photocopied.

- Smerdon, Becky A.; Burkam, David T.; & Lee, Valerie E. (1999). Access to Constructivist and Didactic Teaching: Who Gets It? Where Is It Practiced? *Teacher College Record*. 101(1): 5-34.
- Smith & Welliver Educational Service. (1994). *Science Process Assessments for Elementary School Students*. PA, State College.
- (1994). *Science Process Assessments for Middle School Students*. PA, State Collage.
- Somsak Phoowipadawan. (1994). *Techniques for Enhancing Creative Thinking*. 3rd ed. Bangkok: Tha Watana Panich, Co., Ltd.
- Starko, Alane J. (2001). *Creativity in the Classroom: Schools of Curious Delight*. 2nd ed. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Szewczyk, L. (1987). *Effect of 4MAT, an experientially-based teaching method upon achievement and selected attitudinal factors of high school geometry students*. Dissertation Ed.D. Illinois: Northern Illinois University.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2003). *National Science Curriculum Standards: The Basic Education Curriculum B.E. 2544*. Bangkok: IPST.
- Torrance, E. Pual. (1985). *Torrance Test of Creativity*. Available: <http://www.mhhe.com/mayfieldpub/psychtesting/profiles/torrance.htm>. Retrieved: October 12, 2007.
- Ursin, Valerie Dee. (1995). *Effects of the 4MAT System of instruction on achievement, products, and attitudes toward science of ninth-grade students*. Dissertation, Ph.D. Connecticut: The University of Connecticut.
- Victor, Edward. (1985). *Science for the Elementary School*. 5th ed. New York: Macmillan Publisher.
- Virinda Phongtratic. (2004). *Multiple Intelligence of Preschool Children Engaged in Outdoor Thai Traditional Plays*. Master thesis, M.Ed. (Early Childhood Education). Bangkok: Srinakharinwirot University. Photocopied.

- Vaughn, Vicki Lynn Fulton. (1991). *A comparison of the 4MAT system with two enrichment units based on Bloom's Taxonomy with Gifted third-graders in a Pull-Put Program (Four MAT System)*. Dissertation Abstracts Interational. 53.
- Wichai Wongyai. (1998). Creative Thinking: Potential to Development. *Vichakarn Journal*. 1(8): 23-25.
- . (1999). *New Paradigm: Education for Development of Individual Potential*. Bangkok: SR Printing Limited Partnership.
- Wideen, M. (1975). Comparison of student outcomes for Science - A Process Approach and traditional science teaching for third, fourth, fifth, and sixth grade classes: A product evaluation. *Journal of Research in Science Teaching*. 12: 31-39.
- Wilkerson, Rhonda M. & White, Kinnard P. (1988). Effects of the 4MAT System of Instruction on Students' Achievement, Retention, and Attitudes. *The Elementary School Journal*. 88(4): 357-368.
- Yarger, D., Thomas, R., Boysen, P., & Marlino, M. (1998). *Developing and Implementing a Constructivist Learning Environment: Translating Theory into Practice*. Available: www.pals.iastae.edu/docu/Freiburgleft/sld001.html. Retrieved: September 20, 2007.
- Zachopoulou, Evridiki; Trevlas, Efthimios; & Konstadinidou, Elisavet. (2006). The Design and Implementation of a Physical Education Program to Promote Children's Creativity in the Early Years. *International Journal of Early Years Education*. 14(3): 279-294.





APPENDIX A
The Lists of Participants

The list of experts who assessed and evaluated the research instruments

1. Dr. Rungtiwa Yamrung
Srinakharinwirot University
2. Dr. Kittichai Suthasinobol
Nakhonnayok School
3. Miss Laddawan Seangsamlee
Wat Chatkeawjongkolnee School
4. Mrs. Saipin Kijja
Wat Dhammamongkol School
5. Mr. Chalermchai Watkhaolarm
Rachawinit School

The list of teachers who participated in the research study

1. Pilot Study
Mrs. Pasika Wattana
Wat Siwaram School
2. Main Study
Mrs. Orthai Boonprong
Wat Slud School



APPENDIX B

(In Thai)

- 2.1 Teacher's Guide and Brief of Lesson Plan
- 2.2 Sample of Activities
- 2.3 Sample of Research Instruments



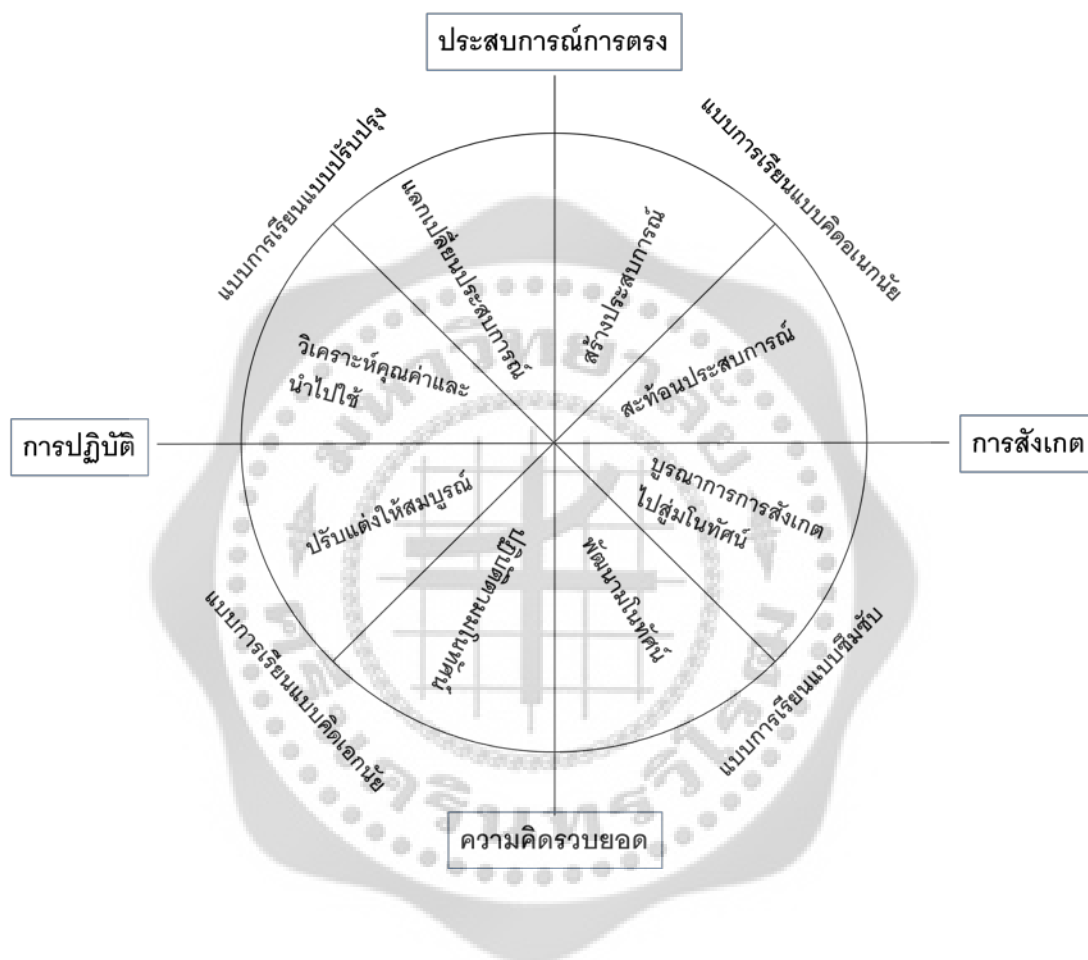
แนวคิดพื้นฐาน

นักเรียนแต่ละคนมีลักษณะหรือวิธีการเรียนรู้แตกต่างกัน บางคนมีการเรียนรู้โดยอาศัยประสบการณ์ตรง บางคนเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติ หรือบางคนมีการเรียนรู้โดยใช้การจินตนาการ นอกจากนี้นักเรียนแต่ละคนยังมีความสามารถในด้านต่างๆ ที่แตกต่างกันด้วย เช่น บางคนมีความสามารถด้านภาษา บางคนมีความสามารถด้านดนตรี หรือบางคนมีความสามารถในการทำงานเป็นทีม เป็นต้น ดังนั้นการจัดกระบวนการเรียนรู้ของครูผู้สอนควรจะเหมาะสมกับนักเรียนแต่ละประเภท รวมถึงต้องพยายามค้นหาความเก่งของนักเรียนแต่ละบุคคล และสามารถส่งเสริมศักยภาพของนักเรียนให้มีความเก่งภายใต้หนทาง วิธีการที่ถูกต้อง ดีงามและสร้างสรรค์ ซึ่งนักเรียนก็จะประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปแบบการจัดการเรียนรู้บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT

รูปแบบการจัดการเรียนรู้บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT เป็นการจัดการเรียนรู้ที่แบ่งเป็น 8 ขั้น ดังภาพข้างล่าง



ภาพแสดงวัฏจักรการเรียนรู้ของ 4MAT

อ้างอิง: McCarthy, Bernice. (1990). *Using the 4MAT System to Bring Learning Styles to Schools*. p.33.

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสร้างประสบการณ์

ครูผู้สอนกระตุ้นความสนใจและแรงจูงใจให้นักเรียนคิด โดยใช้คำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนสังเกต การออกไปปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมจริงของสิ่งที่เรียน ซึ่งเป็นขั้นที่เน้นการพัฒนาสมองซีกขวา

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสะท้อนประสบการณ์

ครูผู้สอนให้นักเรียนวิเคราะห์เหตุผลฝึกกิจกรรมกลุ่มอย่างหลากหลาย เช่น การเขียนผังมโนทัศน์ ช่วยกันระดมสมองอภิปรายร่วมกัน ซึ่งเป็นขั้นที่เน้นการพัฒนาสมองซีกซ้าย

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นบูรณาการการสังเกตไปสู่มโนทัศน์

ครูผู้สอนเน้นให้นักเรียนได้วิเคราะห์อย่างไตร่ตรอง นำความรู้ที่ได้มาเชื่อมโยงกับข้อมูลที่ได้ศึกษาค้นคว้า โดยจัดระบบการวิเคราะห์ เปรียบเทียบการจัดลำดับความสัมพันธ์ของสิ่งที่เรียน ซึ่งเป็นขั้นที่เน้นการพัฒนาสมองซีกขวา

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นพัฒนามโนทัศน์

ครูผู้สอนให้ทฤษฎี หลักการที่ลึกซึ้ง โดยเฉพาะรายละเอียดของข้อมูลต่างๆ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจ และพัฒนาความคิดรวบยอดของตนเองในเรื่องที่เรียน กิจกรรมเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนค้นคว้าจากใบความรู้ แหล่งเรียนรู้ต่างๆ สาธิตการทดลอง การใช้ห้องสมุด สื่อต่างๆ ซึ่งเป็นขั้นเน้นการพัฒนาสมองซีกซ้าย

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นปฏิบัติตามมโนทัศน์

ครูผู้สอนให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง จากใบงานทดลอง ทำแบบฝึกหัด การสรุปผลการปฏิบัติกิจกรรม สรุปผลการทดลองที่ถูกต้องชัดเจน โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถาม ข้อสงสัยก่อนปฏิบัติกิจกรรม ฝึกเลือกใช้อุปกรณ์ บันทึกผลการทดลอง โดยครูผู้สอนเป็นพี่เลี้ยง ซึ่งเป็นขั้นที่เน้นการพัฒนาสมองซีกซ้าย

ขั้นตอนที่ 6 ขั้นปรับแต่งให้สมบูรณ์

ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปรับแต่งสาระการเรียนรู้ให้แจ่มชัด ซึ่งเป็นขั้นที่เน้นการพัฒนาสมองซีกขวา

ขั้นตอนที่ 7 ขั้นวิเคราะห์คุณค่าและนำไปใช้

ครูผู้สอนให้นักเรียนได้วิเคราะห์วิจารณ์หรือหาข้อเด่น-ข้อด้อย และปรับปรุงให้สมบูรณ์ หรือประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อเชื่อมโยงกับชีวิตจริงอย่างอิสระด้วยตนเอง ซึ่งเป็นขั้นที่เน้นการพัฒนาสมองซีกซ้าย

ขั้นตอนที่ 8 ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์

ครูผู้สอนให้นักเรียนได้นำเสนอผลงานของตนเอง หรือจัดแสดงในรูปแบบต่างๆ เช่น การจัดนิทรรศการ ป้ายนิเทศ เพื่อให้เพื่อนๆ ได้ชื่นชม ซึ่งถือเป็นการแบ่งปันโอกาสทางด้านความรู้ และประสบการณ์ให้ผู้อื่นได้ซาบซึ้ง ขั้นนี้นักเรียนจะรับฟังการวิพากษ์วิจารณ์อย่างสร้างสรรค์ ยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น ซึ่งเป็นขั้นที่เน้นการพัฒนาสมองซีกขวา

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT และแบบการเรียนรู้ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน เพื่อส่งเสริมพหุปัญญาของนักเรียน มีเป้าหมายสำคัญดังต่อไปนี้

1. เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานเรื่องสาร สมบัติของสารในสถานะต่างๆ การเปลี่ยนแปลงของสาร การแยกสาร และสารที่ใช้ในชีวิตประจำวัน
2. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาพหุปัญญาของนักเรียน
3. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์
5. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์
6. เพื่อให้นักเรียนได้นำความรู้ ความเข้าใจเรื่องสาร สมบัติของสารในสถานะต่างๆ การเปลี่ยนแปลงของสาร การแยกสาร และสารที่ใช้ในชีวิตประจำวันไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

**ข้อเสนอแนะการใช้เอกสารประกอบการเรียนและคู่มือครูประกอบการสอน
เรื่อง สารในชีวิตประจำวันสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษาปีที่ 6
ที่ส่งเสริมพหุปัญญาของนักเรียน**

เอกสารประกอบการเรียน

เอกสารประกอบการเรียนเป็นเอกสารที่พัฒนาขึ้นอย่างสอดคล้องและตรงตามสาระมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และตัวชี้วัด โดยมีการนำเสนอในรูปแบบของการเชิญชวนผู้เรียนมาเรียนรู้มาร่วมกันคิด ทดลอง ลงมือปฏิบัติ ดังนั้นจึงมีภาพประกอบมากทั้งที่เป็นภาพจริงและภาพการ์ตูนประกอบเพื่อผู้เรียนจะได้เห็นวิธีการปฏิบัติ และสนุกกับการเรียนในทุกขั้นตอน นอกจากนี้จะมีคำถามเชิญชวนให้คิดแล้วยังได้เสนอแนะสิ่งต่างๆ อีก เช่น การใช้อุปกรณ์ ความรู้เพิ่มเติม การบันทึกผลการทดลอง การสืบค้นข้อมูล การสำรวจ การนำข้อมูลวิเคราะห์ และการสรุปผล

คู่มือครู

คู่มือครูเป็นเอกสารสำหรับครูผู้สอนที่จะใช้ศึกษาและวางแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นครูผู้สอนจึงจำเป็นต้องศึกษาในรายละเอียดของเรื่องต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. แนวคิดพื้นฐาน

นักเรียนแต่ละคนมีลักษณะหรือวิธีการเรียนรู้แตกต่างกัน ดังนั้นการจัดกระบวนการเรียนรู้ของครูควรจะเหมาะสมกับนักเรียนแต่ละประเภท รวมถึงต้องพยายามค้นหาความเก่งของนักเรียนแต่ละบุคคล และสามารถส่งเสริมศักยภาพของนักเรียนให้มีความเก่งภายใต้หนทาง วิธีการที่ถูกต้อง ดีงาม และสร้างสรรค์ ซึ่งนักเรียนก็จะประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT

กระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีมากมายหลายกระบวนการที่ครูผู้สอนสามารถนำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ กระบวนการเรียนบนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถพัฒนาผู้เรียนให้ได้รับความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการปลูกฝังให้ผู้เรียนรู้จักใช้ความคิดและความเก่งด้านต่างๆ ของตนเอง สืบเสาะหาความรู้หรือวิเคราะห์ได้ โดยวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT แบ่งเป็น 8 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นสร้างประสบการณ์ 2) ขั้นสะท้อนประสบการณ์ 3) ขั้นบูรณาการการสังเกตไปสู่โมโนทัศน์ 4) ขั้นพัฒนามโนทัศน์ 5) ขั้นปฏิบัติตามมโนทัศน์ 6) ขั้นปรับแต่งให้สมบูรณ์ 7) ขั้นวิเคราะห์คุณค่าและนำไปใช้ 8) ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์

3. เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้

เพื่อที่จะทราบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนั้นจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือไม่ เพียงใดจึงจำเป็นต้องมีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน และเพื่อสามารถสนองเจตนารมณ์

การเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนคิด ลงมือปฏิบัติด้วยกระบวนการหลากหลายเพื่อสร้างองค์ความรู้นั้น จะต้องเป็นการวัดและประเมินผลจากสภาพจริง และผู้สอนต้องตระหนักว่าการเรียนการสอนและการวัดผลประเมินผลเป็นกระบวนการเดียวกันและต้องวางแผนไปพร้อมๆ กัน

4. แนวปฏิบัติของการจัดการเรียนการสอน

แนวปฏิบัติของการจัดการเรียนการสอนนี้ ประกอบด้วย การปฏิบัติของผู้ใช้รูปแบบฯ หรือครูกลุ่มเป้าหมายของการใช้รูปแบบฯ และระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนตลอดทั้งโปรแกรม

5. การเตรียมความพร้อม

การเตรียมความพร้อมของครูผู้สอนเกี่ยวกับสื่อ วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล

6. บทบาทครูผู้สอน

บทบาทและหน้าที่ของครูผู้สอนในการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

7. บทบาทนักเรียน

บทบาทของนักเรียนขณะดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

8. มาตรฐานสาระการเรียนรู้ และตัวชี้วัดชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

9. ผังมโนทัศน์

เพื่อการแจ่มแจ้งให้ครูผู้สอนทราบว่าในหน่วยการเรียนรู้ เรื่องสารในชีวิตประจำวันนั้นนักเรียนจะได้เรียนรู้ในเรื่องอะไรบ้าง

10. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังเป็นการกำหนดผลการเรียนรู้ที่คาดหวังตลอดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งจะประกอบด้วยองค์ความรู้ ความสามารถของผู้เรียน และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่คาดหวังว่าผู้เรียนจะเกิดหลังจากที่ได้ทำกิจกรรมนั้นๆ แล้ว

11. กิจกรรม

กิจกรรมเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งที่ครูผู้สอนจะต้องให้ความสนใจ เพราะเป็นการเสนอแนะครูผู้สอนเกี่ยวกับกิจกรรม แนวความคิดหลัก ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง เวลาที่ใช้ทำกิจกรรม การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การเตรียมล่วงหน้า การประเมินผลในแต่ละกิจกรรม การบูรณาการ และที่สำคัญคือทุกๆ กิจกรรมเหล่านี้จะปรากฏอยู่ในหนังสือ ครูผู้สอนควรศึกษารายละเอียดในหัวข้อต่อไป

