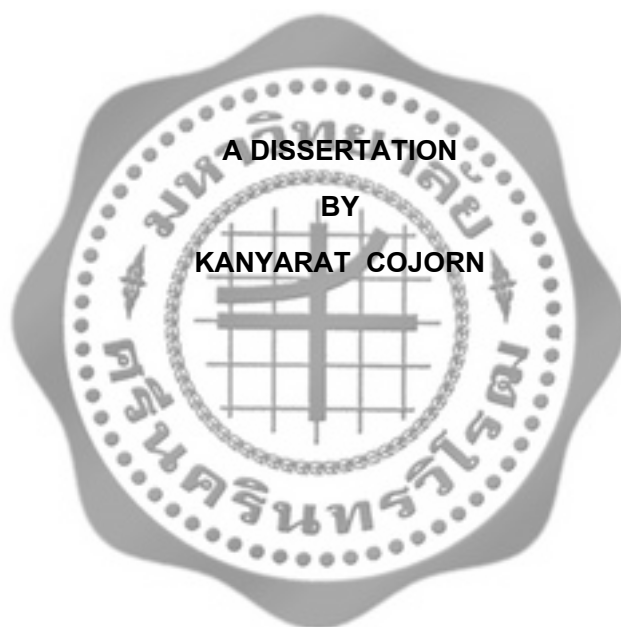


**A DEVELOPMENT OF CREATIVE PROBLEM SOLVING (CPS) LEARNING MODEL ON
MATTER AND PROPERTIES OF MATTER FOR SEVENTH GRADE STUDENTS**



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

SEPTEMBER 2011

**A DEVELOPMENT OF CREATIVE PROBLEM SOLVING (CPS) LEARNING MODEL ON
MATTER AND PROPERTIES OF MATTER FOR SEVENTH GRADE STUDENTS**



**Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
September 2011**

**A DEVELOPMENT OF CREATIVE PROBLEM SOLVING (CPS) LEARNING MODEL ON
MATTER AND PROPERTIES OF MATTER FOR SEVENTH GRADE STUDENTS**



**Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
September 2011
Copyright 2011 by Srinakharinwirot University**

**A DEVELOPMENT OF CREATIVE PROBLEM SOLVING (CPS) LEARNING MODEL ON
MATTER AND PROPERTIES OF MATTER FOR SEVENTH GRADE STUDENTS**



**Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
September 2011**

Kanyarat Cojorn. (2011). *A Development of Creative Problem Solving (CPS) Learning Model on Matter and Properties of Matter for Seventh Grade Students*. Dissertation, Ed.D. (Science Education). Bangkok: Graduate School. Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assoc. Prof. Dr. Sunee Haemaprasith, Dr. Pramuan Siripankaew, Assist. Prof. Dr. Numphon Koocharoenpisal.

The objectives of this study were 1) to develop the CPS learning model for seventh grade students on "Matter and Properties of Matter", and 2) to study the effects of implementing the CPS learning model as the follows:

2.1) to study the effects of interaction between the learning models and the students' prior knowledge levels on students' creative problem solving skill,

2.2) To study the effects of the CPS learning model on students' learning achievement, scientific creativity skill, creative problem solving skill, and scientific attitudes,

2.3) To study the effects of the prior knowledge levels of students who learn through the CPS learning model on the creative problem solving skill.

The CPS learning model was developed based on the creative problem solving approach and five essential features of inquiry. The key strategy of the CPS learning model is depending on real life problem situations to provide students with opportunities to practice creative and logical thinking through five learning steps: engaging, problem exploring, solutions creating, plan executing, and concepts examining.

The research design of Pretest-Posttest Control-Group Design was used as a step toward the implementation of the CPS learning model. The subjects were two classrooms of seventh grade students. One classroom was designed as the control group (48 students), which was taught with the conventional learning model and the other was designed as the experimental group (46 students), which was taught with the CPS learning model. The research tools consisted of the learning achievement test, the scientific creativity test, the creative problem solving test, the creative problem solving self assessment form, and the scientific attitude inventory. The collected data were analyzed using mean values, standard deviation, t-test for independent sample, repeated measures Analysis of Variance (ANOVA), Analysis of Covariance (ANCOVA), and Nonparametric Statistics.

The results revealed that:

1) There was no interaction between the learning models and the students' prior knowledge levels on the students' creative problem solving skill.

2) Comparison between the experimental and control groups showed that:

2.1) Overall, the students in the experimental group had higher learning achievement, scientific creativity skill, creative problem solving skill, and scientific attitudes than the students in the control group with a statistically significant difference at the .05 level.

2.2) Considering each level of learning achievement including level I: "Recall and Reproduction", level II: "Skills and Concepts", level III: "Strategic Thinking", and level VI: "Extended Thinking", the finding indicated that the students in both groups were not different in the level I whereas for other levels the students in the experimental group had higher scores than the students in the control group with a statistically significant difference at the .05 level.

2.3) Considering each aspect of scientific creativity skill including aspects of fluency, flexibility, and originality and creative problem solving skill including aspects of fluency, flexibility, originality and reasoning, the finding indicated that the students in the experimental group had higher scientific creativity and creative problem solving skills than the students in the control group with a statistically significant difference at the .05 level in all aspects.

2.4) Considering each statement of scientific attitudes including statements of "Scientific knowledge", "Almighty of science and scientists", "Scientific methodology", "Functions of science", "Science liberal education", and "Science interests and science careers". The finding indicated that the students in both groups were not different in the statement of "Scientific knowledge" and "Functions of science" whereas for other statements the students in the experimental group had higher scores than the students in the control group with a statistically significant difference at the .05 level.

3) Consideration of the CPS learning model showed that:

3.1) The students who had different prior knowledge levels (high, medium, low) had a significant difference at the .05 level on scientific creativity skill, and creative problem solving skill after completing the CPS learning model. Particularly, the group of high prior knowledge level was obviously higher than the groups of medium and low prior knowledge level.

3.2) The students who had different prior knowledge levels (high, medium, low) had significantly increased at the .05 level on learning achievement, scientific creativity skill, creative problem solving skill, and scientific attitudes after completed the CPS learning model.

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์(CPS learning Model)
เรื่องสารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
กันยายน 2554

กัญญารัตน์ โฉจร. (2554). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์(CPS Learning Model) เรื่องสารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา), กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: รองศาสตราจารย์ ดร.สุนีย์ เหมาะประสิทธิ์, ดร. ประมวล ศิริพันธ์แก้ว, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น้ำฝน คุณเจริญไพศาล.

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายคือ 1) เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS Learning Model) เรื่องสารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2) เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS ซึ่งพิจารณาจาก

2.1) ศึกษาปฏิสัมพันธ์ของรูปแบบการเรียนรู้และระดับความรู้พื้นฐานของนักเรียนที่ส่งผลต่อทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

2.2) ศึกษาผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2.3) ศึกษาทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนที่มีระดับความรู้พื้นฐานที่แตกต่างกันที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS

รูปแบบการเรียนรู้นี้มีพื้นฐานมาจากหลักการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และคุณลักษณะสำคัญ 5 ประการของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS จะเน้นการใช้ประเด็นปัญหาในชีวิตจริง ให้นักเรียนฝึกคิดวิเคราะห์และคิดอย่างสร้างสรรค์ควบคู่กันไปผ่านกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นกระตุ้นความสนใจ ขั้นสำรวจตรวจสอบทำความเข้าใจปัญหา ขั้นสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นตรวจสอบยอมรับ และขยายองค์ความรู้

แบบแผนการทดลองที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ Pretest-Posttest Control-Group Design กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 2 ห้องเรียน โดยแบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน (นักเรียน 48 คน) ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติและกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน (นักเรียน 46 คน) ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะการคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์ แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ แบบประเมินตนเองด้านการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และแบบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติ t-test กรณีกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระจากกัน(t-test independent) การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีการวัดซ้ำ (Repeated Measures Analysis of Variance: ANOVA) การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance : ANCOVA) และ การทดสอบสถิติไร้พารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics)

ผลการวิจัย พบว่า

1) ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการเรียนรู้กับความรู้พื้นฐานของนักเรียนที่ส่งผลต่อทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

2) ในการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลอง และ กลุ่มควบคุมพบว่า

2.1) เมื่อพิจารณาโดยภาพรวม นักเรียนในกลุ่มทดลอง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2) เมื่อพิจารณาตามระดับของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งประกอบด้วย ระดับที่ 1 “ความรู้-การระลึกได้” ระดับที่ 2 “ด้านทักษะ-มโนทัศน์” ระดับที่ 3 “ด้านการคิดอย่างมีระบบ” และระดับที่ 4 “ด้านการคิดต่อยอด” ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับที่ 1 ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ระดับอื่นๆนักเรียนในกลุ่มทดลองมีคะแนนสูงกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.3) เมื่อพิจารณาตามรายด้าน ของทักษะการคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วย การคิดคล่อง การคิดยืดหยุ่น และการคิดริเริ่ม และทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งประกอบไปด้วย การคิดคล่อง การคิดยืดหยุ่น การคิดริเริ่ม และการคิดอย่างมีเหตุผล ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองมีคะแนนสูงกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.4) เมื่อพิจารณาตามองค์ประกอบของเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย “องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์” “ความสำคัญของวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์” “ระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์” “บทบาทของวิทยาศาสตร์” “การศึกษาวิทยาศาสตร์กับเสรีภาพ” และ“ความสนใจในวิทยาศาสตร์และอาชีพทางวิทยาศาสตร์” ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบของ “องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์” และ“บทบาทของวิทยาศาสตร์” ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่องค์ประกอบอื่นๆนักเรียนในกลุ่มทดลองมีคะแนนสูงกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) เมื่อพิจารณาเฉพาะรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS พบว่า

3.1) นักเรียนที่มีระดับความรู้พื้นฐานที่แตกต่างกัน (สูง, ปานกลาง, ต่ำ) เมื่อได้เรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS พบว่ามีทักษะการคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยพบว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานในระดับสูง มีทักษะการคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์ และการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับความรู้พื้นฐานในระดับกลางและระดับต่ำอย่างชัดเจน

3.2) นักเรียนที่มีระดับความรู้พื้นฐานที่แตกต่างกัน (สูง, ปานกลาง, ต่ำ) เมื่อได้เรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS พบว่านักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

The dissertation titled
“A Development of Creative Problem Solving (CPS) Learning Model on Matter and
Properties of Matter for Seventh Grade Students”

By
Kanyarat Cojorn

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

..... Dean of the Graduate School

(Assoc. Prof. Dr. Somchai Santiwatanakul)

September, 2011

Dissertation Committee

Oral Defense Committee

.....Major-advisor

.....Chair

(Assoc. Prof. Dr.Sunee Haemaprasith)

(Dr.Pornchai Inchai)

.....Co-advisor

.....Committee

(Dr. Pramuan Siripankaew)

(Assoc. Prof. Dr.Sunee Haemaprasith)

.....Co-advisor

.....Committee

(Assist. Prof. Dr.Numphon Koocharoenpisa)

(Dr. Pramuan Siripankaew)

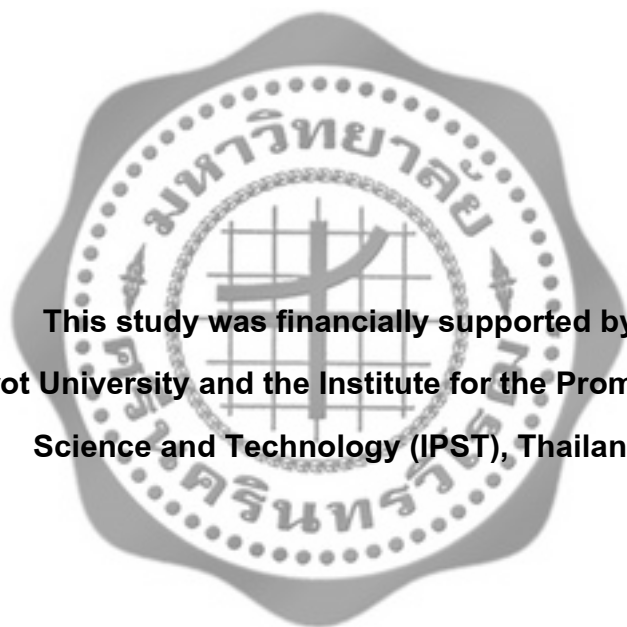
.....Committee

(Assist. Prof. Dr.Numphon Koocharoenpisa)

.....Committee

(Acting Sub Lt. Dr.Manat Boonprakob)

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



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 deepest gratitude to Assoc. Prof. Dr. Sunee Haemaprasith, my supervisor, and Dr. Pramuan Siripankaew, Assist. Prof. Dr. Numphon Koocharoenpisa, my advisors, for their kind guidance, valuable comments and encouragement throughout the study.

I also would like to express my appreciation to Prof. Dr. Peter Hewson and Prof. Dr. Mariana Hewson for their helps, guidance and advice throughout my year at University of Wisconsin-Madison, USA.

I am indebted to Assoc. Pro. Dr. Prayaong Pongthongchareon, the former Director of Science Education Center, Srinakharinwirot University, Assoc. Pro. Dr. Nason Phonpoke, Director of Science Education Center, Srinakharinwirot University, and all instructors, staffs, colleagues, and friends for their advices and encouragement during the study. Moreover, it is a pleasure to thank groups of experts, all teachers and all of my students whom I may not name for their advices and helps me beautifully pass through this study.

Moreover, I wish to express my thankfulness to the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), and the graduate school of Srinakharinwirot University for the financial support of my study.

I would especially like to thank and express the love to my beloved family, my father, my mother and my brother, who are always with me during the good time and the tough time and for being proud of me and all support.

Lastly, I offer my regards and blessing to all my people who supported me during the completion of my dissertation.

Kanyarat Cojorn

TABLE OF CONTENTS

Chapter	Page
1 INTRODUCTION	
Background.....	1
Research Questions	5
Research Objectives.....	5
Significance of the Study.....	6
Scope of the Study.....	6
Definition of Terms.....	7
Conceptual Framework of the Study.....	11
Theoretical Framework.....	13
Research Hypotheses.....	15
2 REVIEW OF RELATED LITERATURE	
National education	17
Constructivism	18
Inquiry	21
Problem-Based Learning (PBL).....	26
The Creativity	31
Creative Problem Solving Approach.....	36
Depth of Knowledge (DOK) Levels for Science.....	47
Scientific Attitudes.....	52
Research related to this study.....	53
The Creative Problem Solving (CPS) Learning Model.....	58
3 RESEARCH METHODOLOGY	
Phase 1: Studying Basic Data and Related Literatures	70
Phase 2: Developing the CPS Learning Model and Research Tools	71
Phase 3: Conducting a Pilot Study	84
Phase 4: Implementing the CPS Learning Model.....	86

TABLE OF CONTENTS (continued)

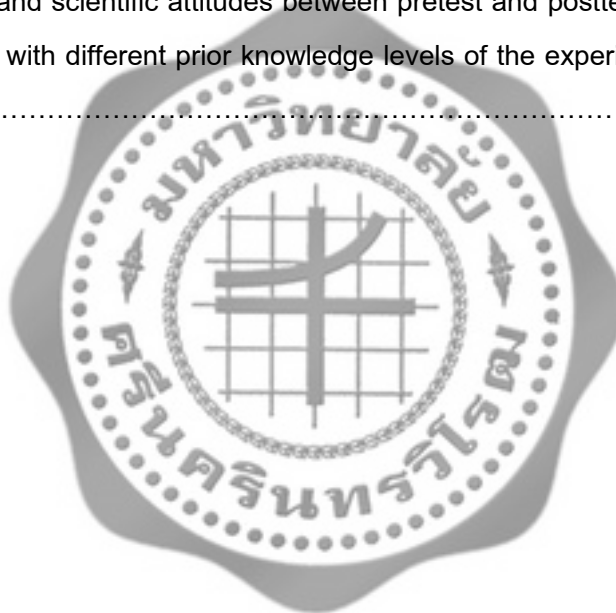
Chapter	Page
4 RESULTS OF THE STUDY	
Section 1: The results of developing the CPS learning model	90
Section 2: The results of implementing the CPS learning model	96
5 CONCLUSION AND DISSCUSSION	
Research Objectives.....	113
Research Hypotheses	113
Research instruments.....	113
Research methodology.....	114
Conclusions.....	115
Discussions.....	119
Recommendations.....	126
BIBLIOGRAPHY.....	129
APPENDIX.....	141
VITAE.....	263