11.1 มาตรฐานสาระการเรียนรู้

มาตรฐานสาระการเรียนรู้เป็นมาตรฐานสาระการเรียนรู้ที่ 3 สารและสมบัติของสาร ซึ่งประกอบด้วย 2 มาตรฐาน คือ ว 3.1 และ ว 3.2

11.2 ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัดเป็นตัวชี้วัดของสาระการเรียนรู้ที่ 3 สารและสมบัติของสารในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งประกอบด้วย 9 ตัวชี้วัด คือ ป.6/1-ป.6/8

11.3 แนวความคิดหลัก

แนวความคิดหลักเป็นเนื้อหาสาระหลักของแต่ละกิจกรรมที่จะให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

11.4 จุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้เป็นการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ในทุกกิจกรรม ซึ่งจะประกอบด้วยองค์ความรู้ ความสามารถของผู้เรียน และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่คาดหวังว่าผู้เรียนจะเกิดหลังจากที่ได้ทำกิจกรรมนั้นๆ แล้ว

11.5 สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เป็นเนื้อหาสาระที่สรุปไว้ในแต่ละกิจกรรม เพื่อให้ครูผู้สอนได้นำไปสอนหรือสรุปให้ผู้เรียนหลังจากทำกิจกรรมแล้ว

11.6 สื่อการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้เป็นข้อมูลที่รวบรวมไว้เพื่อครูผู้สอนจะได้ทราบว่า มีสื่อการเรียนรู้อะไรบ้างที่จะต้องนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งนี้ครูผู้สอนจะต้องพิจารณาเลือกใช้สื่ออย่างเหมาะสม สื่อบางอย่างสามารถสร้างขึ้นได้เอง สื่อบางอย่างเป็นสื่อที่ทุกโรงเรียนมีอยู่แล้ว เช่น ตะเกียงแอลกอฮอล์ หลอดทดลอง หลอดหยด นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์อื่นๆ ที่ครูผู้สอนหรือนักเรียนช่วยกันจัดหาจากแหล่งการเรียนรู้ในท้องถิ่น เช่น ภูมิปัญญาท้องถิ่น พืช สัตว์ ดอกไม้ ดินต่างๆ

11.7 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

กระบวนการเรียนการสอนที่ใช้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นสามารถจัดได้หลายวิธี แต่ในที่นี้จะเน้นกระบวนการเรียนการสอนบนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT โดยจะประกอบด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน 8 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นสร้างประสบการณ์ 2) ขั้นสะท้อนประสบการณ์ 3) ขั้นบูรณาการการสังเกตไปสู่สมมติฐาน 4) ขั้นพัฒนามโนทัศน์ 5) ขั้นปฏิบัติตามมโนทัศน์ 6) ขั้นปรับแต่งให้สมบูรณ์ 7) ขั้นวิเคราะห์คุณค่าและนำไปใช้ 8) ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ซึ่งทั้ง 8 ขั้นนั้นจะสอดแทรกกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความเก่งด้านต่างๆ ของผู้เรียนในการสร้างองค์ความรู้

11.8 เวลาที่ใช้

แผนการจัดการเรียนรู้ได้เสนอแนะเวลาที่ใช้โดยประมาณเป็นชั่วโมงในแต่ละกิจกรรมไว้ ทั้งนี้ครูผู้สอนอาจจะเปลี่ยนแปลงได้ตามเหมาะสม

11.9 การประเมินผล

การประเมินผลเป็นข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการที่ใช้ในการประเมินผลในแต่ละกิจกรรมที่ครูผู้สอนสามารถดัดแปลง ตามความเหมาะสมกับสภาพจริงในสถานการณ์จริง

11.10 บรรณานุกรมประกอบท้ายเอกสารประกอบการเรียน

บรรณานุกรมเป็นแหล่งข้อมูลสำหรับครูและนักเรียนที่สามารถนำไปใช้ในการศึกษาเพิ่มเติมในหัวข้อต่างๆ



แนวปฏิบัติของการจัดการเรียนการสอน

การใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT และแบบการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมพหุปัญญาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีแนวปฏิบัติดังนี้

1. **ผู้ใช้รูปแบบฯ** : รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนี้ มีแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT และแบบการเรียนรู้ ที่ประกอบด้วยกิจกรรมหลากหลายที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้พหุปัญญาด้านต่างๆ ในการเรียนรู้ จึงอาจเป็นเรื่องยุ่งยากบ้างสำหรับครูผู้สอนที่ไม่เคยมีประสบการณ์ในการสอนด้วยเทคนิควิธีสอนที่รูปแบบฯ นำมาใช้ แต่ผู้ที่ใช้รูปแบบฯ สามารถศึกษาทำความเข้าใจและปฏิบัติตามได้โดยง่ายจากเอกสารนี้ ที่ได้พยายามกำหนดแนวปฏิบัติไว้อย่างชัดเจน

2. **กลุ่มเป้าหมาย**: นักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายของรูปแบบฯ นี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่จะทำการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่อง สารในชีวิตประจำวัน แต่ครูผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับนักเรียนในระดับชั้นอื่นได้ตามความเหมาะสม

3. ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบฯ นี้ คือ 27 คาบ

4. รูปแบบฯ นี้ใช้ควบคู่กับแผนการจัดการเรียนรู้ และเอกสารประกอบการเรียน พร้อมทั้งแนวทางการวัดและประเมินผล

5. เพื่อให้การใช้รูปแบบฯ ประสบความสำเร็จสูงสุด ในการดำเนินการตามขั้นตอนที่จะช่วยให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างได้ผลตามเป้าหมาย และประสบความสำเร็จสูงสุด ครูผู้สอนจำเป็นต้องศึกษากระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามรูปแบบให้ละเอียดก่อนการดำเนินการ ดังนี้

- * ศึกษาคู่มือคู่มือว่ารูปแบบฯ ประกอบด้วยเอกสารอะไรบ้าง
- * ศึกษาเนื้อหาในเอกสารให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ก่อนจะดำเนินการใช้
- * จัดเตรียมอุปกรณ์ และสิ่งแวดล้อมในชั้นเรียนที่เสนอแนะให้พร้อม ก่อนการใช้รูปแบบฯ

หมายเหตุ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบฯ ใช้แผนการจัดการเรียนรู้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จริงนั้น บางครั้งอาจมีการปรับเปลี่ยนให้เกิดความเหมาะสม ทั้งในเรื่องของเวลา รายละเอียดของเนื้อหาสาระให้มีความสอดคล้องกับความต้องการและความสนใจของผู้เรียนได้

การเตรียมความพร้อม

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน ตามรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT และแบบการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมพหุปัญญาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 นั้น ประกอบด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ที่ได้ออกแบบสื่อและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในหน่วยฯ และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลไว้ให้ครูสามารถนำไปใช้ได้ทันที หรืออาจนำไปปรับปรุงและเพิ่มเติมได้ตามความเหมาะสม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มากที่สุด

ครูควรเตรียมความพร้อมดังต่อไปนี้

การเตรียมสื่อและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้

กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นี้มุ่งเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหา โดยนักเรียนผู้ลงมือทำกิจกรรมต่างๆ ตามใบกิจกรรมและใบความรู้ โดยมีแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับครูใช้เป็นแนวทาง ครูจึงควรเตรียมสื่อ และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ให้อยู่ในสภาพที่ใช้การได้ดี และมีจำนวนที่เพียงพอกับนักเรียน โดยทำความเข้าใจในแผนการจัดการเรียนรู้อย่างละเอียดและชัดเจน เตรียมเอกสารนักเรียน โดยทุกกิจกรรมจะมีใบกิจกรรม พร้อมให้ครูถ่ายสำเนาเพื่อแจกให้นักเรียนทุกคน

การเตรียมเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผล

ครูผู้สอนต้องตระหนักว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลเป็นกระบวนการเดียวกัน จำเป็นต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่อง และเพื่อให้การวัดและประเมินผลได้สะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนอย่างแท้จริง ผลการประเมินควรได้มาจากแหล่งข้อมูลและวิธีการที่หลากหลาย เช่น การสังเกต การประเมินผลงานของนักเรียน บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน เป็นต้น

ดังนั้นครูควรเตรียมศึกษาวิธีการวัดและประเมินผลดังกล่าว เพื่อการเก็บข้อมูลอย่างตรงไปตรงมา และนำไปสู่การแปลผลและลงข้อสรุปที่สมเหตุสมผล

ส่วนการประเมินความรู้ในเนื้อหานั้น ครูสามารถใช้แบบวัดที่ได้ออกแบบไว้ได้

บทบาทครู

ครูมีบทบาทในฐานะผู้เอื้ออำนวยความสะดวก รับผิดชอบนำนักเรียนไปสู่ความเป็นเลิศทางวิชาการควบคู่การเรียนรู้ที่สมดุล ดำเนินการดังนี้

การใช้กลวิธีสอน

- ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ให้ใช้วิธีผสมผสานการให้ความรู้กับการปฏิบัติจริง โดยเน้นกระบวนการเรียนรู้ การคิด และกระบวนการกลุ่ม
- เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แลกเปลี่ยนความรู้หรือประสบการณ์ซึ่งกันและกัน การระดมสมองและอภิปรายกลุ่ม กับการรู้จักสื่อสารร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ ครูผู้สอนจำเป็นต้องแบ่งผู้เรียนเป็นกลุ่มย่อยๆ
- ขณะที่ครูใช้รูปแบบฯ นี้ควรสังเกตความสนใจและความถนัดของนักเรียน ว่ามีความสนใจหรือความถนัดในเรื่องใดเป็นพิเศษ เพื่อจะได้พิจารณาจัดกิจกรรมได้จากแหล่งทรัพยากรที่มีอย่างเพียงพอที่จะให้เด็กใช้ตามความสนใจ
- ใช้สื่อการสอนที่สนุกไม่น่าเบื่อ และตอบสนองความสนใจในใจใคร่รู้ของนักเรียน การนำเสนอเป็นไปตามธรรมชาติ ไม่ยัดเยียด หรือกดดันให้นักเรียนเกิดความกลัวหรือเครียด
- ใช้คำถามช่วยกระตุ้นนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้เกิดความเข้าใจในเรื่องที่กำลังเรียนรู้
- รับฟังความคิดเห็นของนักเรียน และให้ความสำคัญต่อการแสดงความคิดเห็นของนักเรียน
- อธิบายการทำกิจกรรมให้นักเรียนเข้าใจอย่างชัดเจน ด้วยภาษาที่เข้าใจ ชุ่มนวล ให้กำลังใจ และเป็นไปในเชิงสร้างสรรค์
- กำกับการทำกิจกรรมของนักเรียนให้ถูกต้อง อำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้จากการทำกิจกรรมได้
- ช่วยผู้เรียนสรุปประเด็นสาระที่เรียนรู้เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมสิ้นสุดลง

การจัดบรรยากาศการเรียนรู้

- ส่งเสริมและสร้างโอกาสให้นักเรียนมีโอกาสดแสดงความคิดเห็นหรือนำเสนอความคิดเห็นลดการถ่ายทอดความรู้จากครูให้น้อยลง
- ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างสรรค์ผลงานหรือชิ้นงาน และให้คุณค่าต่อผลงานของนักเรียนอย่างอิสระ
- สร้างบรรยากาศของความร่วมมือร่วมใจ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมอย่างเท่าเทียมกันทุกคน

การปรับปรุงพฤติกรรมการเรียนรู้

- สังเกตและประเมินนักเรียนอย่างต่อเนื่อง โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนมีพัฒนาการในภาพรวมมากกว่าจะพิจารณาจากผลการทดสอบทางวิชาการและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนประเมินตนเอง ทั้งยอมรับการประเมินจากเพื่อนและครู เพื่อปรับปรุงพฤติกรรมการเรียนรู้ของตน

การเสริมแรงและการตอบสนองของครูต่อนักเรียน

- ครูผู้สอนควรมีการให้รางวัลหรือชมเชยเมื่อผู้เรียนตอบคำถามหรือร่วมตอบข้อซักถามหรือเมื่อทำกิจกรรมได้ถูกต้อง เพื่อเป็นการสร้างแรงจูงใจ และเป็นกำลังใจให้แก่ผู้เรียน โดยเฉพาะนักเรียนในวัยนี้จะรู้สึกภูมิใจมากที่ได้รับคำชมเชย และการยอมรับจากครูและเพื่อน



บทบาทนักเรียน

บทบาทนักเรียนในฐานะผู้แสวงหาความรู้ และพัฒนาตนเองนั้น ครูผู้สอนควรชี้แนะให้นักเรียนเข้าใจบทบาทของตน โดยเฉพาะการฝึกฝนให้นักเรียนดำเนินการในเรื่องต่อไปนี้

1. ศึกษาด้วยตนเองจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ เช่น การอ่านหนังสือ แหล่งความรู้ในชุมชน และอินเทอร์เน็ต เป็นต้น
2. ศึกษา ค้นคว้า ทำรายงาน ทำกิจกรรมต่างๆ เป็นรายบุคคลและรายกลุ่ม



มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

เนื้อหาสาระของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน อยู่ในสาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังนี้

มาตรฐาน ว 3.1: เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาาสตร์ สืบสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดที่

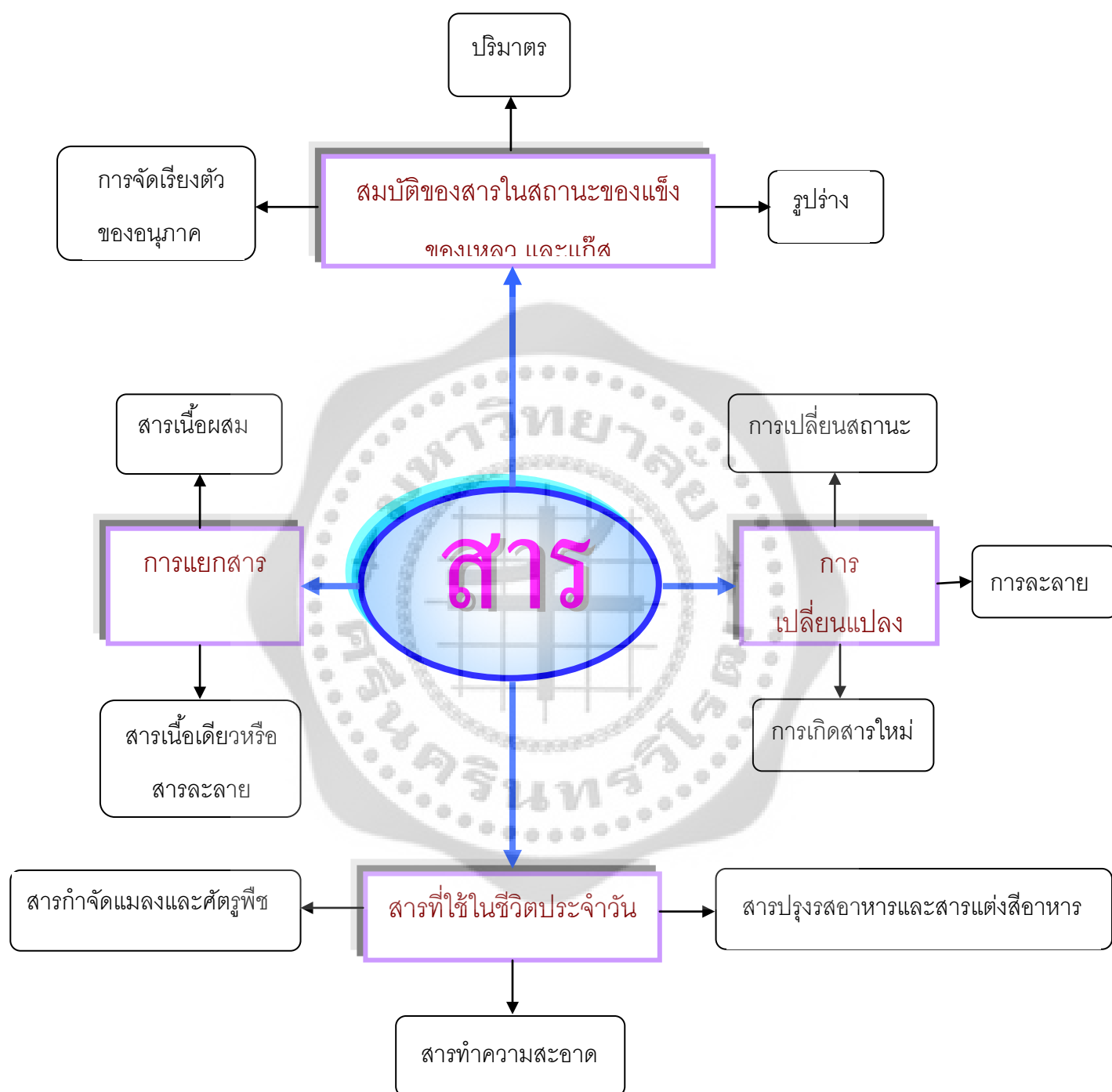
1. ทดลองและอธิบายสมบัติของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส
2. จำแนกสารเป็นกลุ่มโดยใช้สถานะหรือเกณฑ์อื่นที่กำหนดเอง
3. ทดลองและอธิบายวิธีการแยกสารบางชนิดที่ผสมกัน โดยการร่อน การตกตะกอน การกรอง การระเหิด การระเหยแห้ง
4. สำรวจและจำแนกประเภทของสารต่างๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันโดยใช้สมบัติและการใช้ประโยชน์ของสารเป็นเกณฑ์
5. อภิปรายการเลือกใช้สารแต่ละประเภทได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

มาตรฐาน ว 3.2: เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาาสตร์ สืบสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดที่

1. ทดลองและอธิบายสมบัติของสารเมื่อเกิดการละลายและเปลี่ยนสถานะ
2. วิเคราะห์และอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดสารใหม่และมีสมบัติเปลี่ยนแปลงไป
3. อธิบายการเปลี่ยนแปลงของสารที่ก่อให้เกิดผลต่อสิ่งมีชีวิต

ผังมโนทัศน์ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน



ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. วิเคราะห์องค์ประกอบของสาร และเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของสารโดยใช้เกณฑ์องค์ประกอบและสมบัติได้
2. วิเคราะห์ อธิบายสมบัติของสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส และจำแนกประเภทของสารโดยใช้สถานะเป็นเกณฑ์ หรือเกณฑ์อื่นๆ ได้
3. อธิบายเกี่ยวกับสมบัติของสาร เมื่อสารเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะ การละลาย และการเกิดสารใหม่ได้
4. วิเคราะห์และอธิบายสิ่งที่ทำให้สมบัติของสารเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะ การละลาย และการเกิดสารใหม่ได้
5. อธิบายการแยกสารด้วยวิธีการร่อน การกรอง การตกตะกอน การระเหิด หรือการระเหยแห้งได้
6. อธิบาย และจัดประเภทสารต่างๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันตามสมบัติและการใช้ประโยชน์ได้
7. ทดลอง รายงาน และสรุปผลการทดลองเกี่ยวกับเรื่องสถานะ การเปลี่ยนแปลงสถานะ การละลาย การเกิดสารใหม่ การแยกสาร และสมบัติของสารในชีวิตประจำวันได้
8. วิเคราะห์ เสนอแนะการป้องกันอันตรายที่เกิดจากการเปลี่ยนสถานะ การละลาย การเกิดสารใหม่ของสารที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้
9. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเลือกใช้สารประเภทต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน

เรื่อง สารและสสาร

เวลา 2 ชั่วโมง

สาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1: เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดที่

ป.5/1 ทดลองและอธิบายสมบัติของวัสดุชนิดต่างๆ เกี่ยวกับความยืดหยุ่น ความแข็ง ความเหนียว การนำความร้อน การนำไฟฟ้า และความหนาแน่น

ป.5/2 สืบค้นข้อมูลและอภิปรายการนำวัสดุไปใช้ในชีวิตประจำวัน

แนวความคิดหลัก

สิ่งต่างๆ รอบตัวเราทั้งสิ่งของเครื่องใช้ อาคารบ้านเรือน ต้นไม้ สัตว์ ดิน น้ำ อากาศรวมทั้งร่างกายของเราต่างก็มีสารเป็นองค์ประกอบ ซึ่งบางชนิดก็มีองค์ประกอบเหมือนกัน บางชนิดก็มีองค์ประกอบต่างกัน จึงทำให้สารแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน

จุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนสามารถ

1. วิเคราะห์องค์ประกอบของสิ่งต่างๆ ได้อย่างละเอียดรอบคอบ
2. ทดลอง รายงาน และสรุปผลเกี่ยวกับสมบัติของสารที่มีองค์ประกอบเหมือนและแตกต่างกันได้
3. เปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของสารโดยใช้เกณฑ์องค์ประกอบและสมบัติได้
4. บอกประโยชน์จากการทราบสมบัติของสารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งต่างๆ ได้
5. ร่วมกันทำงานกลุ่มได้เสร็จตามเวลาที่กำหนดได้

คุณลักษณะอันพึงประสงค์ นักเรียนมี

1. พุทธิปัญญาด้านร่างกายและการเคลื่อนไหว, ด้านการเข้าใจผู้อื่น, ด้านภาษา และด้านมิติสัมพันธ์

สาระการเรียนรู้

สสาร หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัวเรา ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้มีตัวตน มีมวล มีน้ำหนัก ต้องการที่อยู่และสัมผัส ได้ เช่น ก้อนหิน ต้นไม้ ไม้บรรทัด รถยนต์ เป็นต้น

สาร หมายถึง เนื้อของสสาร ซึ่งจะมีสมบัติเฉพาะตัวแตกต่างกันไป แล้วแต่สมบัติของสารนั้นๆ

สมบัติของสาร หมายถึง ลักษณะประจำตัวของสารแต่ละชนิดที่แตกต่างจากสารอื่นๆ สมบัติของสารแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. **สมบัติทางกายภาพ** หมายถึง สมบัติของสารที่ทราบได้จากการสังเกต หรือทดลอง เช่น สี กลิ่น รส จุดเดือด จุดหลอมเหลว ความแข็ง การนำไฟฟ้า ความหนาแน่น ลักษณะผลึก เป็นต้น
2. **สมบัติทางเคมี** หมายถึง สมบัติที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสารหนึ่งไปเป็นสารอื่นๆ เช่น การเผาถ่านเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ การเกิดสนิมบนแท่งเหล็ก เป็นต้น

สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. **สื่อประกอบการสอน** ได้แก่ เอกสารประกอบการเรียน เรื่องที่ 1 มารู้จักสารกันเถอะ, ไม้บรรทัด, ดินสอ, ยางลบ, กุญแจ, ก้อนหิน, ผลไม้
2. **สื่อประกอบการทำกิจกรรมการทดลอง** ได้แก่ เกลือแกง, น้ำตาลทราย, น้ำเปล่า, บีกเกอร์, หลอดทดลอง, ช้อนตักสาร
3. **แหล่งเรียนรู้** ได้แก่ -

กิจกรรมการเรียนการสอน	พหุปัญญา
ขั้นที่ 1 สร้างประสบการณ์ (R) 1. ครูยกตัวอย่างของสิ่งต่างๆ ที่เป็นสสาร และที่ไม่เป็นสสาร เช่น ไม้บรรทัด ดินสอ ยางลบ กุญแจ ก้อนหิน ผลไม้ อากาศ แสง เสียง คลื่นวิทยุ เป็นต้น ให้นักเรียนได้ลองสัมผัส เพื่อบอกว่าสิ่งต่างๆ เหล่านี้ - สสารมีตัวตนหรือไม่ - สสารมีน้ำหนักหรือไม่ - สสารต้องการที่อยู่หรือไม่ - สสารสามารถสัมผัสได้หรือไม่ 2. หลังจากนั้นให้นักเรียนช่วยกันจำแนกสิ่งต่างๆ เหล่านี้ โดยใช้สมบัติต่างๆ ที่นักเรียนได้สำรวจ แล้วตอบคำถามว่า - นักเรียนสามารถแยกสิ่งต่างๆ ได้เป็นกี่จำพวก อะไรบ้าง	- ร่างกายและการเคลื่อนไหว - การเข้าใจผู้อื่น

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	พหุปัญญา
(<u>แนวคำตอบ</u> 2 จำพวก คือ จำพวกที่มีตัวตน มีน้ำหนัก ต้องการที่อยู่อาศัย และสามารถสัมผัสได้ และอีกจำพวกหนึ่งนั้นจะไม่มีตัวตน ไม่มีน้ำหนัก ไม่ต้องการที่อยู่อาศัย และไม่สามารถสัมผัสได้)	
ขั้นที่ 2 สะท้อนประสบการณ์ (L) ครูให้ความรู้กับนักเรียนเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องสสารและสาร	- ภาษา
ขั้นที่ 3 บูรณาการการสังเกตไปสู่มโนทัศน์ (R) 1. นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 3 คน 2. ครูให้นักเรียนดูสิ่งของต่างๆ ที่เตรียมไว้ แล้วร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายเกี่ยวกับองค์ประกอบของสิ่งเหล่านั้น พร้อมกับเติมข้อมูลต่างๆ ลงในกิจกรรมที่ 1 มารู้จักสารกันเถอะ 3. ครูตั้งคำถามกระตุ้นนักเรียนเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับสารองค์ประกอบของสิ่งต่างๆ - จากกิจกรรมที่ 1 นักเรียนคิดว่าสิ่งต่างๆ มีสารองค์ประกอบเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร (<u>แนวคำตอบ</u> สิ่งต่างๆ มีสารองค์ประกอบแตกต่างกัน บางอย่างประกอบด้วยสารเพียงชนิดเดียว บางอย่างประกอบด้วยสารมากกว่าหนึ่งชนิด)	- มิติสัมพันธ์ - ภาษา
ขั้นที่ 4 พัฒนามโนทัศน์ (L) 1. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในประเด็นที่ว่า “สารต่างชนิดกันจะมีสมบัติแตกต่างกันหรือไม่” (<u>แนวคำตอบ</u> สารต่างชนิดกันจะมีสมบัติแตกต่างกัน เช่น สี รส กลิ่น สถานะ เป็นต้น) 2. นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมจากเอกสารประกอบการเรียน เรื่องที่ 1 มารู้จักสารกันเถอะ	- การเข้าใจผู้อื่น - ภาษา
ขั้นที่ 5 ปฏิบัติตามมโนทัศน์ (L) 1. นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 3 คน โดยทำการแบ่งตามความสมัครใจของนักเรียน 2. ครูแจกตัวอย่างเกลือ กับน้ำตาลให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของสารทั้งสองชนิดนี้ พร้อมกับออกแบบการบันทึกผลการทดลอง ตามกิจกรรมที่ 2 สมบัติเฉพาะตัวของสาร	- การเข้าใจผู้อื่น - ร่างกายและการเคลื่อนไหว

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	พหุปัญญา
ขั้นที่ 6 ขั้นปรับแต่งให้สมบูรณ์ (R) 1. นักเรียนนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน 2. ครูตั้งคำถามกระตุ้นนักเรียน เพื่อได้ข้อสรุปสำหรับกิจกรรมการทดลอง - สารทั้งสองชนิดนี้มีสมบัติเกี่ยวกับสีร และกละลายน้ำต่างกันหรือไม่ อย่างไร (แนวการตอบ เกลือกกับน้ำตาลทราย เป็นของแข็งสีขาว และละลายน้ำได้เหมือนกัน แต่มีรสแตกต่างกัน คือ เกลือกมีรสเค็ม ส่วนน้ำตาลทรายมีรสหวาน ซึ่งเป็นสมบัติเฉพาะตัวของสารทั้งสองชนิดนี้)	- ภาษา - การเข้าใจผู้อื่น
ขั้นที่ 7 ขั้นวิเคราะห์คุณค่าและนำไปใช้ (L) 1. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับสสารและกิจกรรมการทดลอง 2. ครูสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนช่วยกันวิเคราะห์เกี่ยวกับองค์ประกอบของสาร - ถ้านักเรียนพบสาร ก ซึ่งเป็นของเหลวใส จากห้องครัว และพบสาร ข ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวใสเช่นกัน จากบริเวณห้องนั่งเล่น นักเรียนจะรู้ได้อย่างไรว่าของเหลวที่พบทั้งสองบริเวณเป็นของเหลวชนิดเดียวกันหรือไม่ จงช่วยกันบอกวิธีการวิเคราะห์ 3. ครูกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละคู่ช่วยกันตอบคำถามเกี่ยวกับประโยชน์จากการทราบสารองค์ประกอบของสิ่งของต่างๆ จากกิจกรรมที่ 3 ทราบสมบัติองค์ประกอบมีประโยชน์อะไรหนอ	- ภาษา - การเข้าใจผู้อื่น
ขั้นที่ 8 ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (R) 1. นักเรียนนำเสนอความคิดของตนเองกับเพื่อนในห้องเรียน 2. ครูและนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น และสรุปความรู้ที่ได้จากการนำเสนอ	- ภาษา - การเข้าใจผู้อื่น

หมายเหตุ ขั้นที่ 1-4 ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

ขั้นที่ 5-8 ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

การประเมินผล

ตัวบ่งชี้/ พฤติกรรม	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์
ความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบของสิ่งต่างๆ ได้อย่างละเอียดรอบคอบ	ตรวจผลงานจากกิจกรรมที่ 1	แบบประเมินกิจกรรมที่ 1	ร้อยละ 80

ตัวบ่งชี้/ พฤติกรรม	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์
ความสามารถในการทดลอง รายงาน และสรุปผลเกี่ยวกับสมบัติของสาร	ตรวจผลงานจาก กิจกรรมที่ 2	แบบประเมินกิจกรรม ที่ 2	ร้อยละ 80
ความสามารถในการบอกประโยชน์ จากการทราบสมบัติของสารที่เป็น องค์ประกอบในวัสดุต่างๆ	ตรวจผลงานจาก กิจกรรมที่ 3	แบบประเมินกิจกรรม ที่ 3	ร้อยละ 80
ทักษะการทำงานกลุ่ม	การสังเกต	แบบประเมินพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	ร้อยละ 70



แบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้

คำชี้แจง

แบบบันทึกนี้ใช้สำหรับครูเพื่อบันทึกผลการเรียนรู้หลังจากที่ได้จัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้

1. ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้ของนักเรียนโดยภาพรวม

.....

.....

.....

ผลการสังเกตกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนโดยภาพรวม

.....

.....

.....

ผลการปฏิบัติงานของนักเรียนตามที่ได้รับมอบหมาย (ใบงาน/แบบฝึก/ชิ้นงาน/การนำเสนอผลงาน)

.....

.....

.....

ผลการประเมินเกี่ยวกับพหุปัญญาของนักเรียน

.....

.....

.....

ผลการประเมินเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

.....

.....

.....

ผลการประเมินบรรยากาศในการเรียนการสอน

.....

.....

.....

ผลการประเมินเจตคติของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

.....

.....

.....

ความคิดเห็นของครูต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

.....

.....

.....

.....

2. ปัญหา หรือ อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....ครู

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบประเมินตนเองของผู้เรียน

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้นประถมศึกษาที่.....ห้องที่.....เลขที่.....
 โรงเรียน.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....
 แผนการจัดการเรียนรู้ที่.....เรื่อง.....
 ผู้สอน.....

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. นักเรียนได้เรียนรู้เรื่องอะไรบ้างจากการเรียนในครั้งนี้

.....

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่านักเรียนจะสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร

.....

.....

.....

3. นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในการเรียนอะไรบ้าง อย่างไร

.....

.....

.....

4. นักเรียนชอบกิจกรรมการเรียนการสอนนี้หรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

5. นักเรียนพบปัญหา หรือ อุปสรรคอะไรบ้างในการเรียนและการทำกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งนี้

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน

เรื่อง สมบัติของสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส เวลา 3 ชั่วโมง

สาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1: เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดที่

ป.6/1 ทดลองและอธิบายสมบัติของของแข็ง ของเหลวและแก๊ส

ป.6/2 จำแนกสารเป็นกลุ่มโดยใช้สถานะหรือเกณฑ์อื่นที่กำหนดเอง

แนวความคิดหลัก

สารต่างๆ รอบตัวเรามีอยู่ 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลวและแก๊ส สารในแต่ละสถานะจะมีการจัดเรียงตัวของอนุภาคที่เป็นองค์ประกอบแตกต่างกัน ซึ่งมีผลทำให้สารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊สมีสมบัติต่างกัน

จุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนสามารถ

1. อธิบายสมบัติของสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้
2. ทดลอง รายงาน และสรุปผลการทดลองเกี่ยวกับสถานะและสมบัติของสารได้
3. สังเกตและจำแนกประเภทของสารโดยกำหนดเกณฑ์ของตนเองได้อย่างสมเหตุสมผล
4. เขียนแผนผังความคิดในการจำแนกประเภทของสารจากการสำรวจได้อย่างสร้างสรรค์

คุณลักษณะอันพึงประสงค์ นักเรียนมี

1. พหุปัญญาด้านร่างกายและการเคลื่อนไหว, ด้านภาษา, ด้านตรรกะและคณิตศาสตร์, ด้านการเข้าใจผู้อื่น, ด้านดนตรี, ด้านมิติสัมพันธ์ และด้านธรรมชาติ

สาระการเรียนรู้

สมบัติของสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

1. **ของแข็ง (Solid)** เป็นสารที่มีมวลที่แน่นอน อนุภาคภายในของแข็งมีการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ อยู่ชิดกันมาก ทำให้อนุภาคเหล่านั้นเคลื่อนไหวน้อยมาก ส่งผลให้รูปร่างและปริมาตรของของแข็งคงที่และแน่นอน

2. **ของเหลว (Liquid)** เป็นสารที่มีมวล มีปริมาตรคงที่ อนุภาคภายในของเหลวมีการจัดเรียงอนุภาคที่ไม่เป็นระเบียบ และอยู่กันอย่างหลวมๆ ไม่ชิดกัน ทำให้อนุภาคสามารถเคลื่อนที่ได้สะดวกกว่าในของแข็ง ส่งผลให้รูปร่างของของเหลวไม่แน่นอน จะเปลี่ยนแปลงไปตามรูปร่างของภาชนะที่บรรจุอยู่

3. **แก๊ส (Gas)** เป็นสารที่มีมวล ทั้งรูปร่างและปริมาตรของแก๊สจะไม่คงที่สามารถเปลี่ยนไปตามภาชนะที่บรรจุ และสามารถฟุ้งกระจายได้ เนื่องจากการจัดเรียงอนุภาคของแก๊สจะอยู่กันอย่างกระจัดกระจาย สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระทุกทิศทุกทาง

นอกจากนี้ของเหลวและแก๊สต่างก็เป็นของไหล เนื่องจากการจัดเรียงอนุภาคทั้งสองสถานะนี้สามารถเคลื่อนที่ได้ และมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะที่บรรจุ

สมบัติเฉพาะของของเหลวที่แตกต่างจากของแข็งและแก๊สคือ ผิวของของเหลวในภาชนะเดียวกันจะอยู่ในระดับเดียวกันเสมอ จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อหาแนวระดับในการก่อสร้างได้

เกณฑ์ต่างๆ ที่ใช้ในการจำแนกสาร

1. **สถานะ** สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส
2. **เนื้อสาร** สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ สารเนื้อเดียว และสารเนื้อผสม
3. **การนำไฟฟ้า** สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ สารที่นำไฟฟ้า และสารที่ไม่นำไฟฟ้า
4. **การละลายน้ำ** สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ สารที่ละลายน้ำ และสารที่ไม่ละลายน้ำ
5. **การนำความร้อน** สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ สารที่นำความร้อน และสารที่เป็นฉนวน
6. **ความเป็นโลหะ** สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ โลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ

สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. **สื่อประกอบการสอน** ได้แก่ เอกสารประกอบการเรียน เรื่องที่ 2 สมบัติของสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส, ก้อนหิน, ยางลบ, แก้วน้ำใส่น้ำ, นม, น้ำหวาน, น้ำมันพืช, น้ำตาล, สบู่, ลูกโป่งเป่าลมจนพอง, ลูกบอล, หนังสือนิทานเรื่อง กากับคนโทน้ำ
2. **สื่อประกอบการทำกิจกรรมการทดลอง** ได้แก่ สายยาง, น้ำสี, กระดาษขาว
3. **แหล่งเรียนรู้** ได้แก่ พื้นที่บริเวณรอบโรงเรียน

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	พหุปัญญา
ขั้นที่ 1 สร้างประสบการณ์ (R) 1. ครูนำตัวอย่างของก้อนหิน แก้วใส่น้ำ และลูกโป่งที่เป่าลมจนพอง วางรวมกันบนโต๊ะ แล้วให้นักเรียนออกมาสังเกตสารแต่ละชนิด 2. ครูตั้งคำถามกับนักเรียนว่า สารแต่ละชนิดมีสถานะอะไร เพราะเหตุใด	- ร่างกายและการเคลื่อนไหว - ภาษา - ตรรกะและคณิตศาสตร์
ขั้นที่ 2 สะท้อนประสบการณ์ (L) 1. นักเรียนจับฉลากเพื่อแบ่งกลุ่ม โดยในฉลากจะประกอบด้วย สถานะต่างๆ ของสาร 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส 2. เมื่อนักเรียนจับฉลากและทราบว่าตัวเองอยู่สถานะใดแล้ว ให้นักเรียนรวมกลุ่มกันกลุ่มละ 5 คน โดยสถานะเดียวกันจะอยู่กลุ่มเดียวกัน 3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับคุณสมบัติต่างๆ ของตัวอย่างสารที่อยู่ในสถานะที่กลุ่มตนเองได้รับ และนำมาสรุปให้เพื่อนฟังหน้าชั้นเรียน โดยนักเรียนจะต้องอภิปรายเกี่ยวกับ - ลักษณะโดยทั่วไปของสารตัวอย่าง - มวลของสารตัวอย่าง - ปริมาตรของสารตัวอย่าง - รูปร่างของสารตัวอย่าง	- การเข้าใจผู้อื่น - ภาษา
ขั้นที่ 3 บูรณาการการสังเกตไปสู่มโนทัศน์ (R) 1. นักเรียนแต่ละกลุ่มแสดงท่าทางแทนการจัดเรียงตัวอนุภาคของแต่ละสถานะที่กลุ่มตนเองได้รับจากการจับฉลากในครั้งแรก จากนั้นให้นักเรียนเคลื่อนที่ตามจังหวะเพลง และสังเกตการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสถานะนั้นๆ พร้อมกับบันทึกข้อมูลต่างๆ ลงในกิจกรรมที่ 4 เปลี่ยนรูปแบบร่าง 2. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลมาเสนอ และร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุป โดยครูเป็นผู้ตั้งประเด็นคำถามว่า - เพราะเหตุใด ของเหลว และแก๊สจึงไม่สามารถรักษารูปร่างหรือปริมาตรให้คงที่ได้ เหมือนกับของแข็ง (แนวการตอบ อนุภาคในของแข็งอยู่ชิดกันมาก และมีการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ ทำให้เคลื่อนไหวน้อยมาก ของแข็งจึงรักษารูปร่างและปริมาตรให้คงที่ได้ สำหรับอนุภาคในของเหลว มีการจัดเรียงตัวอย่างหลวมกันกว่าในของแข็ง และไม่เป็นระเบียบเหมือนในของแข็ง ทำให้อนุภาคเคลื่อนไหวได้มากกว่าในของแข็ง ของเหลวจึงไม่สามารถรักษารูปร่างให้คงที่ได้ โดยรูปร่างจะเปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะที่บรรจุ	- ร่างกายและการเคลื่อนไหว - ดนตรี - การเข้าใจผู้อื่น - มิติสัมพันธ์ - ภาษา - ตรรกะและคณิตศาสตร์