LIST OF TABLES

Table	Page
1 Five Essential Features of Classroom Inquiry and their Variation	25
2 The Comparison of Creative Problem Solving Model.....	45
3 Comparison DOK and Bloom Translation and keyword of each level	48
4 An example of the description of DOK levels in science	50
5 The procedure of CPS learning model	63
6 Learning units for the CPS learning model.....	77
7 Point value for positive and negative items	83
8 The reliability, difficulty and item discrimination of each assessment tools	84
9 Research tools and data collection periods	88
10 The description of the CPS learning model.....	94
11 Comparisons of the pretest scores of students' learning achievement, scientific creativity, creative problem solving, and scientific attitudes between the experimental and control group	96
12 Comparison of the posttest of creative problem solving scores by learning models and prior knowledge levels.....	99
13 The pair wise comparisons of the creative problem solving scores among the students' prior knowledge levels.....	99
14 Comparison of the posttest scores of students' learning achievement, scientific creativity , creative problem solving, and scientific attitudes between the experimental and control group.....	100
15 The descriptive statistics for the score of creative problem solving self assessment.....	105
16 Comparison of the student' creative problem solving self assessment scores among groups of the evaluation timing.....	106
17 The pair wise comparisons among groups of difference timing for creative problem solving self assessment.....	106
18 The descriptive statistics for the scores of creative problem solving self- assessment.....	107

LIST OF TABLES (continued)

Table		Page
19	The descriptive statistics of creative problem solving posttest scores of students who have different prior knowledge levels in the experimental group.....	110
20	Comparisons of the students' creative problem solving posttest scores of each group of the different prior knowledge levels.....	110
21	Comparison of learning achievement, scientific creativity, creative problem solving, and scientific attitudes between pretest and posttest scores of students with different prior knowledge levels of the experimental group.....	112



LIST OF FIGURES

Figure	Page
1 Conceptual framework of the study.....	11
2 Framework of the study.....	12
3 The Creative Problem Solving (CPS) Learning Model	14
4 The science inquiry map	23
5 The scientific structure creativity model (SSCM).....	35
6 The diamond model of problem solving	36
7 The Isaksen-Treffinger creative problem solving model.....	42
8 The Isaksen, Dorval, Treffinger creative problem solving model.....	44
9 The Creative Problem Solving (CPS) Learning Model	59
10 The structure of Creative Problem Solving (CPS) Approach and 5 essential features of inquiry in CPS learning model.....	60
11 Overview of researcher procedure.....	69
12 The first draft of CPS learning model.....	72
13 The second draft of CPS learning model.....	73
14 The last draft of CPS learning model.....	74
15 The CPS learning model.....	76
16 Pretest-Posttest control group design.....	86
17 The CPS learning model.....	92
18 The mean scores plot of creative problem solving self assessment form in each time.....	105
19 The progression of creative problem solving self assessment.....	108

CHAPTER 1

INTRODUCTION

Background

Scientific knowledge and rapid technology advancement have caused tremendous changes in the globalization era. The important requirements for the future people are sufficient knowledge in science and thinking skills especially problem solving and creative thinking (Shinn. 2004). Education is a means to develop human potential for survival in tomorrow's world. Therefore, those involved in education should be aware of the changing world and improve the instructional strategies to meet such situations and prepare the students' readiness for the future. As a result, throughout the world, reform policies are reshaping the context for educational management (Cheng; & Wong. 1996; Dimmock; & Walker.1998). Like other countries, Thailand promulgated the National Education Act B.E. 2542 (1999) that was regarded as the national education reform.

The National Education Act of 2542 and Amendments (Second Education Act B.E. 2545 (2002)) represent an unprecedented and long over-due break from traditional Thai educational norms, teacher-centered classroom, such as lecturing and rote learning and instead set the foundation for a more creative, questioning approach to studying that was referred to as student-centered classroom. The goals are to foster morality, intellectual development, happiness, competitive potential and creative positive competition in the world arena (Ministry of Education of Thailand. 2006). Moreover, the National Education Act emphasizes a learning process that promotes students' thinking abilities in order to prepare them for the globalization. It states the main ideas about thinking abilities shown in section 24. The Act states that "educational institutions and agencies concerned shall: (1) provide substance and arrange activities in line with the learners' interests and aptitudes, bearing individual differences in mind; (2) provide training in thinking processes, information management, how to face various situations and to apply knowledge for obviating and solving problems" (Ministry of Education of Thailand. 2006). Therefore, classroom management and subject content matter must be changed for supporting students to develop their own thinking as well as to construct their own knowledge. The education goal is to allow all students to develop at their own pace and to their maximum potential. This was supported by the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology with

a statement that science instruction should help students reach the educational goals through a scientific approach which must be included in instructional methods.

Over a past decade of the education reform, many related problems were reported. The Office for National Education Standards and Quality Assessment (Public Organization) indicated that Thai education has limitations and problems about instructional strategies. The major problems consist of (1) insufficient basic concepts in science, (2) lack of thinking skills especially creative thinking skill and problem solving skill (Katesing. 2005; Klainin. 2006; NIETS. 2007; NIETS. 2008; IPST. 2009).

The National Institute of Educational Testing Service (Public Organization) (NIETS. 2007, 2008) in Thailand (2007, 2008) reported the ninth grade students' mean scores in science of the Ordinary National Education Testing (O-NET) of 2007 and 2008 were 34.01% and 39.44%, respectively. In addition, the mean score of sub-strand 3, Matters and Properties of Matters, was 8.44 from 25 points (NIETS. 2008). Also, the Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) evaluated the science content domain, cognitive domain, and scientific inquiry of the lower secondary school students in 2007. This evaluation showed that Thai students scored below the international mean scores (IPST. 2009). The result from NIETS and TIMSS indicated that the Thai students lack an understanding in basic knowledge.

The Programme for International Student Assessment (PISA) assessed Thai students' skills in many areas including problem solving skill in 2003 and 2006. Both reports showed the harmonious result indicated that a large number of Thai students have a low level of problem solving skill (IPST. 2009). Also, the results from the Academic Olympics revealed that Thai students attain high levels of achievement in theoretical parts but show serious weakness in practical parts where they cannot solve the problems (Bhumirat; & ONEC working group. 2001), which means although some Thai students can understand concepts, they lack potential to apply knowledge to the real situation. Even though in the present day science instructions try to enhance students' thinking skills especially the problem solving skill, the students don't get enough skills. With the reports above we become aware that Thai education cannot reach the standard goal.

According to the problems that are stated above, many science educators mentioned that there are problems of teaching and learning process (Sawrey.1990; Smith.1991; Phelps. 1996; Chittleborough, Treagust; & Mocerino. 2002; Hitt; & Townsend. 2004; Jeon, Huffman; & Noh. 2005). A major problem is science textbooks, particularly Chemistry textbooks that focus only on algorithmic and quantitative problems. Problem

solving in science should not only include mathematical rigor, but it should also aid the students in increasing their understanding of its conceptual foundation. Until today, we found that many problems in textbooks do not encourage students to develop or utilize a strategy or methodology for problem solving. Too often, the problems in science textbooks provide only mathematic exercises that can be solved by substituting numbers into a memorized formula rather than scientific problems that require understanding of science concepts and higher thinking skills to be solved. The students simply want answers to questions and algorithmic solutions to exercises and do not realize that answers and algorithms will not help them develop the skills they need to deal with new situations or solve problems in the real world. Consequently, using such problems cannot enhance students' understanding concepts in science and also cannot promote the problem solving skill (Sawrey. 1990; Nakhleh; & Michell. 1993). Problem solving skill involves thinking processes that are logical and sequential because it reflects the result of application of knowledge and procedures to a problem situation (Ashmore, Frazer; & Casey. 1979). In other words, a good problem solver requires deep understanding in concepts and skills to apply his/her knowledge to solve the problems. Schwab (1966) argued that the deepened understandings in knowledge of learners will occur when it is students' own idea. For the purpose of getting deepened understanding knowledge, the science teachers have to provide an instruction that emphasizes learners' active role to construct their own ideas or explanations through interacting in an environment around them. Inquiry is an approach that was constructed based on this means.

Akin to the American Standard, the National Science Education Standard (NSES) (2000) specifies term of inquiry in part from the abilities of inquiry by emphasizing questions, evidence, and explanations within a learning context. In addition, NSES identifies that inquiry teaching and learning must have five essential features that apply across all grade levels that are called five essential features of inquiry consisting of: (1) learners are engaged by scientifically oriented questions, (2) learners give priority to evidence, (3) learners formulate explanations from evidence to address scientifically oriented questions, (4) learners evaluate their explanations in light of alternative explanations, and (5) learners communicate and justify their proposed explanations. NSES suggested that if taking as a whole, these essential features introduce students to many important aspects of science while helping them develop a clearer and deeper knowledge of some particular science concepts and processes. There are several studies showing that using the inquiry approach in teaching science can enhance a deeper understanding of science concepts (Brandsford,

brown; & Cocking. 1999; Kolkhors; & et al. 2001; Marx; & et al. 2004; Hammett. 2005; Dobbs. 2008).

Additionally, Greenwald (1982) indicated that the suitable manner to solve problems in everyday life should come up with the process in which the right brain and the left brain work together. During critical thinking process, the process of the left brain focuses on step by step solution through the linear processes of arriving at a correct answer and creative thinking. Meanwhile, the process of the right brain begins with possibility, then moves to multiple ideas, and suspended judgment. It might be said that creative thinking creates the ideas in which critical thinking works. In other words, a successful problem solver should learn to use both their creative and critical thinking abilities in harmony. These ideas conform to the address of Harris (2002) "the same solution that has used to solve the problem in the present day may be not effective with the problem in the future world". An effective problem solver in the future necessitates thinking of new and useful ideas, to look at a problem in a new way and find an original and workable solution, to use one's mind in a productive way to generate and apply new idea. Henceforth, providing only the problem solving skill is not enough in science learning. It should also include the creativity in to problem solving process in science learning model to promote students' potential in problem solving skill (Treffinger. 2005).

Over fifty years of academic research there has been an attempt to develop a model to support creative and problem solving thinking that are called the creative problem solving approach. Osborn's Checklist, the origin of Classical Brainstorming, is the root of creative problem solving (CPS) (Isaksen, Treffinger; & Dorval. 2000). Later, there are several researchers who improved creative problem solving process. Almost all other creative problem solving processes have their roots in the Osborn approach (Osborn. 1963; Ashmore. 1979; Basadur. 1996; Treffinger. 2007). Creative Problem Solving (CPS) approach is the approach that works well with improving creative and problem solving thinking. Creative problem solving is the mental process of creating a solution to a problem. Creative and critical thinking are two complementary, mutually important ways of creative problem solving process (Treffinger. 2005). From these definitions, creative problem solving is one of the suitable processes that everyone can use to deal with many of life's everyday problems, opportunities, and challenges. Therefore, the creative problem solving approach should be adopted as an instructional strategy to assist students in their thinking development, especially creative and problem solving thinking. Many researchers show that creative problem solving approach is the suitable approach for adaptation into science

instructional strategies to enhance thinking skills, especially problem solving skill and creative thinking skill (Sanfilippo. 1993; Kim. 2003; Myrmel. 2003; Maraviglia; & Kvashny. 2006; Wood. 2006; Kim. 2007; Cheng; & et.al. 2007).

As mentioned earlier, the researchers attempt to find the solutions improving the science teaching and learning. In addressing this study, new science learning model using creative problem solving approach and the five essential features of the classroom inquiry are developed for raising students' creative problem solving skill, scientific creativity skill, and learning achievement. In addition, this model will help fill the gap of the problem in Thai education, especially the problem about the students' thinking skills. This model will be called, for convenience, the CPS learning model. The CPS learning model is designed to support the national science standards appropriate for seventh grade students. The contents of this study focused on matter and properties of matter. The CPS learning model put emphasis on students practicing to think, and applying their knowledge and their skills into their real life outside the classroom while training them to understand the scientist's mental habit. In other words, this innovation concerns to practice the students' creative thinking skills and problem solving skill. Moreover, it emphasizes creative problem solving skill as well as developing deep understand in scientific conception and reinforce scientific attitudes in harmony.

Research Questions

The research questions addressed by this research are:

1. Does interaction between the learning models and students' prior knowledge levels affect students' creative problem solving skill?
2. How does the CPS learning model influence students' learning achievement, scientific creativity skills, creative problem solving skill, and scientific attitudes?
3. Does the different prior knowledge levels of students who learn through the CPS learning model affect students' creative problem solving skill?

Research Objectives

The purposes of this study are as follows:

1. To develop the CPS learning model for seventh grade Thai students on "Matter and Properties of Matter".

2. To study the effects of implementing the CPS learning model.

2.1 To study the effects of interaction between the learning models and the students' prior knowledge levels on students' creative problem solving skill.

2.2 To study the effects of the CPS learning model on students' learning achievement, scientific creativity skill, creative problem solving skill, and scientific attitudes.

2.3 To study the effects of the prior knowledge levels of students who learn through the CPS learning model on the creative problem solving skill.

Significance of the study

Too often, the students are adept at solving problems with algebraic equation but have only limited understanding of the chemistry behind their algorithmic manipulations. Consequently, they did not understand the chemistry concepts or cannot apply those concepts solving the problems in their real life. The CPS learning model emphasized analytical and creative thinking skills in harmony not only to promote students to understand the chemistry conception and practice them solving the problems with their conceptual understanding but also to help enhancing students' thinking skills.

The outcomes of this study provided the teachers with an effective learning model. These outcomes were used as basic knowledge for educators and science teachers to guide their thinking to develop instructional strategies. Moreover, the CPS learning model was an alternative pedagogy for science teachers to promote students to gain deepened knowledge, develop scientific creativity skill, and foster the scientific attitudes. This prepared the students to get more readiness to confront the social change and get a higher quality of life in the community.

Scope of the Study

Population and samples

- The population of this study is seventh grade students in Mahasarakham province.

- The samples are two classrooms of seventh grade students that were studying in the second semester of the 2010 academic year in a school located in Mahasarakham province. The participating school has approximately 40 students in each classroom. Two classrooms were selected by using simple random sampling technique from the classrooms with mixed student achievement levels. One classroom is control

group and the other one is experimental group. The teacher who taught science in seventh grade during the second semester of the 2010 academic year of the school participated in this study.

Research Design

The research design selected for this study is the pretest-posttest control group design (Campbell. 1963)

Variables

1. Independent variables

1.1 The learning models consisted of: CPS learning model and conventional learning model.

1.2 Students' prior knowledge levels categorized into high, medium, and low level.

2. Dependent variables

2.1 Learning achievement

2.2 Scientific creativity skill

2.3 Creative problem solving skill

2.4 Scientific attitudes

Contents

The contents that were incorporated into the CPS learning model were the concepts of matter and properties of matter consisting of:

1. The Matter

2. Solution

3. Acid-Base

Definitions of the Terms

1. The Creative Problem Solving (CPS) learning model refers to the new learning model that enhances students' deepened understanding, creative problem solving, and creative thinking skill developed by the researcher. This learning model is developed based on the creative problem solving approach concerning five essential features of classroom inquiry. In this study, this model is called, for convenience, the CPS learning model. This CPS learning model is a student-centered learning activities oriented strategy. It is a recursive cycle of distinctive cognitive stages of learning that include: Engaging,

Problem Exploring, Solution Creating, Plan Executing, Concept Examining, including Evaluating in every step.

Step I: Engaging, the initial step of this model, is a step for engaging students while exploring and revising the basic concept for the students.

Step II: Problem Exploring, the second step of the learning model. The activities in this step aim at raising the students' awareness in the problem or situation and attempt to grasp the problem including identifying the scope of the problem.

Step III: Solution Creating, where the activities emphasize practicing the students' creative problem solving skill by developing alternative solutions.