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	พหุปัญญา
ส่วนในแก๊ส มีที่ว่างระหว่างอนุภาคมากกว่าในของเหลว และของแข็ง จึงทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระทุกทิศทาง แก๊สจึงไม่สามารถรักษารูปร่างและปริมาตรให้คงที่ได้ โดยรูปร่างและปริมาตรของแก๊สจะเปลี่ยนแปลงไปตามรูปร่างและปริมาตรของภาชนะที่บรรจุ)	
ขั้นที่ 4 พัฒนามโนทัศน์ (L) ครูกระตุ้นนักเรียนให้คิดเกี่ยวกับสมบัติอื่นๆ ของสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยครูเล่านิทานเรื่อง “กากกับคนโทน้ำ” ให้นักเรียนฟัง แล้วให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามเพื่อให้นักเรียนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับสมบัติของของแข็ง และของเหลว ดังนี้ - ทำไมเมื่อใส่ก้อนหินลงในคนโทน้ำแล้วน้ำจึงเอ่อขึ้นมาจนเต็มคนโท (แนวคำตอบ เพราะเมื่อใส่ก้อนหินลงไป ก้อนหินจะไปแทนที่น้ำ น้ำจึงถูกแทนที่ให้สูงขึ้นไปอยู่ที่ที่ยังว่างอยู่ ถ้าใส่ก้อนหินลงไปหลายๆก้อน น้ำที่จะถูกแทนที่มากขึ้น ระดับในคนโทจึงสูงขึ้นจนเต็มคนโท) - จากการกระทำของกาสรูปได้ว่อย่างไร (แนวคำตอบ สรุปได้ว่าทั้งของแข็งและของเหลวต่างก็ต้องการที่อยู่ เมื่อของเหลวถูกของแข็งแทนที่ ของเหลวก็จะเลื่อนขึ้นไปอยู่ในที่ยังว่างอยู่)	- ภาษา - ตรรกะและคณิตศาสตร์
ขั้นที่ 5 ปฏิบัติตามมโนทัศน์ (L) นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติอีกประการหนึ่งของของเหลวตามขั้นตอนในกิจกรรมที่ 5 หาแนวระดับของน้ำ พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรม	- ร่างกายและการเคลื่อนไหว - การเข้าใจผู้อื่น - ภาษา
ขั้นที่ 6 ขั้นปรับแต่งให้สมบูรณ์ (R) 1. นักเรียนนำผลการทดลองมานำเสนอ เพื่ออภิปรายจนได้ข้อสรุป โดยครูจะเป็นผู้ถาม ดังนี้ - เมื่อนักเรียนลากเส้นผ่านตำแหน่งต่างๆ ของระดับน้ำในสายยาง เส้นที่ลากจะมีลักษณะอย่างไร (แนวคำตอบ เส้นที่ลากผ่านตำแหน่งต่างๆ ที่บันทึกได้จากระดับน้ำในสายยางมีลักษณะเป็นเส้นตรง) - นักเรียนสามารถสรุปผลการทดลองนี้ได้ว่อย่างไร (แนวคำตอบ สรุปผลการทดลองได้ว่า น้ำในภาชนะเดียวกันผิวหน้าของน้ำจะอยู่ในระดับเดียวกันเสมอ)	- การเข้าใจผู้อื่น - ภาษา

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	พหุปัญญา
- นักเรียนคิดว่าความรู้ที่ได้รับจากการทดลองนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้หรือไม่ อย่างไร (แนวการตอบ ความรู้ที่ได้รับจากการทดลองนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เพื่อหาแนวระดับในการก่อสร้าง) - นักเรียนคิดว่าของเหลวชนิดอื่นมีสมบัติเช่นนี้หรือไม่ ถ้ามีจงยกตัวอย่างประกอบ (แนวการตอบ ของเหลวชนิดอื่นก็มีสมบัติที่ว่าผิวหน้าก็อยู่ในระดับเดียวกัน เช่นเดียวกับน้ำ เช่น น้ำมัน เลือด นม เป็นต้น) 2. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่า เนื่องจากของเหลวและแก๊สมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะที่บรรจุ และยังเคลื่อนที่หรือไหลได้ด้วย ทั้งของเหลวและแก๊สจึงเป็นของไหล ซึ่งเป็นคุณสมบัติอีกประการหนึ่งของของเหลวและแก๊ส	
ขั้นที่ 7 ขั้นวิเคราะห์คุณค่าและนำไปใช้ (L) 1. นักเรียนแต่ละคนทำกิจกรรมที่ 6 ปริศนาอักษรไขว้ เพื่อเป็นการสรุปสมบัติต่างๆ ของสารแต่ละสถานะ ภายในเวลา 10 นาที 2. หลังจากนั้นนักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน ทำกิจกรรมที่ 7 สังเกตตัวเรา เพื่อเป็นการนำความรู้ที่ได้ไปใช้จำแนกสิ่งที่อยู่รอบๆ ตัวนักเรียน โดยให้นักเรียนลงไปสำรวจสิ่งต่างๆ บริเวณรอบๆ โรงเรียน ว่าสิ่งต่างๆ นั้นมีสถานะเป็นอย่างไร และสามารถทำการจำแนกสิ่งต่างๆ ได้อย่างไร	- มิติสัมพันธ์ - การเข้าใจผู้อื่น - ร่างกายและการเคลื่อนไหว - ภาษา - ธรรมชาติวิทยา
ขั้นที่ 8 ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (R) 1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการสำรวจและการจำแนกสิ่งต่างๆ หน้าชั้นเรียน 2. ครูและนักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสรุปผลที่ได้จากการสำรวจ	- ภาษา - การเข้าใจผู้อื่น

หมายเหตุ ขั้นที่ 1-4 ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง
 ขั้นที่ 5-8 ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

การประเมินผล

ตัวบ่งชี้/ พฤติกรรม	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์
อธิบายสมบัติของสารในสถานะของแข็งของเหลว และแก๊ส	ตรวจผลงานจากกิจกรรมที่ 4 และ 6	แบบประเมินกิจกรรมที่ 4 และ 6	ร้อยละ 80

ตัวบ่งชี้/ พฤติกรรม	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์
ทดลอง รายงาน และสรุปผลการทดลองเกี่ยวกับสถานะและสมบัติของสาร	ตรวจผลงานจากกิจกรรมที่ 5	แบบประเมินกิจกรรมที่ 5	ร้อยละ 80
สังเกตและจำแนกประเภทของสารโดยกำหนดเกณฑ์ของตนเองได้อย่างสมเหตุสมผล	ตรวจผลงานจากกิจกรรมที่ 7	แบบประเมินกิจกรรมที่ 7	ร้อยละ 80
เขียนแผนผังความคิดในการจำแนกประเภทของสารจากการสำรวจได้อย่างสร้างสรรค์	ตรวจแผนผังความคิดจากกิจกรรมที่ 7	แบบประเมินกิจกรรมที่ 7	ร้อยละ 70

หมายเหตุ ผลงานในกิจกรรมที่ 7 จะทำการประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนด้วย โดยใช้เกณฑ์ให้คะแนนการเขียนแผนผังความคิด



แบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้

คำชี้แจง

แบบบันทึกนี้ใช้สำหรับครูเพื่อบันทึกผลการเรียนรู้จากที่ได้จัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้

1. ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้ของนักเรียนโดยภาพรวม

.....

.....

.....

ผลการสังเกตกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนโดยภาพรวม

.....

.....

.....

ผลการปฏิบัติงานของนักเรียนตามที่ได้รับมอบหมาย (ใบงาน/แบบฝึก/ชิ้นงาน/การนำเสนอผลงาน)

.....

.....

.....

ผลการประเมินเกี่ยวกับพหุปัญญาของนักเรียน

.....

.....

.....

ผลการประเมินเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

.....

.....

.....

ผลการประเมินบรรยากาศในการเรียนการสอน

.....

.....

.....

ผลการประเมินเจตคติของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

.....

.....

.....

ความคิดเห็นของครูต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

.....

.....

.....

2. ปัญหา หรือ อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....ครู

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบประเมินตนเองของผู้เรียน

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้นประถมศึกษาที่.....ห้องที่.....เลขที่.....
 โรงเรียน.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....
 แผนการจัดการเรียนรู้ที่.....เรื่อง.....
 ผู้สอน.....

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. นักเรียนได้เรียนรู้เรื่องอะไรบ้างจากการเรียนในครั้งนี้

.....

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่านักเรียนจะสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร

.....

.....

.....

3. นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในการเรียนอะไรบ้าง อย่างไร

.....

.....

.....

4. นักเรียนชอบกิจกรรมการเรียนการสอนนี้หรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

5. นักเรียนพบปัญหา หรือ อุปสรรคอะไรบ้างในการเรียนและการทำกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งนี้

.....

.....

.....

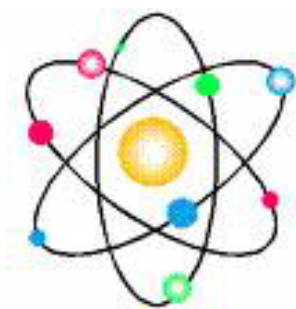


เรื่องที่ 1
มารู้จักสารกันแดด



สารบัญเอกสารประกอบการเรียนของนักเรียน
เรื่องที่ 1 มารู้จักสารกันเถอะ

1.1 ความหมายของสารและสสาร	1-3
- สาร	1-4
- สสาร	1-4
- กิจกรรมที่ 1 มารู้จักสารกันเถอะ	1-5
1.2 สมบัติของสิ่งต่างๆ	1-6
- สมบัติของสาร	1-6
- สมบัติทางกายภาพ	1-6
- สมบัติทางเคมี	1-6
- กิจกรรมที่ 2 สมบัติเฉพาะตัวของสาร	1-7
- กิจกรรมที่ 3 ทราบสมบัติองค์ประกอบมีประโยชน์อะไรหนอ	1-10
บรรณานุกรมของเรื่องที่ 1	1-11



มารู้จักสารกันเถอะ



สารคืออะไรนะ
มาช่วยกันหาคำตอบดีกว่า

แบบนี้เรียกว่าสารไหม?



1.1 ความหมายของสารและสสาร

รอบตัวเรามีสิ่งต่าง ๆ มากมาย สิ่งเหล่านี้มีตัวตน ต้องการที่อยู่ มีน้ำหนักและสัมผัสได้ เราเรียกว่า **สสาร** เช่น ดินไม้ ก้อนหิน ผลไม้ ดินสอ ไม้บรรทัด รถยนต์ เป็นต้น ซึ่งสสารจะประกอบด้วยสาร เช่น

- ไม้บรรทัด ประกอบด้วย พลาสติก
- กุญแจ ประกอบด้วย ทองเหลือง และเหล็ก
- เกลือแกง ประกอบด้วย โขเดียมคลอไรด์

ดังนั้น พลาสติก ทองเหลือง เหล็ก โขเดียมคลอไรด์ จึงเป็น **สาร**



สสาร (Matter) หมายถึง สิ่งที่มีตัวตน มีมวลมีน้ำหนัก ต้องการที่อยู่และสัมผัสได้
เช่น อากาศ ทองคำ เงิน เหล็ก เป็นต้น

สาร (Substance) หมายถึง สสารที่มีสมบัติเฉพาะตัว เช่น ความหนาแน่น
จุดเดือด จุดหลอมเหลว การติดไฟ เป็นต้น

นำรู้

ตัวอย่างของสิ่งที่ไม่ใช่สสาร เช่น แสง เสียง เป็นต้น เพราะทั้งแสงและเสียงนั้นไม่มีมวล
ไม่มีน้ำหนัก



วัสดุต่างๆ จะมีองค์ประกอบอะไรบ้าง เราลองมาทำ

กิจกรรมที่ 1: มารู้จักสารกันเถอะ เพื่อบอก

องค์ประกอบของวัสดุแต่ละชนิดกัน





กิจกรรมที่ 1 มารู้จักสารกันเถอะ

คำชี้แจง ให้นักเรียนดูสิ่งของต่างๆ แล้วเขียนบอกสารองค์ประกอบของสิ่งที่อยู่ในภาพ
จุดประสงค์

1. นักเรียนวิเคราะห์ และบอกองค์ประกอบของสิ่งต่างๆ ได้

อุปกรณ์และสารเคมี

1. สิ่งของต่างๆ กลุ่มละ 5 ชนิด

จงบอกสารองค์ประกอบของสิ่งต่อไปนี้จะมีอะไรบ้าง

สิ่งของ	สารองค์ประกอบ
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

สรุปเกี่ยวกับสารองค์ประกอบของสิ่งต่างๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.2 สมบัติของสิ่งต่างๆ

วัสดุต่างๆ ล้วนมีสารเป็นองค์ประกอบ การที่วัสดุต่างชนิดกันมีสมบัติต่างกันก็เนื่องมาจากสารที่เป็นองค์ประกอบมีสมบัติต่างกัน

สมบัติของสาร หมายถึง ลักษณะประจำตัวของสารแต่ละชนิดที่แตกต่างจากสารอื่นๆ สมบัติของสารแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. **สมบัติทางกายภาพ** หมายถึง สมบัติของสารที่ทราบได้จากการสังเกต หรือทดลอง เช่น สี กลิ่น รส จุดเดือด จุดหลอมเหลว ความแข็ง การนำไฟฟ้า ความหนาแน่น ลักษณะผลึก เป็นต้น

2. **สมบัติทางเคมี** หมายถึง สมบัติที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสารหนึ่งไปเป็นสารอื่นๆ เช่น การเผาถ่านเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ การเกิดสนิมบนแท่งเหล็ก เป็นต้น

สารต่างชนิดกันมีสมบัติแตกต่างกัน เช่น

ทองคำ เป็นของแข็งสีเหลือง ไม่เป็นสนิม ไม่ดำ

เหล็ก เป็นของแข็งสีเทา ทิ้งไว้ในอากาศนานๆ จะเกิดสนิมและผุกร่อนได้

น้ำ เป็นของเหลวใส ไม่มีสี ละลายสิ่งต่างๆ ได้หลายชนิด



ภาพประกอบ 1.1 สารชนิดต่าง ๆ

วัสดุต่างๆ จะมีสมบัติเป็นอย่างไรหนอ เราลองมาทำ
กิจกรรมที่ 2: สมบัติเฉพาะตัวของสาร เพื่อบอก
คุณสมบัติของวัสดุที่มีองค์ประกอบที่เหมือนกันและ
แตกต่างกัน





กิจกรรมที่ 2 สมบัติเฉพาะตัวของสาร

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำการทดลองตามกิจกรรมการทดลองด้านล่าง แล้วบันทึกผล

จุดประสงค์

1. นักเรียนทำการทดลองและสรุปเกี่ยวกับสมบัติของวัสดุที่มีองค์ประกอบที่เหมือนกัน และแตกต่างกันได้

อุปกรณ์และสารเคมี

- | | |
|---------------|---------------|
| 1. เกลือแกง | 4. ปีกเกอร์ |
| 2. น้ำตาลทราย | 5. หลอดทดลอง |
| 3. น้ำเปล่า | 6. ช้อนตักสาร |

กิจกรรม

1. นักเรียนสังเกตลักษณะต่างๆ ของเกลือแกง และน้ำตาลทราย บันทึกสถานะและสีของสาร
2. ชิมสารทั้งสองชนิด บันทึกผล
3. ตวงเกลือแกงและน้ำตาลทรายอย่างละ 1 ช้อน ใส่หลอดทดลองอย่างละ 1 หลอด
4. เติมน้ำลงในหลอดทดลองข้อ 3 แล้วเขย่า สังเกตและบันทึกการเปลี่ยนแปลง



สารอื่นๆ ชิมไม่ได้นะ

อันตราย !!!!

บันทึกผล

ตาราง.....

สาร	สถานะ	สี	รส	การละลายน้ำ
1. น้ำตาลทราย				
2. เกลือแกง				

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



เพื่อนๆ ได้เรียนรู้สมบัติอะไรของ
สารจากการทำการทดลองบ้างครับ



สิ่งต่างๆ มีสารเป็นองค์ประกอบ บางอย่าง
ประกอบด้วยสารเพียงชนิดเดียว แต่บางอย่าง
ประกอบด้วยสารมากกว่าหนึ่งชนิด

การที่เราทราบสารองค์ประกอบของวัสดุหรือวัตถุต่างๆ รวมทั้งทราบสมบัติของสาร
ที่เป็นองค์ประกอบของวัสดุ ช่วยให้เราสามารถใช้วัสดุ หรือสิ่งของต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง
เหมาะสมและปลอดภัย เช่น เราทราบว่าแก๊สหุงต้ม เป็นแก๊สที่ติดไฟได้ง่าย เราจึงต้อง
ระมัดระวังในการใช้โดยตั้งถังแก๊สให้ห่างจากเปลวไฟ เป็นต้น

การทราบสมบัติขององค์ประกอบของวัสดุต่างๆ
จะมีประโยชน์อะไรอีกบ้างหนอ เพื่อนๆ ลองมาทำ
กิจกรรมที่ 3: ทราบสมบัติองค์ประกอบมี
ประโยชน์อะไรหนอ



บรรณานุกรม

<http://knowledge.eduzones.com/knowledge-2-5-29408.html>

<http://www.geocities.com/scied2002/sciles2/learning.html>

เทพฤทธิ์ ยอดใส. 2008. *เก่งวิทยาศาสตร์ ป.6 (เล่ม 2) แบบฝึกทักษะ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา.

ประดิษฐ์ เหล่าเนตร์ และ ณัฐภัตสร เหล่าเนตร์. 2005. *หนังสือเรียนเสริมคุณภาพแม่ค
วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 2 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แม็ค.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2003. *คู่มือครูสาระการเรียนรู้
พื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*.
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.