Step IV: Plan Executing, the fourth step of the learning model, equip the students with the creative problem solving skill through planning and executing. At the very end of this step, the students should develop the concept or explanation that they have discovered from the activities.

Step V: Concept Examining, which is the final step of the CPS learning model. The significance of the activities supported in this step are to inspect the concepts presented by the students and adjust the concept harmonizing with the scientific knowledge including making the students getting a deeper understanding.

2. The conventional learning model refers to the regular teaching method that the science teacher has used to teach in the usual science classroom. The teacher follows a textbook. The main teaching strategies in this classroom are lecture and students working in small group.

3. Students' prior knowledge level refers to the level of students' existing knowledge in which students show their particular before learning with the learning model. The students' learning achievement pretest scores are used to classify the level of student's prior knowledge by using norm referenced evaluation method. The researcher categorizes the students' prior knowledge into 3 levels that consist of:

3.1 High prior knowledge level refers to the students who get the learning achievement pretest scores more than 66.67 percentile level.

3.2 Medium prior knowledge level refers to the students who get the learning achievement pretest scores between 33.33 and 66.67 percentile level.

3.3 Low prior knowledge level refers to the students who get the learning achievement pretest scores less than 33.33 percentile level.

4. Students' learning achievement refers to knowledge and abilities in learning from the interventions which are expected learning objectives of the learning activities. The students' learning achievement in this study is determined by the learning achievement test that the researcher developed following the Depth of Knowledge (DOK) for Science (Webb, 2008). It consists of:

- Level I: Recall and Reproduction. It requires students to demonstrate a rote response, follow a set procedure or perform a clearly defined series of steps.
- Level II: Skills and Concepts. It includes the engagement of some mental processing beyond recalling or reproducing a response.
- Level III: Strategic Thinking. It requires reasoning, planning, using evidence, and a higher level of thinking.
- Level IV: Extended Thinking. It requires students making several connections, relate ideas within the content area or among content areas and select or devise one approach among many alternatives on how the situation can be solved.

5. Scientific creativity skill refers to the ability of observing a phenomenon from different perspectives and formulating a varied set of questions reflecting the ability of the inquirer to deal resourcefully with a given problem and to deepen the understanding of the phenomenon. In this study, scientific creativity skill of students is measured by scientific creativity test that was adapted from the Scientific Structure Creativity Model (SSCM) (Hu; & Adey, 2002). The scientific creativity skill involves the following skills:

- Fluency is the ability to produce a large number of ideas.
- Flexibility is the ability to produce a wide variety of ideas.
- Originality is the ability to produce unusual the uniqueness or difference of idea from others.

6. Creative problem solving skill refers to the students' skills to use knowledge, thinking and scientific process to identify a gap between what is observed and what is desired and then take action to close the gap while on the pathway to solve the problem. The students have to use creative thinking to generate alternative solutions to problem as much as they can in every step. Moreover, the process includes deciding which course of action to take, and actually taking those actions necessary to implement the chosen alternative and evaluate the results to determine if a satisfactory solution has been obtained. The students' creative problem solving skill is measured by using (1) the creative problem solving test and (2) the creative problem solving self-assessment form, both of

which were developed by the researcher. The creative problem solving skill involves the following skills:

- Fluency is the ability to produce a large number of ideas.
- Flexibility is the ability to produce a wide variety of ideas.
- Originality is the ability to produce unusual the uniqueness or difference of idea from others.
- Reasoning is the ability to illustrate the evidence and reasons that support the ideas to solve the problem.

7. Scientific attitudes refer to the students' belief in and conduct their works that conform to scientists' characteristics. Scientific attitudes include the characteristics of scientists that are believed to be desirable in the study of science, such as curiosity, inventiveness, and objectiveness. In this study the students' scientific attitudes is measured by the scientific attitude inventory (SAI II) that was developed by Moore; & Foy in 1997. This inventory was translated into Thai and was checked the quality of the assessment by Punyain (2008). This inventory assessed the scientific attitudes with six statements which consist of:

S1: Scientific knowledge – The laws and/or theories of science are approximations of truth and are subject to change.

S2: Almighty of science and scientists – Observation of natural phenomena and experimentation is the basis of scientific explanation.

S3: Scientific methodology – To operate in a scientific manner, one must display such traits as intellectual honesty, dependence upon objective observation of natural events, and willingness to alter one's position on the basis of sufficient evidence.

S4: Functions of science – Science is an idea-generating activity

S5: Science liberal education – Progress in science requires public support in this age of science; therefore, the public should be made aware of the nature of science and what it attempts to do.

S6: Science interests and science careers – Being a scientist or working in a job requiring scientific knowledge and thinking would be a very interesting and rewarding life's work.

Conceptual Framework of the Study

The main purpose of this study was to develop the CPS learning model by using the five essential features of inquiry and the creative problem solving approach as main theoretical background. FIGURE 1 was an attempt to describe the conceptual framework of the study and to identify the relationship between the learning models and learning achievement, scientific creativity skill, creative problem solving skill, and scientific attitudes.