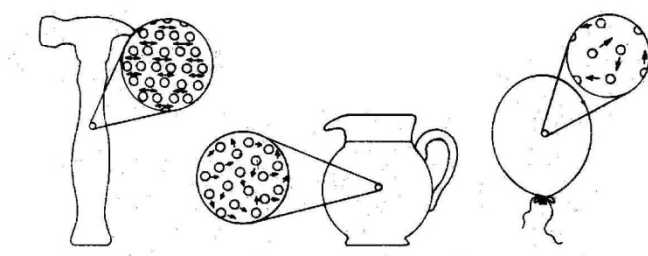
เรื่องที่ 2
สมบัติของสารในสถานะของแข็ง ของเหลว
และแก๊ส



สารบัญเอกสารประกอบการเรียนของนักเรียน
เรื่องที่ 2 สมบัติของสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

2.1 สถานะของสาร	2-3
- ของแข็ง	2-3
- ของเหลว	2-4
- แก๊ส	2-5
- กิจกรรมที่ 4 เปลี่ยนรูปแบบร่าง	2-7
2.2 การเปรียบเทียบสมบัติของสารในสถานะต่างๆ	2-9
- กิจกรรมที่ 5 หาแนวระดับของน้ำ	2-11
- กิจกรรมที่ 6 ปริศนาอักษรไขว้	2-14
2.3 เกณฑ์ต่างๆ ที่ใช้ในการจำแนกสาร	2-16
- กิจกรรมที่ 7 สิ่งรอบตัวเรา	2-17

บรรณานุกรมของเรื่องที่ 2	2-19
--------------------------	------



สมบัติของสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

โดยทั่วไปแล้วเราสามารถบอกชนิดของสารได้จากสมบัติทางกายภาพ ซึ่งเป็นสมบัติทั่วไปของสารที่ตรวจพบได้โดยไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารนั้น เช่น สี กลิ่น รส สถานะ ความหนาแน่น จุดหลอมเหลว จุดเดือด เป็นต้น หรืออาจจะบอกชนิดของสารได้จากสมบัติทางเคมี ซึ่งเป็นสมบัติที่ทำให้องค์ประกอบของสารเปลี่ยนแปลงไป เพื่อให้เกิดเป็นสารใหม่

2.1 สถานะของสาร

นักวิทยาศาสตร์ได้จำแนกสารที่อยู่รอบๆ ตัวของเรา โดยใช้สถานะของสารที่มีลักษณะเป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊สเป็นเกณฑ์ โดยในแต่ละสถานะจะมีสมบัติดังนี้

เพื่อนๆ คิดว่าสารทั้ง 3 สถานะมี
สมบัติเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร
บ้าง....



ของแข็ง (Solid)

สารในสถานะของแข็ง เป็นสารที่มีมวล มีปริมาตร และรูปร่างที่แน่นอน เช่น เหล็ก, โต๊ะ, แก้วน้ำ, หิน เป็นต้น

สงสัยไหมครับว่าทำไม
ของแข็งจึงมีรูปร่างและ
ปริมาตรคงที่

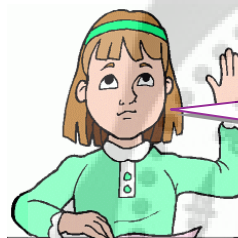


พิจารณาภาพต่อไปนี้



ภาพประกอบ 2.1 สารในสถานะของแข็งและการจัดเรียงอนุภาคภายในของแข็ง

อนุภาคภายในของแข็งมีการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ อยู่ชิดกันมาก ทำให้อนุภาคเหล่านั้นเคลื่อนไหวได้น้อยมาก ส่งผลให้รูปร่างและปริมาตรของของแข็งคงที่และแน่นอน



แล้วอนุภาคคืออะไร
ใครรู้บ้าง

น่ารู้

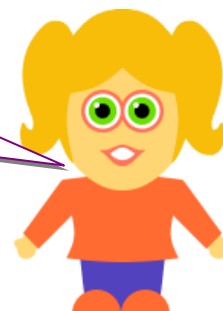
อนุภาค หมายถึง ชิ้นหรือส่วนหรือหน่วยที่เล็กมากของสาร ซึ่งเราไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ อนุภาคเหล่านี้จะรวมตัวกันแล้วเกิดเป็นสารขึ้น



ของเหลว (Liquid)

สารในสถานะของเหลว เป็นสารที่มีมวล มีปริมาตรคงที่ แต่รูปร่างไม่แน่นอนจะเปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะที่บรรจุ เช่น น้ำ, น้ำเกลือ, น้ำหวาน เป็นต้น

แล้วของเหลวเปลี่ยนแปลง
รูปร่างได้อย่างไรคะ



พิจารณาภาพต่อไปนี้



ภาพประกอบ 2.2 สารในสถานะของเหลวและการจัดเรียงอนุภาคภายในของเหลว

อนุภาคภายในของเหลวมีการจัดเรียงอนุภาคที่ไม่เป็นระเบียบ และอยู่กันอย่างหลวมๆ ไม่ชิดกันเหมือนกับอนุภาคของของแข็ง ทำให้อนุภาคสามารถเคลื่อนที่ได้สะดวกกว่าในของแข็ง ดังนั้นของเหลวจึงมีรูปร่างไม่แน่นอน จะเปลี่ยนแปลงไปตามรูปร่างของภาชนะที่บรรจุอยู่

แก๊ส (Gas)

สารในสถานะแก๊ส เป็นสารที่มีมวล ทั้งรูปร่างและปริมาตรของแก๊สจะไม่คงที่สามารถเปลี่ยนไปตามภาชนะที่บรรจุ และสามารถฟุ้งกระจายได้ เช่น แก๊สไฮโดรเจน กลิ่นน้ำหอม แก๊สหุงต้ม เป็นต้น

แสดงว่า การจัดเรียงอนุภาคของแก๊สจะ
อยู่กันอย่างกระจัดกระจาย สามารถ
เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระทุกทิศทุกทาง ทำ
ให้แก๊สไม่สามารถรักษารูปร่างและ
ปริมาตรให้คงที่ได้



พิจารณาภาพต่อไปนี้



ภาพประกอบ 2.3 สารในสถานะแก๊สและการจัดเรียงอนุภาคภายในแก๊ส

นอกจากนี้แก๊สยังมีลักษณะโปร่งใส แสงสามารถเดินทางผ่านได้ดี ทำให้เราสามารถมองเห็นวัตถุผ่านแก๊สได้ เพราะแก๊สมีโมเลกุลขนาดเล็กและอยู่ห่างกัน ทำให้มีช่องว่างระหว่างโมเลกุลของแก๊สมาก แสงจึงเคลื่อนที่ผ่านได้ดี



เพื่อนๆ ก็ทราบสมบัติต่างๆ ของสารแต่ละสถานะแล้ว เราลองมาจำลองสถานการณ์การเป็นสมบัติการจัดเรียงตัวของอนุภาคและการเคลื่อนที่ของสารแต่ละสถานะกันเถอะ โดยมาลองทำ **กิจกรรมที่ 4: เปลี่ยนรูปร่าง** เพื่อทราบการจัดเรียงตัวของอนุภาคและการเคลื่อนที่ของสารแต่ละสถานะ





กิจกรรมที่ 4 เปลี่ยนรูปแบบร่าง



คำชี้แจง ให้นักเรียนทำตามกิจกรรมเกี่ยวกับสถานะของน้ำด้านล่างนี้ แล้วบันทึกผล
จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถอธิบายการจัดเรียงตัวและการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารในสถานะต่างๆ ได้
อุปกรณ์และสารเคมี

1. เพลงประกอบที่มีจังหวะต่างๆ

กิจกรรม

1. ให้นักเรียนจับกลุ่ม กลุ่มละ 8 คน
2. ให้นักเรียนแต่ละคนใช้แขนทั้งสองข้างของตนเอง โอบไหล่เพื่อนอีก 2 คนไว้ให้แน่น ที่สุดเท่าที่จะแน่นได้ โดยห้ามปล่อยให้หลุดออกจากกัน แล้วให้แต่ละกลุ่มเคลื่อนที่ไปตาม จังหวะเพลง
3. ทำซ้ำข้อ 2 แต่เปลี่ยนจากการโอบไหล่เป็นจับมือกันไว้ให้แน่น
4. ทำซ้ำข้อ 3 แต่เปลี่ยนจากการจับมือกันเป็นการปล่อยมือ

บันทึกผล

ให้นักเรียนวาดภาพแสดงการจัดเรียงตัวของอนุภาคจากภาพที่นักเรียนทำกิจกรรม พร้อมทั้งอธิบายการเคลื่อนที่ในสถานะต่างๆ ด้วย

สถานะ.....	สถานะ.....	สถานะ.....
..... 		

กำหนดให้ สัญลักษณ์ แทนนักเรียน 1 คน



จากการทำกิจกรรมร่วมกันตอบคำถาม

1. การโอบไหล่ การจับมือและการปล่อยมือ การจับกลุ่มลักษณะใดที่นักเรียนเคลื่อนที่ได้ง่ายกว่า
.....
2. การโอบไหล่ การจับมือและการปล่อยมือ การจับกลุ่มลักษณะใดที่กลุ่มจะแตกออกได้ยาก
.....
3. เพราะเหตุใดการจับกลุ่มตามแบบข้อ 2. นั้น จึงทำให้กลุ่มแตกออกได้ยาก
.....
4. ถ้านักเรียนแต่ละคนเปรียบเสมือนแต่ละอนุภาคของสาร ดังนี้
 - การโอบไหล่ เปรียบเหมือนอนุภาคของสารที่อยู่กันอย่างหนาแน่น อนุภาคจะเคลื่อนตัวเองยาก แทนอนุภาคในสถานะ.....
 - การจับมือกัน เปรียบเหมือนอนุภาคของสารที่อยู่กันอย่างหลวม ๆ อนุภาคก็จะเคลื่อนตัวเองได้ง่ายขึ้น แทนอนุภาคในสถานะ.....
 - การปล่อยมือ เปรียบเหมือนอนุภาคที่อยู่กันอย่างกระจัดกระจาย และเคลื่อนที่ไปมาได้ อย่างอิสระ แทนอนุภาคในสถานะ.....

สรุปผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



ของแข็ง ของเหลว และแก๊สยังมี
สมบัติอื่นอีกไหมหนอ

2.2 การเปรียบเทียบสมบัติของสารในสถานะต่างๆ

เมื่อเปรียบเทียบสมบัติของสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊สจะมีสมบัติบางประการเหมือนกันและบางประการต่างกัันดังนี้



ภาพประกอบ 2.4 การแทนที่ของ
ของแข็งในของเหลว

รูปร่างไม่คงที่ จะเปลี่ยนแปลงไปตามรูปร่างของภาชนะที่บรรจุ

สมบัติที่เหมือนกันของสารทั้ง 3 สถานะ คือ มีมวล
ต้องการที่อยู่ และสัมผัสได้

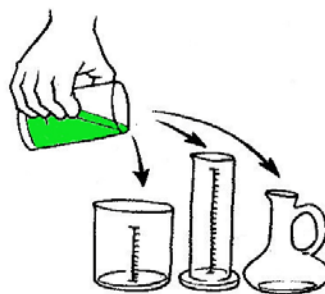
เมื่อทั้งของแข็งและของเหลวต่างก็ต้องการที่อยู่
ขณะของเหลวถูกของแข็งแทนที่ ของเหลวก็จะเลื่อนขึ้นไปอยู่
ในที่ที่ยังว่างอยู่

สมบัติที่แตกต่างกันมีดังนี้

ปริมาตร: ของแข็งและของเหลวมีปริมาตรคงที่ แต่
แก๊สมีปริมาตรไม่คงที่

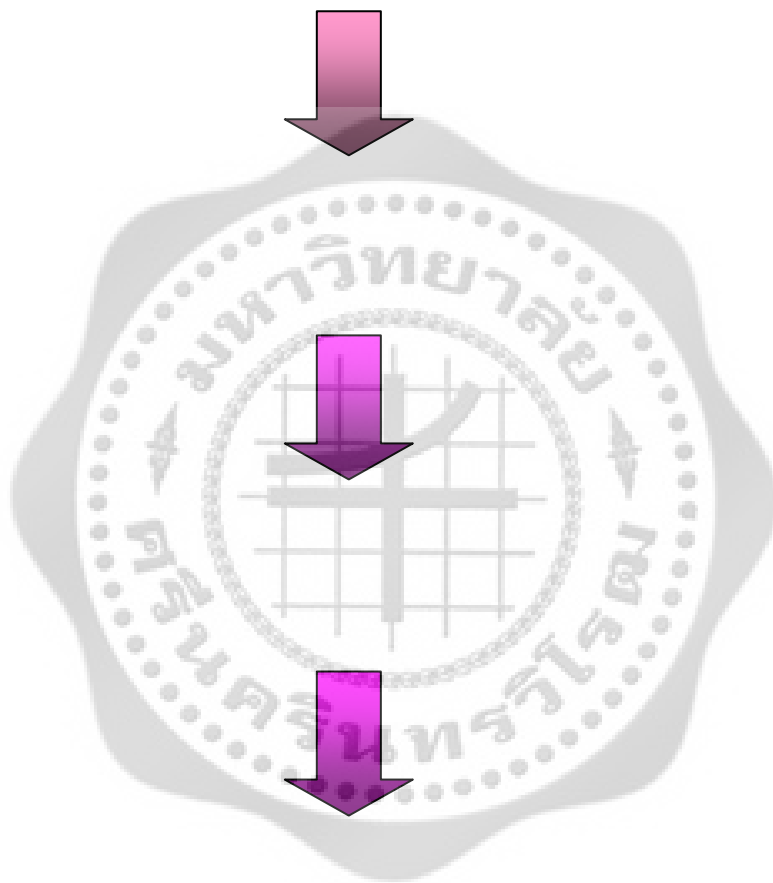
รูปร่าง: ของแข็งมีรูปร่างคงที่ แต่ของเหลวและแก๊สมี

นอกจากนี้ของเหลวและแก๊สต่างก็เป็นของไหล เนื่องจากสาร
ทั้งสองสถานะนี้สามารถเคลื่อนที่ได้ และมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะที่บรรจุ



ภาพประกอบ 2.5 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของของเหลวตามภาชนะที่บรรจุ

สมบัติของของเหลวยังมีอีกนะ โดยมาลองทำ
กิจกรรมที่ 5: หาแนวระดับของน้ำ เพื่อทราบ
สมบัติเกี่ยวกับผิวของของเหลว





กิจกรรมที่ 5 หาแนวระดับของน้ำ

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำการทดลองตามกิจกรรมด้านล่าง แล้วตอบคำถามที่กำหนดให้
จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถเข้าใจสมบัติเกี่ยวกับผิวของของเหลวได้

อุปกรณ์และสารเคมี

1. สายยาง
2. น้ำสี
3. กระดาษขาว
4. กระดาษขาว

กิจกรรม

1. กรอกน้ำสีใส่สายยางประมาณ $\frac{2}{3}$ ของสายยาง โดยไม่ให้มีฟองอากาศ เช็ดสายยางให้แห้ง
2. นำกระดาษขาวติดกับผนังห้องแล้วขีดเส้นตรงสั้นๆ บนกระดาษทางด้านซ้ายมือ
3. นำปลายสายยางข้างหนึ่งทาบบนกระดาษให้ทับบนตำแหน่งที่ขีดไว้ ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งให้ทาบไปบนกระดาษทางด้านขวามือ
4. เลื่อนปลายสายยางข้างขวาชูขึ้น-ลง จนระดับน้ำสีในสายยางข้างซ้ายตรงกับตำแหน่งที่ขีดไว้และสังเกตระดับน้ำสีในสายยางข้างขวาว่าอยู่ตรงตำแหน่งใด ให้ขีดเส้นสั้นๆ ตรงตำแหน่งนั้นไว้
5. เลื่อนปลายสายยางข้างขวาออกไปทางขวา แล้วทำซ้ำตามข้อ 4 จนได้ตำแหน่งใหม่ อีก 3 ตำแหน่ง
6. ลากเส้นผ่านตำแหน่งต่างๆที่ทำเครื่องหมายไว้ สังเกตและบันทึกผล



จากการทดลองหาแนวระดับของน้ำในสายยาง จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อนักเรียนลากเส้นผ่านตำแหน่งต่างๆ ของระดับน้ำในสายยาง เส้นที่ลากมีลักษณะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่าของเหลวชนิดอื่นจะมีสมบัติเช่นเดียวกับน้ำหรือไม่

.....

.....

.....

.....

3. นักเรียนสามารถสรุปผลการทดลองได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

4. นักเรียนคิดว่าความรู้ที่ได้รับจากการทดลองนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....