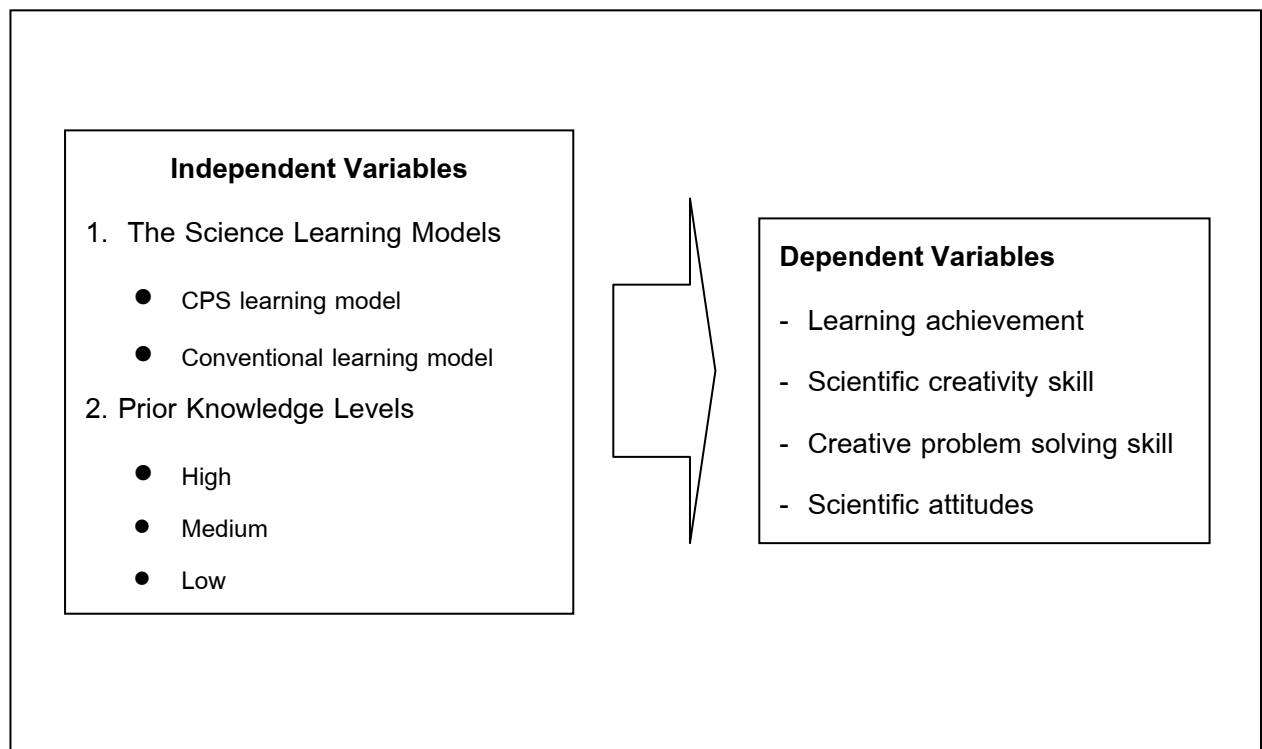


FIGURE 1 CONCEPTUAL FRAMEWORK OF THE STUDY

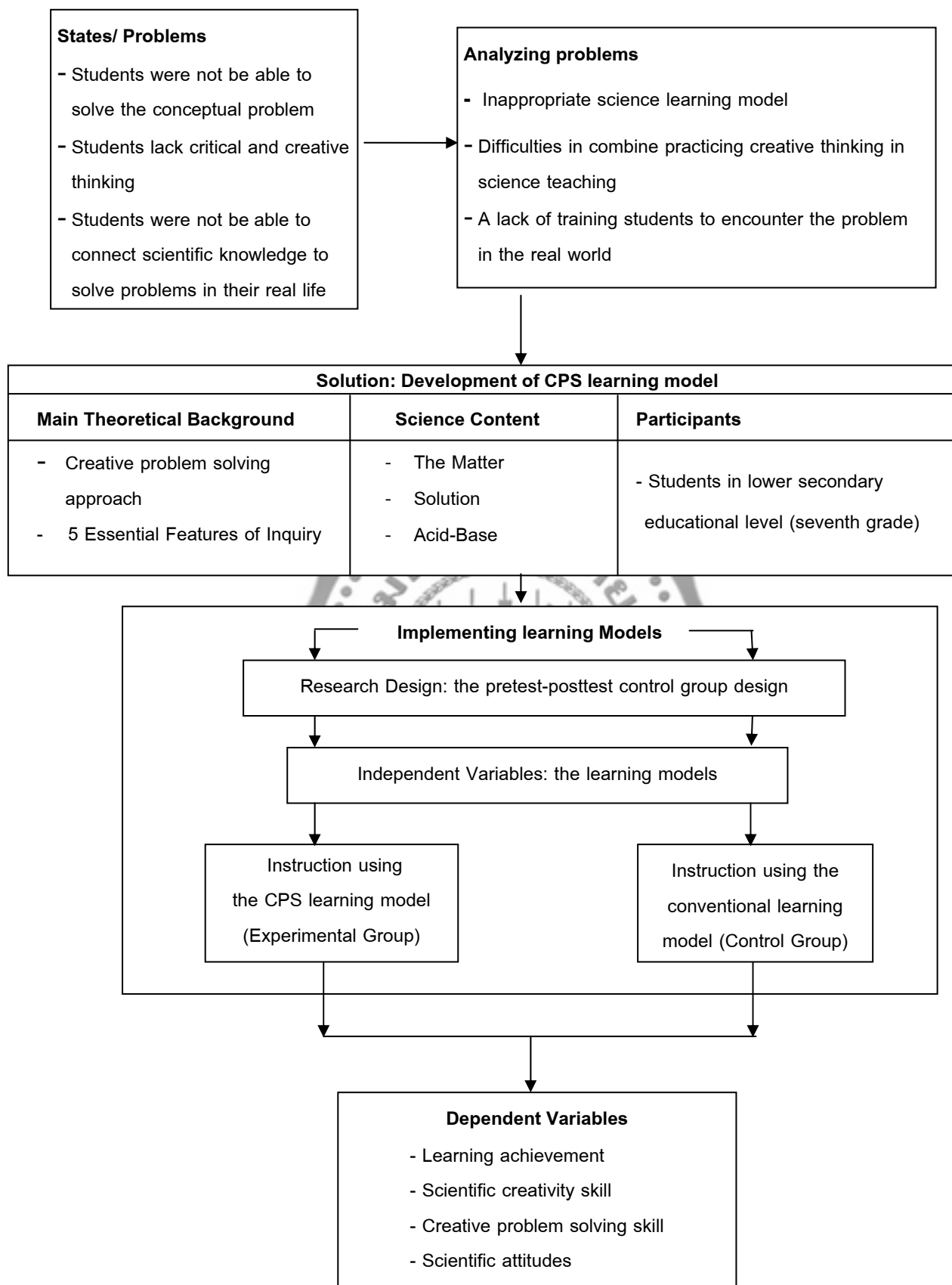


FIGURE 2 FRAMEWORK OF THE STUDY

Theoretical Framework

In order to reach the goal of the educational reform, the researcher attempted to develop the CPS learning model which corporate five essential features of inquiry and creative problem solving approach.

The five essential components of scientific inquiry teaching that introduce students to many important aspects of science while helping them to develop a clearer and deeper knowledge of some particular science concept and/or process in every component could link together. Inquiry teaching and learning have five essential features that included:

1. Learners are engaged by scientifically oriented questions.
2. Learners give priority to evidence, which allows them to develop and evaluate explanations that address scientifically oriented questions.
3. Learners formulate explanations from evidence to address scientifically oriented questions.
4. Learners evaluate their explanations in light of alternative explanations, particularly those reflecting scientific understanding.
5. Learners communicate and justify their proposed explanations.

Creative Problem Solving approach is a framework which can be used by individuals or groups to formulate problems, opportunities, or challenges; generate and analyze many varied and novel options; and plan for effective implementation of new solutions or courses of action. The creative problem solving is a method of solving problems that emphasizes the use of both creative and logical thinking skills by alternating divergent and convergent thinking. That means, creative problem solving process can help enhance the creative thinking, logical thinking and problem solving skill.

In this study the CPS learning model was developed based on the five essentials features of inquiry and the creative problem solving approach. The CPS learning model comprised of five steps including evaluating in every step. They are engaging, problem exploring, solutions creating, plan executing, and concepts examining (FIGURE 3).

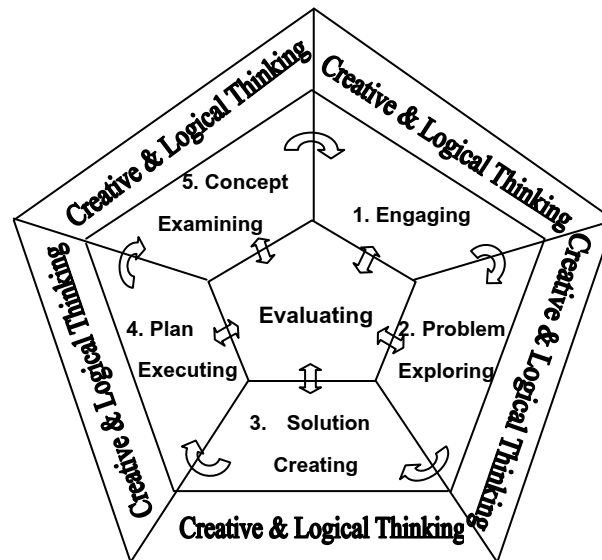


FIGURE 3 THE CREATIVE PROBLEM SOLVING (CPS) LEARNING MODEL

Step I: Engaging: The goals of this step are engaging students while exploring and revising the basic concept of the students. The teacher has to pose questions and use conversation to raise the students' enthusiasm, and make them a readiness to learn a new conception.

Step II: Problem Exploring: the activities in this step aim at raising the students' awareness in the problem or situation and endeavor to grasp the problem including identifying the scope of the problem. The students have to apprehend the problem by looking at all views and pose the questions.

Step III: Solution Creating: the activities served in this step emphasize practicing the students' creative problem solving skill by developing the alternative solutions. The students have to ask themselves and search more knowledge from other resources for creating ideas and developing the solutions to solve the problem.

Step IV: Plan Executing: the students have to brainstorm in a small group in order to design the way to solve the problem and do the activities following the plan until reaching to the answer to the problem. Finally, the students should develop the concept or explanation that they have discovered from the activities.

Step V: Concept Examining : the activities supported in this step is to inspect the concepts presented by the students and adjust the concept harmonizing with the scientific knowledge including making the students getting a deeper understanding. This step gives students an opportunity to present and share their own concept to their classmates.

Research Hypotheses

For the purpose of the research study, the following hypotheses are utilized:

1. There is an interaction between the learning models and the students' prior knowledge levels that affects the students' creative problem solving skill.
2. The students' learning achievement, scientific creativity skill, creative problem solving skill, and scientific attitudes of the experimental group after learning have higher scores than the control group with a statistically significant difference.
3. The creative problem solving skill of the students who have different prior knowledge levels after learning through the CPS learning model has statistically significant different scores.



CHAPTER 2

REVIEW OF THE LITERATURE

This chapter is a review of the available literature dealing specifically with:

1. National Education

- 1.1 National Education Act B.E. 2542 and Amendments B.E. 2545
- 1.2 The National Science Curriculum

2. Constructivism

- 2.1 Constructivist Approach to Learning
- 2.2 Constructivism and Science Learning

3. Inquiry

- 3.1 The History of Inquiry
- 3.2 Inquiry View of National Science Education Standard (NSES)
- 3.3 Five Essential Features of Classroom Inquiry

4. Problem-Based Learning (PBL)

- 4.1 Characteristics of Problem-Based Learning
- 4.2 The Problem-Based Learning in the Classroom

5. The Creativity

- 5.1 Concepts of Creativity
- 5.2 Definition of Creativity
- 5.3 Scientific Creativity
- 5.4 Measurement of Scientific Creativity

6. Creative Problem Solving (CPS) Approach

- 6.1 Relation of Creative Thinking, Logical Thinking, and Problem Solving Skills
- 6.2 The Creative Problem Solving (CPS)
- 6.3 The Three Principles of Creative Problem Solving (CPS)
- 6.4 Creative Problem Solving (CPS) Model
- 6.5 Teaching Creative Problem Solving (CPS)

7. Depth of Knowledge (DOK) Levels for Science

- 7.1 Depth of Knowledge (DOK)
- 7.2 Levels of Depth of Knowledge (DOK)

8. Scientific Attitudes

9. Research Related to This Study

9.1 Research Related to Inquiry

9.2 Research Related to Creative Problem Solving Approach

10. The Creative Problem Solving (CPS) Learning Model

10.1 Description of the CPS Learning Model

10.2 Teacher's Role and Student's Role in the CPS Learning Model

1. National Education

1.1 National Education Act B.E. 2542 (1999) and Amendments (second National Education Act B.E. 2545 (2002))

As a result of the globalization or the technology and information era, the world is becoming increasingly complex due to population growth, technological advances, environmental degradation, migration, and immigration. Everything is growing rapidly especially knowledge that is growing geometrically. Consequently, Thailand initiated new education reforms in B.E. 2542. Another attempt in this education reform emphasized Thailand's need to adapt to the challenge of globalization and internationalization.

The promulgation of the National Education Act B.E. 2542 (1999) states that these recent education reforms move away from teacher center, direct instruction towards student-centered, understanding-base teaching. This student-centered, student-active instruction is often called constructivism that is related to the inquiry because inquiry is constructed based on constructivism (NSES, 2000). The important ideas of constructivism are remarked in section 22 (Office of the national education commission. 2003: 10-12). Subsequently, the national education acts also place emphasis on developing student's thinking as stated in sections 24 (Office of the national education commission. 2003: 10-12).

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.

Section 24: In organizing the learning process, educational institutions and agencies concerned 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 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 from research as 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 places. Co-operation with parents, guardians, and all parties concerned in the community shall be sought to develop jointly the learners in accord with their potentiality.

(Office of the national education commission. 2003: 10-12)

1.2 The National Science Curriculum

The National Education Act defines the achievement target for science at this level as knowledge, skills and understanding of science including other subjects. The expectations of the National Curriculum for pupils in science learning are the development of ideas and scientific enquiries used in scientific explanations. Students are able to use scientific methods to explain natural phenomena and look for evidence through practical work to examine whether or not.

The content of the science curriculum covers more abstract concepts and more details about scientific processes and more relevant issues to real world thinking. The students are expected to integrate their knowledge and make connections between subjects and to explain natural phenomena. In this study, the contents were focused on covering substrand 3 where content consists of The Matter, Solution, and Acid-Base.

2. Constructivism

In this research, constructivism is the concepts influencing the active learning science model that motivates students to learn how to learn.

2.1 Constructivist Approach to Learning

Cobb (2000) mentioned that constructivist approaches to learning and memory are based on the idea that children do not wait passively to be filled up with knowledge. The learning is more than just loading down students with memories, as you would a computer disk. The constructivist approach to education stresses that expert teachers can do much to facilitate students' own active learning process.

Constructivist approaches to education are that learners must build their own knowledge. It cannot be given to them and that new knowledge builds on current knowledge. Constructivist approaches to education are based on the theories of Lev Vygotsky (1978) who believed that children internalize what they see in their surroundings or context, building up their knowledge from what they observed around them.

Constructivism is a concept that learners actively construct their own knowledge. The heart of constructivism is the view that the proactive mental construction processes develop cognition (Gunstone; & White. 1994). Students' conceptualization arises through the interaction between previously stored knowledge and current data. Simson (1990) and Mahoney (1988) advocated that this point is a table at work, testing and hold the meaning to new information in terms of the previous conceptions of phenomena. This is in line with Dewey's idea that students learn best when they need the knowledge or skills to explain natural or real life phenomena (Gunstone; & White. 1994).

Constructivism not only emphasizes how learners learn, but it also is a powerful tool of learning processes. The approach has been applied to the cognitivists' theories of Piaget, Vygotsky, and Bruner. Although the three theories are different based on roles of individuals and social contexts, they are similar in that the learners actively construct their knowledge of the world by their own self. This implies that constructivism approach emphasizes student-centered learning rather than teacher-centeredness. The teacher's role is as facilitators or coaches who facilitate and help students construct their knowledge and come up with solutions to problems. Piaget supported the ideas that the most important role of the teacher is to arrange an environment supporting the students to learn by self-experiencing. Their understanding will be formed through many routes, such as reading, listening, exploring, and experiencing their environment. The students should be challenged with real life problems, which are arranged in the classroom. He also stressed that students should have a freedom to understand and construct learning through individual developmental processes (Gunstone and White. 1994). Students will provide opportunities to explore and construct their own knowledge rather than receiving knowledge directly from the teachers (Devries; & Kohlberg. 1987).

Lev Vygotsky (1978) developed the social constructivist theory. That places a teacher as a facilitator. The students' cognitive abilities however develop spontaneously through the steps of discovery. He emphasized that development and learning influenced each other. In the classroom, students build up their own understanding through social activities and collaborative tasks. When students face situations, they will apply their existing knowledge. As a result, learning should take place in meaningful contexts. The students' previous knowledge will mean more when provided with guidance and assistance from teachers, parents, or experienced peers. Vygotsky believed that experienced persons and social interaction play an important role in determining learners' cognitive development. Following Vygotsky's idea, Faculty of Education, University of Malta (2003) suggested that school experiences should be related to real-life situations. So when students are trying to solve problems, they are required to know more than that of their existing knowledge by thinking hard about their ideas that may form a solution later on, working with collaborating and discussing with others, and learning by chance.

2.2 Constructivism and Science Learning

Learning process in constructive science classroom consists of the activities that students will inquire, search, and construct knowledge by themselves. That is, students learn science through individuals' creativity and acquire knowledge based on their previous knowledge. Students will understand what they are learning and gain more knowledge to get the concepts on their own. This is in line with Szesze (cited by Tanaprayothesak, 2005) who describes the constructive science classroom. They are as follows:

1. Encourage and accept students' autonomy and initiation.
2. Use raw data and primary sources, along with manipulative, interactive and physical materials.
3. Use cognitive terminology, when designing tasks.
4. Allow students to think, and be flexible based on students' responses.
5. Inquire students whether they understand the concepts.
6. Encourage students to engage in dialogue with others.
7. Encourage students to ask open-ended questions.
8. Help students come up with their hypotheses which come from the discussion.
9. Encourage students preliminary discuss their preliminary hypotheses.
10. Allow wait time after posing questions.

11. Provide time for students to create metaphors.
12. Nurture students' curiosity using the 5Es learning cycle.

According to Szesze, constructive science classroom emphasizes on students-centered learning and teaching style through various instructional strategies. All strategies are considered as important tools that can help students enhance their thinking skills.

In summary, the constructivism influence has extended beyond just the research and scholarly community; it has had an impact on a number of national curricular documents and national education statements, including the national education act in Thailand. Today, the objectives of science education are not only the phenomena of nature but are constructs that are advanced by science process skills, scientific attitude and thinking skills. Therefore, the constructivist approach to learning is an important approach for use to develop activities based on the new learning model.