จากการทดลองเราจะทราบว่า สมบัติเฉพาะของของเหลวที่แตกต่างจากของแข็ง และแก๊สคือ ผิวของของเหลวในภาชนะเดียวกันจะอยู่ในระดับเดียวกันเสมอ จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อหาแนวระดับในการก่อสร้างได้



ภาพประกอบ 2.6 การประยุกต์ใช้สมบัติการรักษาระดับของของเหลวในการก่อสร้าง

เพื่อนๆ ก็ได้เรียนรู้สมบัติต่างๆ ของสารแต่ละสถานะกันหมดแล้ว ลองมาสรุปภาพรวมความรู้ต่างๆ ที่ได้โดยการทำ กิจกรรมที่ 6: ปริศนาอักษรไขว้ เพื่อสรุปสมบัติต่างๆ ของสารแต่ละสถานะได้



กิจกรรมที่ 6 ปริศนาอักษรไขว้



คำชี้แจง ให้นักเรียนทำตามกิจกรรมเกี่ยวกับการสรุปสมบัติต่างๆ ของสารแต่ละสถานะด้านล่างนี้ แล้วนำคำตอบที่ได้เติมลงในตารางแนวดิ่งและแนวนอนให้ถูกต้อง

จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถสรุปสมบัติต่างๆ ของสารแต่ละสถานะได้

กิจกรรม

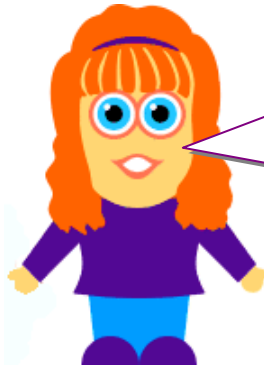
1. นักเรียนแต่ละคนทำกิจกรรมที่ 5: ปริศนาอักษรไขว้ โดยให้ผู้เล่นเติมคำตอบลงในช่องว่างของบทสรุปเกี่ยวกับสมบัติต่างๆ ของแต่ละสถานะให้สมบูรณ์
2. จากนั้นนำคำตอบที่ได้จากข้อ 1 เติมลงในตารางแนวดิ่งและแนวนอนให้ถูกต้องตามที่กำหนดให้ดังนี้

แนวดิ่ง

ข้อ 2, 5, 7, 8, 10

แนวนอน

ข้อ 1, 3, 4, 6, 9, 11, 12



เพื่อนๆ ก็ได้เรียนเกี่ยวกับสมบัติของสถานะต่างๆ ของสารไปเรียบร้อยแล้ว ซึ่งสถานะของสารเป็นเกณฑ์ๆ หนึ่งที่ใช้ในการจำแนกประเภทของสาร เราลองมาดูเกณฑ์อื่นๆ ที่ใช้ในการจำแนกสารซิว่ามีอะไรอีกบ้างนะคะ

2.3 เกณฑ์ต่างๆ ที่ใช้ในการจำแนกสาร

1. **เนื้อสาร** สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ
 - สารเนื้อเดียว เช่น แอลกอฮอล์ ทองคำ เงิน เป็นต้น
 - สารเนื้อผสม เช่น น้ำอบไทย น้ำคลอง น้ำโคลน เป็นต้น
2. **การนำไฟฟ้า** สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ
 - สารที่นำไฟฟ้า เช่น ทองแดง น้ำเกลือ เหล็ก เป็นต้น
 - สารที่ไม่นำไฟฟ้า เช่น หินปูน พลาสติก ผ้า เป็นต้น
3. **การละลายน้ำ** สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ
 - สารที่ละลายน้ำ เช่น เกลือแกง น้ำตาล ต่างทับทิม เป็นต้น
 - สารที่ไม่ละลายน้ำ เช่น เหล็ก ไขมัน หิน เป็นต้น
4. **การนำความร้อน** สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ
 - สารที่นำความร้อน เช่น เงิน เหล็ก ดีบุก เป็นต้น
 - สารที่เป็นฉนวน เช่น ไม้ ยาง แก้ว เป็นต้น
5. **ความเป็นโลหะ** สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ
 - โลหะ เช่น ทองคำ ทองแดง ปรัช สังกะสี เป็นต้น
 - อโลหะ เช่น คาร์บอน ออกซิเจน ไฮโดรเจน เป็นต้น
 - กึ่งโลหะ เช่น ซีลีคอน ซีลีเนียม อาร์เซนิก เป็นต้น

เพื่อนๆ ก็ได้เรียนรู้เกณฑ์อื่นๆ ในการจำแนกประเภทของสารแล้ว เราลองมาทำ **กิจกรรมที่ 7: สิ่งรอบตัวเรา** เพื่อจำแนกสิ่งต่างๆ รอบตัวของนักเรียนโดยใช้เกณฑ์ต่างๆ ที่ได้เรียนรู้มา



คำชี้แจง นักเรียนจงจำแนกสิ่งที่สำรวจมาให้อยู่ในรูปแบบผังความคิด



บรรณานุกรม

<http://ecurriculum.mv.ac.th/science/m2/yeaksan/e-sci02.html>

www.electron.rmutphysics.com/chemistry-glossary/index.php

www.elib-online.com/homes/home_buildc02.html

www.obec.go.th/.../sine/matereal/sec05_p01.html

ประดิษฐ์ เหล่าเนตร์ และ ญัฐภัสสร เหล่าเนตร์. 2005. หนังสือเรียนเสริมคุณภาพแม่ค
วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 2 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แม็ค.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2003. คู่มือครูสาระการเรียนรู้
พื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ ครูสภาลาดพร้าว.





(ตัวอย่าง)
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

แบบสำรวจแบบการเรียนรู้ สำหรับนักเรียน

คำชี้แจง

แบบสำรวจแบบการเรียนรู้ของนักเรียนฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนน ว่าเป็นแบบใด (Learning style) ไม่ใช่เป็นแบบสำรวจเพื่อประเมินความรู้หรือความสามารถทางการเรียนของนักเรียน คำตอบแต่ละข้อที่นักเรียนเลือก จึงเป็นเพียงคำตอบจากการประเมินและการแสดงความคิดเห็นต่อข้อคำถามแต่ละข้อว่ามีลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนมากน้อยเพียงไร

คำถามมีทั้งหมด 12 ข้อคำถาม ให้นักเรียนจัดระดับการประเมิน (ranking) ว่าลักษณะที่ปรากฏในข้อ ก ข ค และ ง ของคำถามทั้ง 12 ข้อ นั้น ว่าเหมือนลักษณะการเรียนรู้เมื่อเทียบกับตัวนักเรียนเองอยู่ในระดับใด ซึ่งมีอยู่ 4 ระดับ คือ

- 4 ตรงกับลักษณะการเรียนรู้ของเรียนในระดับ มากที่สุด
- 3 ตรงกับลักษณะการเรียนรู้ของเรียนในระดับ ปานกลาง
- 2 ตรงกับลักษณะการเรียนรู้ของเรียนในระดับ น้อย
- 1 ตรงกับลักษณะการเรียนรู้ของเรียนในระดับ น้อยมาก

หมายเหตุ กรุณาให้คะแนนประเมินค่าที่ตรงตามลักษณะของนักเรียนอย่างแท้จริง มิใช่ให้คะแนนตามที่นักเรียนคิดว่าอะไรเป็นลักษณะที่ดีหรือที่ควรเป็น

ตัวอย่าง สมมติว่านักเรียนเป็นคนชอบเล่นกีฬามาก เลยมักชวนเพื่อนๆ ไปเล่นกีฬา และช่วยกัน

กำหนดกติกาการเล่นเสมอๆ

คำถาม 1. เมื่อถึงเวลาเล่น

- ก. ฉันชอบเป็นคนเสนอเกมการเล่น
- ข. ฉันชอบนั่งดูเพื่อนเล่นเกม
- ค. ฉันชอบเป็นผู้กำหนดกติกาการเล่น
- ง. ฉันชอบเป็นคนลงเล่นเกมด้วยตนเอง

นักเรียนประเมินว่า ข้อใดเป็นลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียน			
มากที่สุด	ปานกลาง	น้อย	น้อยมาก
ง	ค	ก	ข

นักเรียนเขียนระดับประเมินในช่องนี้

แบบสำรวจการเรียนรู้ สำหรับนักเรียน

ข้อ 1. เมื่อฉันเรียน

- ก. ฉันชอบปฏิบัติกิจกรรม และทดลอง
- ข. ฉันชอบเฝ้าดู ฟัง คิด และเขียนใน
สาระที่กำลังเรียน
- ค. ฉันชอบทำกิจกรรมและเรียนรู้ตาม
ความรู้สึกรักคิดของตนเอง
- ง. ฉันชอบสร้างความเข้าใจและนำ
ความรู้ไปเชื่อมโยงกับความรู้อื่นที่
เกี่ยวข้อง

นักเรียนประเมินว่า ข้อใดเป็นลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียน			
มากที่สุด	ปานกลาง	น้อย	น้อยมาก

ข้อ 2. ฉันเรียนรู้สิ่งต่างๆ ได้ดี เมื่อ.....

- ก. ฉันได้คิดอย่างมีเหตุผล
- ข. ฉันได้ทำกิจกรรมอย่างเต็มที่จน
สำเร็จ
- ค. ฉันได้ฟัง ได้เฝ้าดู และบันทึกสิ่ง
สำคัญไว้
- ง. ฉันมีความมั่นใจในความรู้สึกรักคิด
ของตนเอง

นักเรียนประเมินว่า ข้อใดเป็นลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียน			
มากที่สุด	ปานกลาง	น้อย	น้อยมาก

ข้อ 3. ในขณะที่เรียนรู้

- ก. ฉันมีสมาธิในการเรียนและสะสม
ความรู้ไว้
- ข. ฉันเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น
ตลอดเวลา
- ค. ฉันใช้การวิเคราะห์เนื้อหาต่างๆ ที่
เรียนด้วยการคิดอย่างมีเหตุผล
- ง. ฉันให้ความสนใจในสิ่งที่เรียนรู้อย่าง
จริงจังและร่วมแสดงความคิดเห็น
กับผู้อื่น

นักเรียนประเมินว่า ข้อใดเป็นลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียน			
มากที่สุด	ปานกลาง	น้อย	น้อยมาก

ข้อ 4. ฉันเรียนรู้โดย

- ก. ฉันจดจ่อกับสิ่งที่เรียน
- ข. ฉันใช้ความรู้สึกนึกคิดของตนเอง
- ค. ฉันใช้ความคิดเพื่อสร้างความเข้าใจ
- ง. ฉันนำความรู้ความคิดมาทดลองและทำให้เป็นจริง

นักเรียนประเมินว่า ข้อใดเป็นลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียน			
มากที่สุด	ปานกลาง	น้อย	น้อยมาก

ข้อ 5. ขณะเรียนรู้

- ก. ฉันเปิดใจรับประสบการณ์ใหม่ๆ
- ข. ฉันขอจับจดหมวดหมู่ความรู้ต่างๆ
- ค. ฉันพิจารณาสิ่งที่เรียนรู้หลายแง่มุม
- ง. ฉันขอทดลองและลงปฏิบัติ เพื่อค้นหาคำตอบ

นักเรียนประเมินว่า ข้อใดเป็นลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียน			
มากที่สุด	ปานกลาง	น้อย	น้อยมาก

ข้อ 6. เมื่อฉันกำลังเรียน

- ก. ฉันมักเกิดความคิดใหม่ๆ ขึ้นภายในตัวเอง
- ข. ฉันขอพิจารณาและตรวจสอบสิ่งที่กำลังเรียน
- ค. ฉันกระตือรือร้นเอาจริงเอาจังกับสิ่งที่กำลังเรียน
- ง. ฉันใช้เหตุผลและวิเคราะห์แยกแยะสิ่งที่กำลังเรียน

นักเรียนประเมินว่า ข้อใดเป็นลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียน			
มากที่สุด	ปานกลาง	น้อย	น้อยมาก

ข้อ 7. ฉันเรียนรู้ได้ดี

- ก. เมื่อฉันได้เรียนรู้ร่วมกับเพื่อน
- ข. เมื่อฉันได้เฝ้าสังเกตและตรวจสอบ
- ค. เมื่อฉันได้พยายามทดลองปฏิบัติค้นคว้าด้วยตนเอง
- ง. เมื่อฉันได้นำหลักการและทฤษฎีมาใช้อธิบายอย่างมีเหตุผลและน่าเชื่อถือ

นักเรียนประเมินว่า ข้อใดเป็นลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียน			
มากที่สุด	ปานกลาง	น้อย	น้อยมาก

แบบประเมินพหุปัญญาสำหรับนักเรียน

คำชี้แจง โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องได้หมายเลขที่อธิบายลักษณะของนักเรียนได้ดีที่สุด

- โดยกำหนดให้
- 5 หมายถึง อธิบายลักษณะของนักเรียนได้ดีที่สุด
 - 4 หมายถึง อธิบายลักษณะของนักเรียนได้ดี
 - 3 หมายถึง อธิบายลักษณะของนักเรียนเพียงบางส่วน
 - 2 หมายถึง อธิบายลักษณะของนักเรียนได้น้อยมาก
 - 1 หมายถึง ไม่อธิบายลักษณะของนักเรียน

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
1.  ฉันสามารถอ่านบทร้อยแก้วและร้อยกรองได้อย่างถูกต้อง					
2.  ฉันสามารถวาดภาพได้สวยงาม					
3.  ฉันชอบเล่นดนตรีเมื่อมีเวลาว่าง					
4.  ฉันชอบเล่นกีฬากับเพื่อนเป็นประจำ					

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
5.  ฉันชอบเขียนบันทึกประจำวันและจดบันทึกประสบการณ์ต่างๆ					
6.  ฉันชอบเรียนรู้และพูดคุยกับคนในสังคมใหม่ๆ					
7.  ฉันชอบแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์					
8.  ฉันสามารถจำลองเหตุการณ์ที่เห็นเป็นภาพวาดได้					

**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
หน่วยการเรียนรู้เรื่อง สารที่ใช้ในชีวิตประจำวัน
สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6**

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีจำนวนทั้งหมด 26 ข้อ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ตอนดังนี้
ตอนที่ 1 ข้อสอบปรนัยจำนวน 22 ข้อ
ตอนที่ 2 ข้อสอบอัตนัยจำนวน 4 ข้อ
2. ใช้เวลาในการทำข้อสอบ 40 นาที
3. ห้ามขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ ลงในแบบทดสอบฉบับนี้เป็นอันขาด
4. ให้นักเรียนส่งคืนแบบทดสอบและกระดาษคำตอบให้กรรมการคุมสอบทันทีเมื่อหมดเวลา
5. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้เรียบร้อย



ตอนที่ 1 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ข้อใดคือสารองค์ประกอบของทองเหลือง

- ก. เงิน ทองแดง
- ข. ทองแดง สังกะสี
- ค. ทองคำ ทองแดง
- ง. ทองคำ สังกะสี

2. ผงชูรสกับน้ำตาลทรายมีสมบัติเหมือนกันตามข้อใด

- ก. มีสีต่างกัน
- ข. มีรสต่างกัน
- ค. เป็นของแข็งเหมือนกัน
- ง. ไม่ละลายน้ำเหมือนกัน

3. จากการทดสอบสาร A B และ C ในเรื่องรูปร่างและปริมาตร ได้ผลดังตาราง

สาร	รูปร่าง		ปริมาตร	
	คงที่	ไม่คงที่	คงที่	ไม่คงที่
A	✓		✓	
B		✓	✓	
C		✓		✓

สาร A B และ C น่าจะเป็นอะไร ตามลำดับ

- ก. พิมเสน แก๊สหุงต้ม และน้ำเกลือ
- ข. น้ำส้มสายชู น้ำแข็ง และพิมเสน
- ค. แก๊สไฮโดรเจน น้ำอัดลม และเกลือ
- ง. น้ำตาลทราย น้ำหวาน และแก๊สหุงต้ม

4. การจำแนกสารในข้อใด มีสารทั้ง 3 สถานะ

- ก. ซอล์ก น้ำเกลือ ใส่น้ำ
- ข. น้ำเกลือ ยางลบ น้ำแข็ง
- ค. ก้อนหิน ทราย น้ำปลา
- ง. น้ำมันพืช น้ำตาลทราย น้ำเชื่อม

5. ข้อใดเป็นการระเหิด
 - ก. การบุงวางไว้ในตู้เสื้อผ้า 4 วันผ่านไปการบุงมีขนาดเล็กลง
 - ข. น้ำแข็งวางไว้ในแก้วน้ำ สังเกตเห็นก้อนน้ำแข็งมีขนาดเล็กลง
 - ค. นำน้ำไปแช่ในตู้เย็นเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมงน้ำกลายเป็นน้ำแข็ง
 - ง. น้ำในแก้ววางไว้กลางแดด เมื่อเวลาผ่านไปสังเกตปริมาณน้ำลดลง
6. ข้อใดมิได้นำหลักการการละลายของสารไปใช้
 - ก. การล้างภาชนะ
 - ข. การทอดไข่ดาว
 - ค. การลดยุ่ยให้กับต้นไม้
 - ง. การให้น้ำเกลือผู้ป่วย
7. ข้อใดคือตัวทำละลายในน้ำหวาน
 - ก. น้ำ
 - ข. น้ำตาล
 - ค. สีส้มอาหาร
 - ง. น้ำตาลและสีส้มอาหาร
8. ข้อใดคือการเกิดสารใหม่ของเหล็ก
 - ก. เหล็กที่เกิดสนิม
 - ข. เหล็กที่ถูกทาสีให้เปลี่ยนไป
 - ค. การนำเหล็กไปดัดแปลงเป็นมีด
 - ง. เหล็กที่ถูกเชื่อมให้เป็นเนื้อเดียวกัน
9. นักเรียนสามารถสังเกตได้จากสิ่งใดว่าการเผาถ่านไม้มีสารใหม่เกิดขึ้น
 - ก. สี กลิ่น
 - ข. สี ควัน
 - ค. ควัน กลิ่น
 - ง. ปริมาณถ่าน กลิ่น
10. วิธีการใดเหมาะสมที่สุดในการแยกกรดแอซิกออกจากน้ำตาลทราย
 - ก. การร่อน
 - ข. การหีบออก
 - ค. การละลายน้ำ
 - ง. การใช้แม่เหล็ก

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนเขียนบรรยายคำตอบลงให้กระดาดำตอบ

1. ให้นักเรียนบอกอันตรายที่เกิดจากการเปลี่ยนสถานะของสารที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม 1 อย่าง พร้อมทั้งเสนอแนะวิธีป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้นดังกล่าว
2. ให้นักเรียนเสนอแนะการป้องกันอันตรายที่เกิดจากการละลายของสารต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ที่นักเรียนสามารถทำได้ง่ายที่สุด มา 2 วิธีการ
3. นักเรียนมีวิธีป้องกันความเสียหายหรืออันตรายที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมี เช่น การระเบิดของคลังแสง เก็บอาวุธยุทธโศปกรณ์ หรือการเกิดปฏิกิริยาเคมีด้านอื่นๆ ได้อย่างไร จงยกตัวอย่างมา 2 วิธี
4. นักเรียนจะมีวิธีเลือกใช้สารทำสะอาดอย่างถูกต้องและปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างไรบ้าง บอกมา 2 วิธี



แบบทดสอบทักษะทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้สร้างขึ้น เพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 13 ทักษะ
2. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล เลขที่ ชั้น ห้อง และโรงเรียน ลงในกระดาษคำตอบ
3. ลักษณะข้อสอบเป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ จำนวน 40 ข้อ ให้เวลาทำ 50 นาที
4. การตอบ ให้นักเรียนอ่านคำถามแต่ละข้อให้เข้าใจ แล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว จากข้อ ก ข ค หรือ ง โดยกาเครื่องหมายเหมือนกากบาท (X) ลงในช่องสี่เหลี่ยม ตรงกับข้อที่เลือกในกระดาษคำตอบ

ตัวอย่าง

0. ข้อใดไม่ใช่การสังเกต

- ก. เทียนไขทำมาจากปลาวาฬ
- ข. เทียนไขมีรูปทรงกระบอก
- ค. เทียนไขมีเชื้อกลีขาว
- ง. เทียนไขมีสีขาวขุ่น

เฉลย คำตอบที่ถูกต้องคือ ข้อ ก. แต่นักเรียนเลือกข้อ ค. ให้กาเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ ดังนี้

ข้อ 0.

ก	ข	ค	ง
		X	

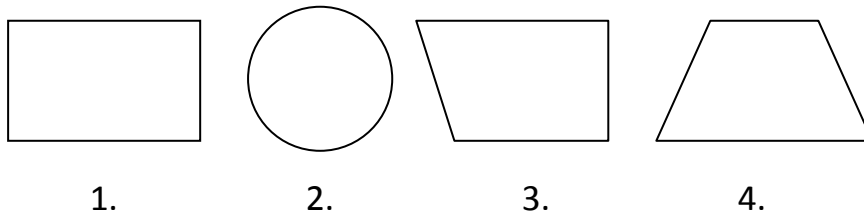
ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบใหม่ ให้ทำเครื่องหมาย ทับรอยเดิมให้ชัดเจน เสียก่อนทุกครั้ง แล้วจึงกาคำตอบใหม่ ดังนี้

ข้อ 0.

ก	ข	ค	ง
X		<u> X </u>	

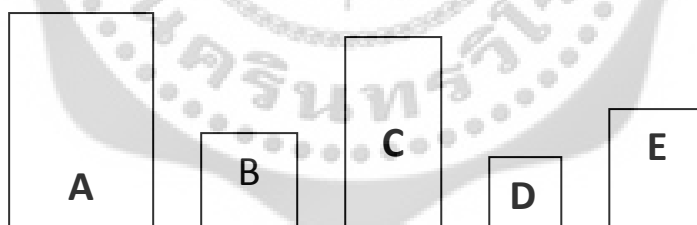
5. ห้ามขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ ลงในแบบทดสอบฉบับนี้
6. ถ้ามีข้อสงสัยใดๆ ให้สอบถามกรรมการคุมสอบ

1. สังเกตรูปทรงต่างๆ ด้านล่าง



รูปใดที่สามารถแบ่งครึ่งออกเป็นสองส่วนเท่าๆ กัน โดยใช้เส้นแบ่งเพียงหนึ่งเส้น

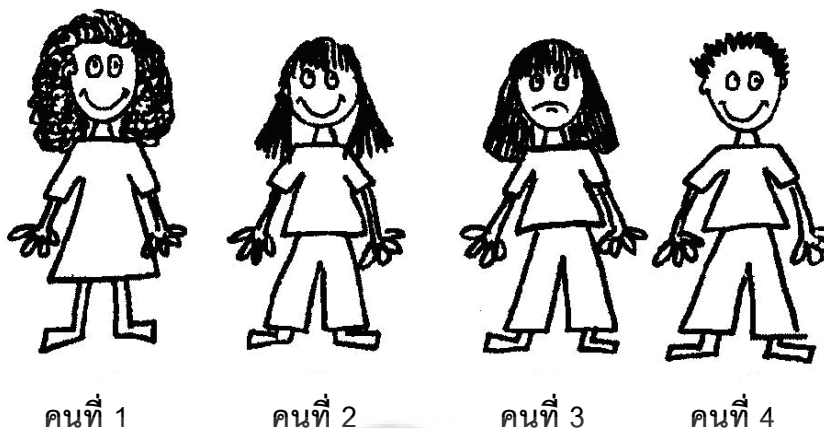
- ก. 1, 2, 3
 - ข. 1, 2, 4
 - ค. 2, 3, 4
 - ง. 1, 3, 4
2. หม่อมเฝ้ามองนกแก้วตัวหนึ่งที่อยู่ในกรง ผลการสังเกตนกแก้ว คือข้อใด
- ก. นกแก้วมีอายุ 4 เดือน
 - ข. นกแก้วมีขนสีเขียวสลับแดง
 - ค. นกแก้วบินได้ ถ้าอยู่ในกรง
 - ง. นกแก้วเป็นสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง
3. สังเกตรูปสี่เหลี่ยมที่มีขนาดแตกต่างกัน ด้านล่าง



ข้อใดเรียงลำดับจากรูปสี่เหลี่ยมที่มีขนาดใหญ่ที่สุดไปหารูปที่มีขนาดเล็กที่สุด

- ก. BCDAE
- ข. EDCAB
- ค. ACEBD
- ง. AEB CD

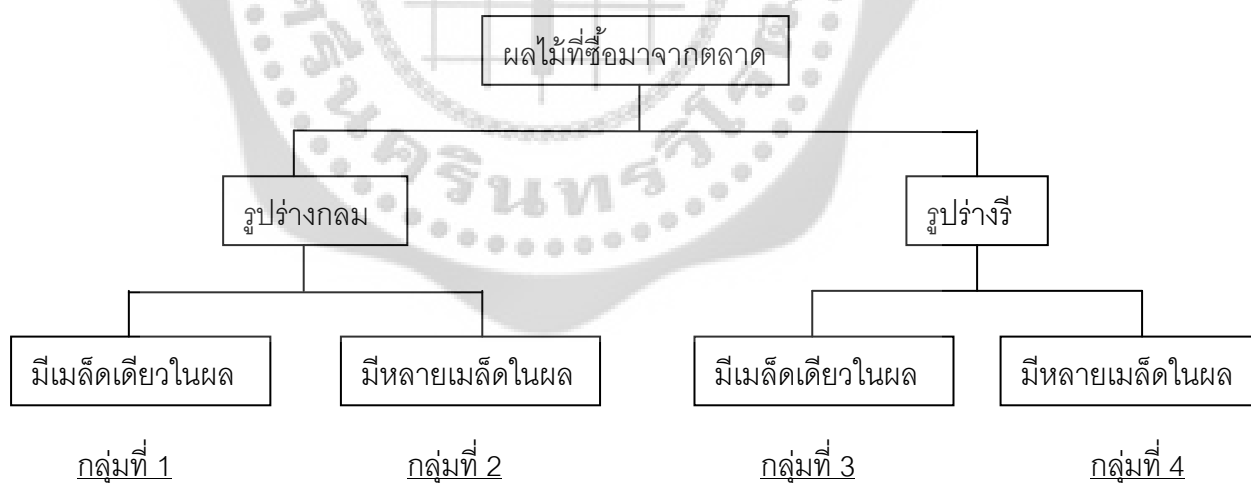
4. พิจารณาภาพของนักเรียนแต่ละคนต่อไปนี้



ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง

- ก. นักเรียนคนที่ 1, 2 และ 3 ผมยว
- ข. นักเรียนคนที่ 2, 3 และ 4 สวมกางเกงขายาว
- ค. นักเรียนคนที่ 1, 2 และ 4 กำลังยิ้ม
- ง. ถูกต้องทั้งข้อ ก, ข และ ค

5. วินัย ทำการแบ่งผลไม้ที่ซื้อมาจากตลาดออกเป็นกลุ่มๆ ได้ดังแผนภูมิ ดังนี้



นักเรียนคิดว่า มะม่วงน้ำดอกไม้ส่วนใหญ่ จัดอยู่ในกลุ่มใด

- ก. กลุ่มที่ 1
- ข. กลุ่มที่ 2
- ค. กลุ่มที่ 3
- ง. กลุ่มที่ 4

แบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1. แบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ฉบับนี้มีทั้งหมด 36 ข้อ ในแต่ละข้อจะมีช่องว่างให้เลือกตอบ 5 ช่อง
2. ให้นักเรียนอ่านข้อความแต่ละข้อแล้วพิจารณาเลือกตอบในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด โดยทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในช่องนั้นทุกข้อ คำตอบของนักเรียนไม่มีข้อถูกและผิด และไม่มีผลต่อคะแนนการสอบวิชาวิทยาศาสตร์
3. การตอบแบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์นี้ เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในอนาคตต่อไป
4. ใช้เวลาในการทำข้อสอบ 1 ชั่วโมง
5. ห้ามขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ ลงในแบบทดสอบฉบับนี้เป็นอันขาด
6. ให้นักเรียนส่งคืนแบบทดสอบและกระดาษคำตอบให้กรรมการคุมสอบทันทีเมื่อหมดเวลา
7. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้เรียบร้อย

ตัวอย่าง

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	เป็นกลาง	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
0. วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ทันสมัย		X			
00. วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ล้าสมัย			X		

ชื่อ - นามสกุล.....

ชั้น.....เลขที่.....

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	เป็น กลาง	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
1. ฉันได้เรียนรู้สิ่งที่น่าสนใจจากบทเรียนวิทยาศาสตร์					
2. ฉันรู้สึกท้อแท้เมื่อถึงชั่วโมงเรียนวิทยาศาสตร์					
3. บทเรียนวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าตื่นเต้น					
4. ฉันต้องการให้เพิ่มชั่วโมงเรียนวิทยาศาสตร์ที่โรงเรียน					
5. ฉันชอบวิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าวิชาอื่นๆ ที่โรงเรียน					
6. วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่น่าเบื่อ					
7. ฉันคิดว่าวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ยากมาก					
8. ฉัน <u>ไม่</u> กดดันเรียนวิชาวิทยาศาสตร์					
9. ฉันได้คะแนนดีในวิชาวิทยาศาสตร์					
10. ฉันเรียนรู้บทเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยความเข้าใจ					
11. วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ฉันเรียนได้ดีที่สุดวิชาหนึ่ง					
12. ฉันคิดว่าการเรียนวิทยาศาสตร์ <u>ไม่</u> มีประโยชน์					
13. ฉันได้ฝึกกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลมากขึ้นเมื่อได้เรียนวิชาวิทยาศาสตร์					
14. ฉัน <u>ไม่</u> กล้าถามครูเมื่อไม่เข้าใจเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์					
15. การลงมือปฏิบัติในวิชาวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าตื่นเต้น					
16. ฉันชอบลงมือปฏิบัติในวิชาวิทยาศาสตร์เพราะอยากรู้ว่าจะมีอะไรเกิดขึ้น					
17. การลงมือปฏิบัติในวิชาวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ดีเพราะได้ทำงานกับร่วมกับเพื่อนของฉัน					
18. ฉัน <u>ไม่</u> ชอบทำการทดลองในวิชาวิทยาศาสตร์เพราะต้องใช้เวลาจนกว่าจะได้ข้อสรุปที่ถูกต้อง					
19. ฉันต้องการให้มีการลงมือปฏิบัติในวิชาวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น					
20. ฉันเบื่อที่จะทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ซ้ำ ๆ เพื่อตรวจสอบคำตอบที่ได้					

เกณฑ์ให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

คำชี้แจง

1. เกณฑ์ให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
จำนวน 7 ฉบับ ได้แก่

ฉบับที่ 1 เกณฑ์ให้คะแนนแผนผังความคิด

ฉบับที่ 2 เกณฑ์ให้คะแนนการแตงนิทาน

ฉบับที่ 3 เกณฑ์ให้คะแนนการทำแผ่นพับ

ฉบับที่ 4 เกณฑ์ให้คะแนนการออกแบบฉลากผลิตภัณฑ์

ฉบับที่ 5 เกณฑ์ให้คะแนนการทำหนังสือเล่มเล็ก

ฉบับที่ 6 เกณฑ์ให้คะแนนการทำโครงงาน

ฉบับที่ 7 เกณฑ์ให้คะแนนการแตงคำขวัญ

2. เกณฑ์ให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ในวิชาวิทยาศาสตร์ แต่ละฉบับมีลักษณะเป็นมาตรา
ส่วนประมาณค่า มี 4 ระดับ คือ ดีมาก (4), ดี (3), พอใช้ (2) และ ควรปรับปรุง (1) พร้อมคำอธิบายใน
แต่ละระดับคุณภาพ

ฉบับที่ 1 เกณฑ์ให้คะแนนแผนผังความคิด

รายการ ประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
(ความคล่อง) 1. มโนทัศน์	มีมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโน ทัศน์ย่อย ครบถ้วน มีความชัดเจน	มีมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย แต่ ไม่ครบถ้วน มี ความชัดเจน	มีมโนทัศน์หลัก ครบถ้วน มีมโน ทัศน์รองและย่อย ไม่ครบถ้วน ไม่ ชัดเจน	มีมโนทัศน์หลัก และมโนทัศน์รอง เท่านั้น ไม่มี มโนทัศน์ย่อย
(ความคิด ยืดหยุ่น) 2. เนื้อหา	กลุ่มของคำตอบ หรือการ ยกตัวอย่างมี หลากหลาย	กลุ่มของคำตอบ หรือการ ยกตัวอย่างมี หลากหลายเป็น ส่วนใหญ่	กลุ่มของคำตอบ หรือการ ยกตัวอย่างมี หลากหลายเป็น บางส่วน	กลุ่มของคำตอบ หรือการ ยกตัวอย่างไม่ หลากหลาย
(ความคิดริเริ่ม) 3. รูปแบบการจัด ผังความคิด	มีรูปแบบการจัดผัง แปลกใหม่ แตกต่างไม่ซ้ำกับ เพื่อน เหมาะสม กับเนื้อหา ใช้สี หลากหลายและใช้ รูปภาพแทนคำ หรือข้อความอย่าง เหมาะสม	มีรูปแบบการจัด ผังไม่แปลกใหม่ แต่เหมาะสมกับ เนื้อหา ใช้สีหรือ รูปภาพแทนคำ หรือข้อความบ้าง แต่ยังสื่อ ความหมายไม่ ชัดเจนเท่าที่ควร	มีรูปแบบคล้าย กับเพื่อนการใช้สี น้อย ไม่มีรูปภาพ แทนคำหรือ ข้อความ	มีรูปแบบซ้ำกับ เพื่อนและใช้สีเพียง สีเดียว ไม่มีรูปภาพ แทนคำหรือ ข้อความ

รายการ ประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
(ความคิด ละเอียดลออ) 4. ความ เรียบร้อย สวยงาม	แผนผังความคิดมี การจัดวางที่เป็น ระเบียบ อ่านง่าย และมีความ สวยงาม	แผนผังความคิดมี การจัดวางที่เป็น ระเบียบ อ่านง่าย แต่ไม่มีความ สวยงาม	แผนผังความคิด มีการจัดวางที่ไม่ เป็นระเบียบ แต่มี มีความสวยงาม	แผนผังความคิดมี การจัดวางที่ไม่เป็น ระเบียบ และไม่มี ความสวยงาม



ฉบับที่ 2 เกณฑ์ให้คะแนนการแต่งนิทาน

รายการ ประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
(ความคิดริเริ่ม) 1. ชื่อเรื่อง	ชื่อเรื่องสอดคล้องกับ เนื้อหาไม่ซ้ำกับเพื่อน มีความแปลกใหม่ และน่าสนใจ	ชื่อเรื่องสอดคล้อง กับเนื้อหาไม่ซ้ำกับ เพื่อน แต่ขาดความ แปลกใหม่	ชื่อเรื่องสอดคล้อง กับเนื้อหา แต่ คล้ายคลึงกับเพื่อน	ชื่อเรื่องสอดคล้อง กับเนื้อหาแต่ซ้ำ กับเพื่อน
(ความคิด ละเอียดลออ) 2. เนื้อเรื่อง	การลำดับเหตุการณ์ที่ เกิดขึ้นมีความ สมเหตุสมผลทุกฉาก มีความสัมพันธ์ ต่อเนื่องกัน	การลำดับเหตุการณ์ ที่เกิดขึ้นมีความ สมเหตุสมผล บาง ฉากไม่มี ความสัมพันธ์ ต่อเนื่องกัน	การลำดับ เหตุการณ์ไม่ค่อย สมเหตุสมผล ฉาก ไม่มีความสัมพันธ์ ต่อเนื่องกัน	การลำดับ เหตุการณ์ในเรื่อง สับสนวุ่นวาย ขาด เหตุผล ฉากไม่มี ความสัมพันธ์ ต่อเนื่องกัน
(ความคิด ยืดหยุ่น) 3. การนำเสนอ	การนำเสนอเรื่อง น่าสนใจมาก มีการ สอดแทรกทั้งความรู้ ความบันเทิงและคติ ข้อคิดได้อย่าง หลากหลาย	การนำเสนอเรื่อง น่าสนใจมีการ สอดแทรกความรู้ ความบันเทิงและคติ ข้อคิดบ้าง	การนำเสนอเรื่อง น่าสนใจ แต่ไม่มี การสอดแทรก ความรู้ หรือความ บันเทิง หรือคติ ข้อคิดเพียง อย่าง ใดอย่างหนึ่ง	การนำเสนอเรื่อง ไม่น่าสนใจ

รายการ ประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
(ความคิด คล่อง) 4.การใช้ภาษา	ใช้สำนวนภาษา สุภาพเหมาะสม กระชับรัด ไม่วกวน สามารถถ่ายทอด เรื่องราวผ่านคำพูด ของตัวละครได้อย่าง ชัดเจน และช่วยให้ เรื่องดำเนินไปตาม โครงเรื่องที่วางไว้	ใช้สำนวนภาษา สุภาพ กระชับรัด ไม่ วกวนบทสนทนา เหมาะสมกับตัว ละครและมีบท บรรยายและบทพูด อย่างเหมาะสม แต่มี บางประเด็นไม่ สนับสนุนให้เรื่อง ดำเนินไปตามโครง เรื่องที่วางไว้	ใช้สำนวนภาษา สุภาพ กระชับรัด แต่วกวน บท สนทนาไม่ค่อย เหมาะสมกับตัว ละคร หรือมีบทพูด มาก แต่ให้ ความหมายหรือ ใจความสำคัญ น้อย	ใช้สำนวนภาษา ไม่ค่อยถูกต้อง ไม่ กระชับรัด วกวน บทสนทนาไม่ค่อย เหมาะสมกับตัว ละคร มีบท บรรยายมากกว่า บทพูด

ฉบับที่ 3 เกณฑ์ให้คะแนนการทำผ่านพับ

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
(ความละเอียดลออ) 1. เนื้อหา	เนื้อหาถูกต้อง มีรายละเอียดชัดเจน และมีการลำดับเนื้อหาแบ่งเป็นตอนๆ	เนื้อหาถูกต้อง มีรายละเอียดชัดเจน แต่ไม่มีการลำดับเนื้อหาแบ่งเป็นตอนๆ	เนื้อหาถูกต้อง มีรายละเอียดบางส่วน และไม่มี การลำดับเนื้อหาแบ่งเป็นตอนๆ	เนื้อหาถูกต้อง บางส่วน และไม่มี การลำดับเนื้อหาแบ่งเป็นตอนๆ
(ความคิดยืดหยุ่น) 2. ความครอบคลุมของเนื้อหา	แนวคิดหลากหลาย ครอบคลุมเนื้อหาส่วนใหญ่	แนวคิดหลากหลาย มีการ ครอบคลุมเนื้อหาบางส่วน	แนวคิดไม่หลากหลาย แต่มีการ ครอบคลุม เนื้อหาบางส่วน	แนวคิดไม่หลากหลายและ ไม่ครอบคลุม เนื้อหา
(ความคิดคล่อง) 3. การยกตัวอย่าง	การยกตัวอย่างการ ละเอียดใน ชีวิตประจำวันได้ มากกว่าร้อยละ 81	การยกตัวอย่าง การละเอียดใน ชีวิตประจำวันได้ ร้อยละ 66-80	การยกตัวอย่าง การละเอียดใน ชีวิตประจำวันได้ ร้อยละ 50-65	การยกตัวอย่าง การละเอียดใน ชีวิตประจำวันได้ ไม่เกินร้อยละ 50
(ความคิดริเริ่ม) 4. รูปแบบการนำเสนอ	รูปแบบการนำเสนอโดดเด่น ใช้ ภาพประกอบเหมาะสม และใช้สีที่หลากหลายแตกต่าง จากของเพื่อน มี ความแปลกใหม่และ น่าสนใจ	รูปแบบการ นำเสนอน่าสนใจ ใช้ภาพประกอบเหมาะสม และใช้ สีที่หลากหลายไม่ซ้ำกับเพื่อน แต่ ขาดความแปลก ใหม่	รูปแบบการ นำเสนอคล้ายคลึง กับเพื่อน ใช้ ภาพประกอบ และ ใช้สีไม่ดึงดูด ความสนใจ	รูปแบบการ นำเสนอซ้ำกับ เพื่อน ใช้ ภาพประกอบ และ ใช้สีไม่ดึงดูด ความสนใจ

ฉบับที่ 4 เกณฑ์ให้คะแนนแผนการออกแบบฉลากผลิตภัณฑ์

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
(ความคิดริเริ่ม) 1. รูปแบบการนำเสนอ	ฉลากมีตัวอักษรและ/หรือรูปภาพสวยงาม แปลกใหม่ โดดเด่น น่าสนใจแตกต่างจากของเพื่อน	ฉลากมีตัวอักษรและ/หรือรูปภาพสวยงาม ไม่ซ้ำกับเพื่อน แต่ขาดความแปลกใหม่	ฉลากมีตัวอักษรและ/หรือรูปภาพสวยงาม แต่คล้ายคลึงกับเพื่อน	ฉลากมีตัวอักษรและ/หรือรูปภาพสวยงาม แต่เหมือนกับเพื่อน
(ความคิดละเอียดลออ) 2. องค์ประกอบของฉลาก	มีองค์ประกอบของฉลากสินค้าครบถ้วน คือ - ชื่อสินค้า - ตรา/สัญลักษณ์ - ส่วนประกอบ - วิธีใช้ - สรรพคุณ - วันเดือนปีที่ผลิต - ปริมาตรที่บรรจุ - ผลิตโดย	มีองค์ประกอบของฉลากสินค้าไม่ครบถ้วน ขาด 1 องค์ประกอบ	มีองค์ประกอบของฉลากสินค้าไม่ครบถ้วน ขาด 2 องค์ประกอบ	มีองค์ประกอบของฉลากสินค้าไม่ครบถ้วน ขาด 3 องค์ประกอบ
(ความคิดยืดหยุ่น) 3. การบอกสรรพคุณของสารทำความสะอาด	บอกสรรพคุณของสารทำความสะอาดได้อย่างหลากหลายประเภท	บอกสรรพคุณของสารทำความสะอาดสะอาดได้หลากหลายเป็นส่วนใหญ่	บอกสรรพคุณของสารทำความสะอาดสะอาดได้หลากหลายบ้าง	บอกสรรพคุณของสารทำความสะอาดสะอาดได้ไม่หลากหลาย

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
(ความคิดคล่อง) 4. การใช้ภาษา	ใช้ประโยคหรือ ข้อความสั้น กระชับรัดได้ ใจความชัดเจน และโน้มน้าวใจ ให้ผู้อ่านอยากใช้ สินค้านั้น	ใช้ประโยคหรือ ข้อความยาว แต่ ได้ใจความชัดเจน และโน้มน้าวใจ ให้ผู้อ่านอยากใช้ สินค้านั้น	ใช้ประโยคหรือ ข้อความสั้นหรือยาว ก็ได้ แต่ไม่สามารถ โน้มน้าวใจให้ ผู้อ่านอยากใช้สินค้า นั้น	ใช้ถ้อยคำ ฟุ่มเฟือยอธิบาย หรือขยายความ เกินไปหรือไม่สื่อ ความ



แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT

คำชี้แจง

แบบสัมภาษณ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมความคิดเห็นของครูผู้สอนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT เพื่อส่งเสริมพัฒนาของนักเรียน ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ผู้วิจัยเป็นผู้สัมภาษณ์ครูและบันทึกข้อมูลลงในแบบสัมภาษณ์ฉบับนี้

1. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรในการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT (4MAT System)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ในการวางแผนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ท่านพบปัญหาใดบ้าง คิดว่าจะแก้ไขอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ในการประเมินผลการเรียนรู้ท่านพบปัญหาใดบ้าง คิดว่าจะแก้ไขอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ท่านพอใจกับการสอนโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MATหรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ท่านพอใจกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MATหรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. ถ้าท่านต้องสอนวิชานี้หรือสอนเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของท่านจะนำวิธีการใด (หรือกิจกรรมใด) ไปใช้บ้าง เพราะเหตุใด และจะปรับปรุงกิจกรรมใดบ้าง เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. ท่านคิดว่านักเรียนพอใจกับการเรียนรู้ในวิชานี้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

8. ท่านมีระดับความเชื่อมั่นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MATเท่าใด
(วงกลมรอบข้อที่ต้องการตอบ)

1	2	3	4	5
ไม่มี	มีเล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	สูงมาก

เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT

คำชี้แจง

แบบสัมภาษณ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT เพื่อส่งเสริมพัฒนาญาของนักเรียน ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ผู้วิจัยเป็นผู้สัมภาษณ์นักเรียนและบันทึกข้อมูลลงในแบบสัมภาษณ์ฉบับนี้

1. นักเรียนเล่าถึงครูที่สอนวิชานี้ว่าเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนมีความประทับใจอะไรบ้างในการเรียนวิชานี้

.....

.....

.....

.....

3. นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรในการที่ครูใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT(4MAT System)ในการสอนวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

.....

4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์บนพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MAT ช่วยให้นักเรียน
เรียนวิทยาศาสตร์ได้เข้าใจเพิ่มขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

5. นักเรียนคิดว่าได้เรียนรู้อะไรเพิ่มเติมบ้างจากการเรียนโดยใช้วิธีนี้เมื่อเทียบกับการสอนวิธีเดิม

.....

.....

.....

6. นักเรียนคิดว่าการประเมินผลในการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่องนี้แตกต่างจากการเรียนในวิชา
วิทยาศาสตร์เรื่องอื่นๆ หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

7. นักเรียนขอให้มีการประเมินผลอย่างไร

.....

.....

.....

8. นักเรียนคิดว่ากิจกรรมใดที่น่าสนใจมากที่สุดในการเรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้
แบบ 4MATจงอธิบาย

.....

.....

.....

9. นักเรียนคิดว่ากิจกรรมใดที่น่าเบื่อหรือไม่มีประโยชน์ต่อนักเรียนในการเรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้
วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MATจงอธิบาย

.....

.....

.....

10. นักเรียนคิดว่ากิจกรรมหรือกระบวนการเรียนใดที่ยากสำหรับนักเรียนในการเรียนวิทยาศาสตร์โดย
ใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4MATจงอธิบาย

.....

.....

.....

11. ในการสอนเรื่องสารและสสาร นักเรียนอยากให้ครูสอนอย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

12. เพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงกิจกรรม นักเรียนมีข้อเสนอแนะหรือข้อคิดเห็นเพิ่มเติมอื่นๆ อย่างไร
บ้าง

.....

.....

.....



APPENDIX C

The Results of Index of Correspond from Experts

TABLE 18 THE RESULTS OF ASSESSING AND EVALUATING THE ITEM OBJECTIVE
CONGRUENCE (IOC), ITEM DIFFICULTY (p) AND ITEM DISCRIMINATION (r) OF THE
ACHIEVEMENT TEST

Section 1

Item No.	IOC	p	r
1	0.67	0.22	0.42
2	0.67	0.70	0.67
3	0.67	0.61	0.33
4	1.00	0.59	0.67
5	1.00	0.57	0.67
6	0.67	0.39	0.42
7	1.00	0.41	0.33
8	1.00	0.44	0.67
9	1.00	0.24	0.25
10	0.67	0.59	0.33
11	1.00	0.44	0.58
12	1.00	0.61	0.33
13	1.00	0.52	0.50
14	1.00	0.48	0.33
15	1.00	0.52	0.42
16	1.00	0.46	0.33
17	1.00	0.79	0.25
18	1.00	0.74	0.38
19	1.00	0.57	0.50
20	1.00	0.41	0.25
21	1.00	0.46	0.38
22	1.00	0.59	0.25

TABLE 17 (continued)

Section 2

Item No.	IOC	p	r
1	1.00	0.29	0.25
2	1.00	0.35	0.46
3	1.00	0.62	0.42
4	1.00	0.44	0.38

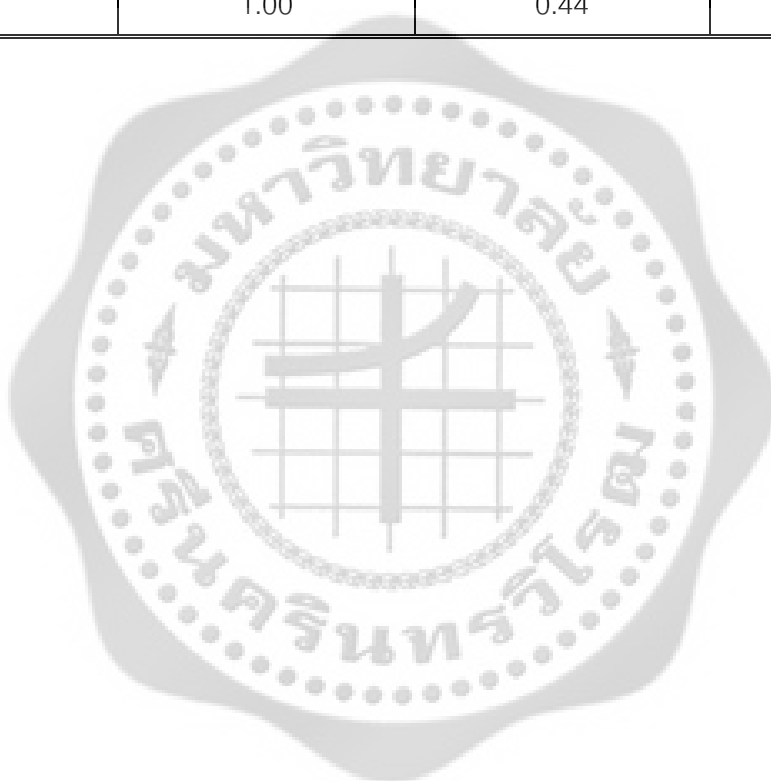


TABLE 19 THE RESULTS OF INDEX OF CONGRUENCE FOR CONSTRUCT VALIDITY OF
RESEARCH INSTRUMENTS AS EVALUATED BY 3 EXPERTS

Research instruments	$\bar{X}$	Result
1. Learning styles questionnaires	1.00	Strongly congruence
2. Multiple intelligences assessment	1.00	Strongly congruence
3. Science process assessment for elementary students	0.97	Strongly congruence
4. Attitudes toward science measures	0.98	Strongly congruence
5. Evaluation form of creative thinking	0.98	Strongly congruence
6. The students' opinions toward science learning activities interview form	1.00	Strongly congruence
7. The teachers' opinions toward science learning activities interview form	1.00	Strongly congruence

Note: 0.75 – 1.00 = strongly congruence

0.50 – 0.75 = congruence

Less than 0.50 = have to modify



APPENDIX D

MANOVA Assumption Check

MANOVA Assumption Check

1) Descriptive statistic tested the normality of dependent variable

TABLE 20 SKEWNESS AND KURTOSIS OF CRITERION TEST

Criterion Test	Skewness	Kurtosis
Achievement	0.243	-1.066
Science process skills	0.427	-0.579
Attitudes toward science	0.381	-0.439
Multiple intelligences	-0.616	-0.357

2) Correlation between dependent variables

TABLE 21 PEARSON'S CORRELATION AMONG DEPENDENT VARIABLE

Criterion test	Achievement	Science process skills	Attitudes toward science	Multiple intelligences
Achievement	1	0.649**	0.436**	0.062
Science process skills	0.649**	1	0.350**	-0.118
Attitudes toward science	0.436**	0.350**	1	-0.029
Multiple intelligences	0.062	-0.118	-0.029	1

** $p < 0.01$

3) Variance-Covariance Matrices tests

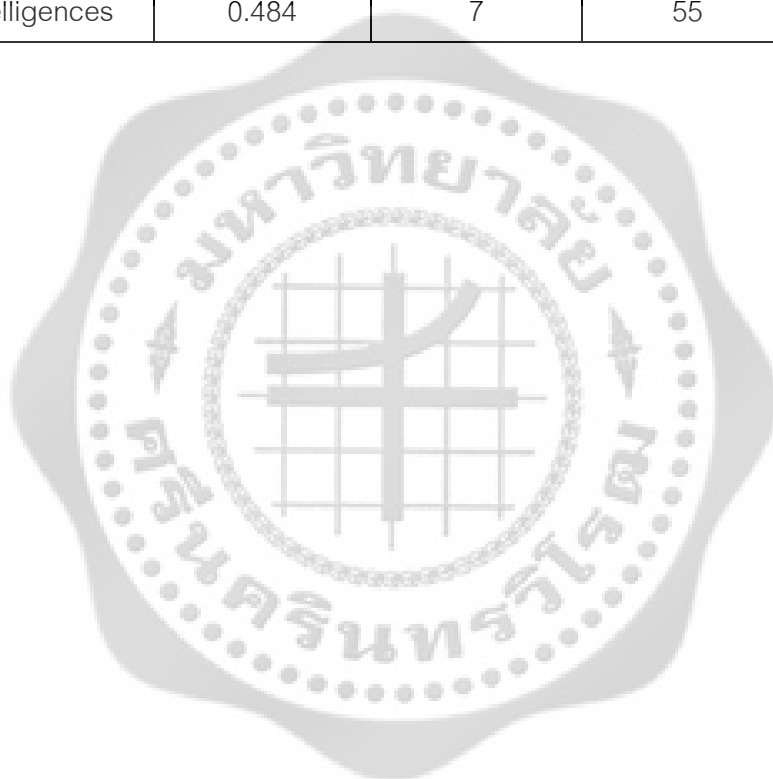
TABLE 22 BOX'S TEST OF EQUALITY OF COVARIANCE MATRICES

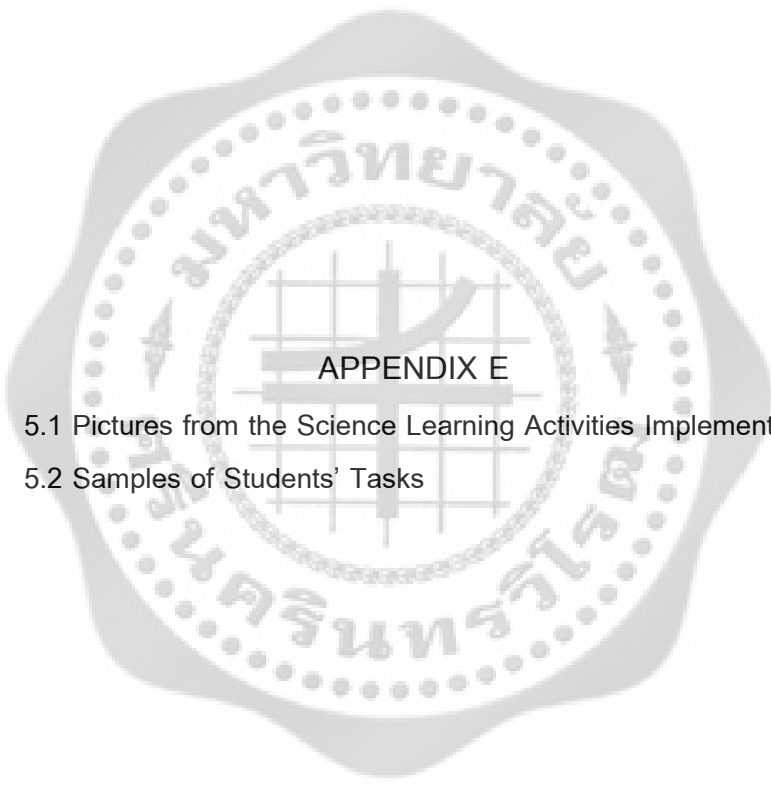
Box's M	F	df1	df2	Sig.
91.754	1.133	60	2768	0.227

4) Homogeneity of variance among criterion tests

TABLE 23 LEVENE'S TEST OF EQUALITY OF ERROR VARIANCES

Criterion Test	F	df1	df2	Sig.
Achievement	2.067	7	55	0.063
Science process skills	1.703	7	55	0.127
Attitudes toward science	0.726	7	55	0.651
Multiple intelligences	0.484	7	55	0.842





APPENDIX E

5.1 Pictures from the Science Learning Activities Implementation

5.2 Samples of Students' Tasks

ภาพกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์บนพื้นฐานวัฏจักรการ
เรียนรู้แบบ 4MAT



ครูแนะนำอุปกรณ์วิทยาศาสตร์



นักเรียนร่วมกันเล่นเกมการแยก



ครูคอยดูแลและช่วยเหลือนักเรียนอย่างใกล้ชิด



นักเรียนวิเคราะห์และอภิปรายผลการทดลอง



นักเรียนนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน



ครูตรวจผลการทดลองเพื่อความถูกต้อง



กิจกรรมมารู้จักสารกันเถอะ



กิจกรรมหาแนวระดับของน้ำ



กิจกรรมสิ่งรอบตัวเรา



กิจกรรมฉันทเปลี่ยนไป



กิจกรรมกำเนิดเป็นสิ่งใหม่



กิจกรรมสังเกตผลาก



บันทึกผลการทดลอง

ตาราง

แสดงการละลายของสาร

สารที่ใช้ทดลอง	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้		ชนิดของสารผสม	
	น้ำเย็น	น้ำร้อน	สารเนื้อเดียว	สารเนื้อผสม
หลอดที่ 1 น้ำ - น้ำตาล	น้ำตาลละลายจนหมด	น้ำตาลละลายจนหมด	✓	
หลอดที่ 2 น้ำ - แป้ง	ละลายไม่หมดเหลือแต่ตะกอน เป็นสารแขวนลอย	แป้งเป็นก้อนเหนียว จับกัน		✓
หลอดที่ 3 น้ำ - กาว	เหนียวตัวไม่ละลาย	เปลี่ยนสีการเปลี่ยน		✓

สรุปผลการทดลอง

น้ำเย็นและน้ำร้อนต่างก็มีผลต่อการละลายแตกต่างกัน
เพราะ น้ำร้อน มีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำเย็น อุณหภูมิสูงการละลาย

เรื่องที่ 4 การละลาย

บันทึกผลการทดลอง

ตาราง

แสดงการละลายของสาร

สารที่ใช้ทดลอง	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้		ชนิดของสารผสม	
	น้ำเย็น	น้ำร้อน	สารเนื้อเดียว	สารเนื้อผสม
หลอดที่ 1 น้ำ - น้ำตาล	น้ำตาลละลายจนหมด	น้ำตาลละลายจนหมด	✓	
หลอดที่ 2 น้ำ - แป้ง	แป้งไม่ละลายเหลือตะกอน เป็นสารแขวนลอย	แป้งเป็นก้อนเหนียว จับกัน		✓
หลอดที่ 3 น้ำ - กาว	เหนียวตัวไม่ละลาย	เปลี่ยนสีการเปลี่ยน		✓

สรุปผลการทดลอง

น้ำร้อนมีผลต่อการละลายมากกว่าน้ำเย็น การละลายของสาร
การละลายของสารในน้ำร้อนจะเร็วกว่าในน้ำเย็น เพราะน้ำร้อนมีอุณหภูมิสูง
การละลายของสารในน้ำเย็นจะช้ากว่าในน้ำร้อน

เรื่องที่ 4 การละลาย



VITAE

Name: Miss Wanphen Pratoomtong
Date of Birth: March 23, 1981
Place of Birth: Nakhon Nayok, Thailand
Address: 12/1 M. 2 Pikul-ok, Banna, Nakhon Nayok, Thailand, 26110
E-mail: wpratoomtong_phen@hotmail.com

Educational Background:

- 2011 Doctor of Education (Ed.D.), Science Education, Srinakharinwirot University, Bangkok
- 2004 Graduate Diploma (Grad. Dip.), Teaching Profession, Srinakharinwirot University, Bangkok
- 2003 Bachelor of Science (B.Sc.), Chemistry, Srinakharinwirot University, Bangkok