3. Inquiry

3.1 The History of Inquiry

The educators have varied understanding of the term of inquiry. Basic understanding and personal experiences shape the questions students ask, but students must gain experiences and work at their developmental level. National Science Education standards (National Research Council. 2000) defines inquiry as “asking questions and attempting to answer them through investigations involving experimentation and data collection, logical analysis, and searching for information from existing source”. Moreover, NSES also says inquiry is “what quality science instruction should be” (Anderson. 2007).

Since the 1950s inquiry became the important part of science curriculum. It started when NSF began funding science education reform (Anderson. 2007). The Biological Science Curriculum Study (BSCS) invited the inquiry into science at the beginning of the 1960s until the twenty-first century inquiry has turned out to be the maintained importance in science by the National Science Education Standards (National Research Council. 2000). Inquiry has five components (Camins. 2001). First, the cognitive processes focus on observation, communication, organization, relationships, and application. Second, students must use investigation to build upon their prior knowledge with a focus on question, analysis, and communication. Third, there should be focus on what skills or abilities to develop and the best way to do it. The fourth component is called “habit of mind” in which students need to develop and have time to explore. The final

component is that there should be focus on problem solving and thinking involved in learning. Moreover, the inquiry science classroom focuses on learning with understanding, is rooted in students' knowledge, and is guided by student curiosity and questions (Camins. 2001). Students should be engaged in active learning and provided positive environment.

3.2 Inquiry View of National Science Education Standard (NSES)

Inquiry in the National Science Education Standard (NSES) includes an ability to engage in inquiry and understanding of inquiry and of how inquiry results in scientific knowledge (National Research Council. 2000). The standards need to describe what students need to know and be able to do include standards on science as inquiry.

The National Education Standard (NSES) noted that inquiry in education is “a multifaceted activity that involves making observations; posing questions; examining book; planning investigations; reviewing what is already known in light of experimental evidence; using tools to gather, analyze, and interpret data, proposing answers, explanations, and predictions; and communicating the results. Inquiry requires identification of assumptions, use of critical and logical thinking, and consideration if alternative explanations” (National Research Council. 2000: 13-14). For a clear and useful definition of inquiry in the standard for teaching and learning, NSES defines the features of inquiry into five features that point out to questions, evidence, and explanations that are within a learning context and called Five Essential Features of Inquiry.

3.3 Five Essential Features of Inquiry

The developers of the National Science Education Standards (National Research Council. 2000) emphasizes that inquiry teaching and learning science have five essential features that can be applied across all grade levels. There are five essential components of scientific inquiry teaching that introduce students to many important aspects of science while helping them to develop a deeper knowledge of some particular science concept and process in ways that every component can link together like the science inquiry map shown in FIGURE 4. Research has demonstrated that student involvement in the inquiry process provides a much needed connection and ownership of scientific investigations that will lead to a deeper conceptual knowledge about the content. The five essential features of inquiry consist of:

(1) Learners are engaged by scientifically oriented questions

The National Science Education Standard (NSES) describes this component that “scientifically oriented questions center on objects, organisms, and events

in the natural world; they connect to the science concepts described in the content standards. They are questions that lend themselves to empirical investigation, and lead to gathering and using data to develop explanations for scientific phenomena” (National Research Council. 2000: 24).

In the science classroom, the initial question can originate from both learner and teacher. Purposeful questions can be answered by students’ observations and scientific knowledge they obtain from reliable sources. Skillful teachers help students focus their questions so that they can experience both interesting and productive investigations. Teachers can provide opportunities that invite students’ questions by using the real situations or demonstrating a phenomenon or having them engage in an open investigation. The questions must be able to be investigated in a classroom setting. Teachers will have to adjust students’ questions into ones that can be answered by students with the resources available.

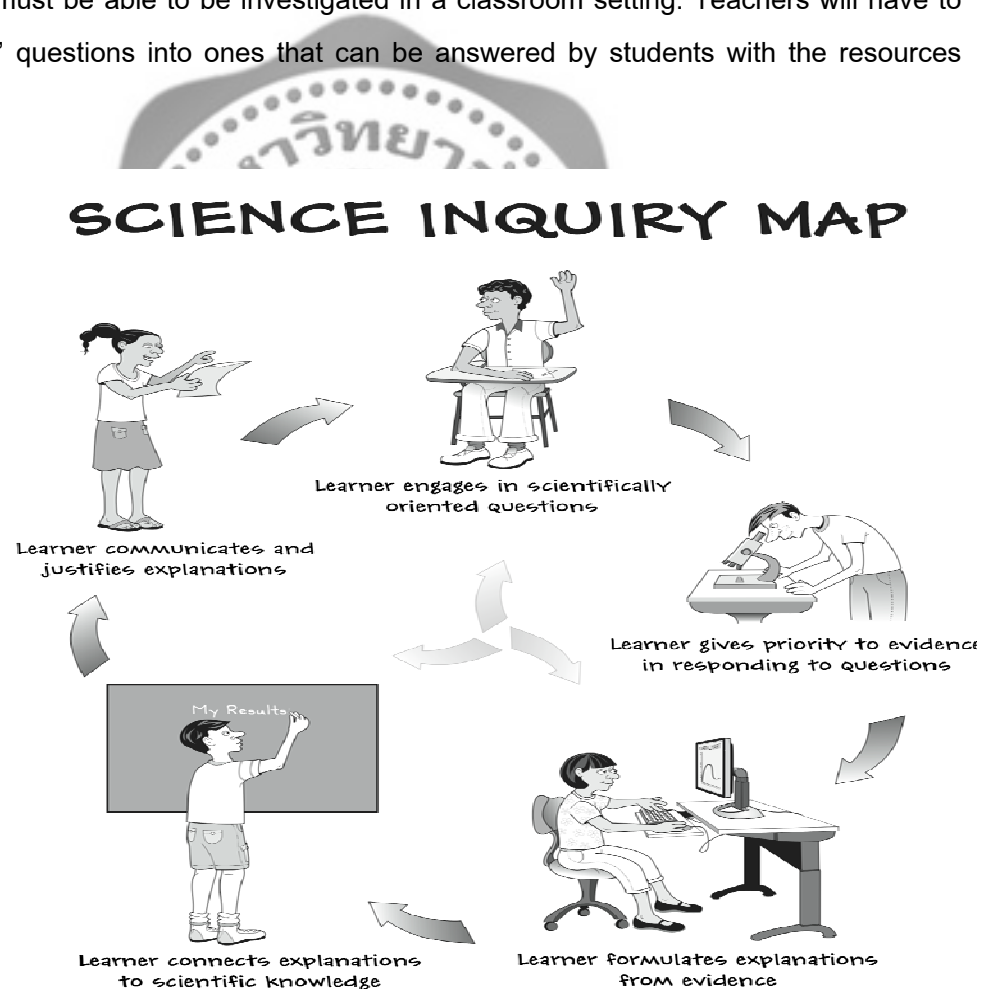


FIGURE 4 THE SCIENCE INQUIRY MAP

Source: The National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. p.25.

(2) Learners give priority to evidence

This component of five essential features the National Science Education Standard (NSES) is described that “learners give priority to evidence, which allows them to develop and evaluate explanations that address scientifically oriented questions” (National Research Council. 2000: 25). The Standard noted that the basic of explanations about how the natural world works in science should be empirical evidence. Importance is placed on getting accurate data and from observations. The accuracy of the evidence collected is verified by checking measurements, repeating the observations, or gathering different kinds of data related to the same phenomenon. Evidence collected is then subject to questioning and further investigations. Within the classroom setting, students should follow similar guidelines during their laboratory experiences.

(3) Learners formulate explanations from evidence to address scientifically oriented questions

This aspect of inquiry in the National Science Education Standard (NSES) (National Research Council. 2000: 26) noted that this feature “emphasizes the path from evidence to explanation rather than the criteria for and characteristics of the evidence.” Scientific explanations should be come up with the reason. They respect rules of evidence, are open to criticism, and require the use of various cognitive processes generally associated with science. Explanations are ways to learn what is unfamiliar by relating what is observed to what is already known. For science, this means building upon the existing knowledge base. For students, this means building new ideas upon their current prior knowledge and understandings.

(4) Learners connects explanations to scientific knowledge

“Evaluation, and possible elimination or revision of explanations, is one feature that distinguishes scientific from other forms of inquiry and subsequent explanations” is the purpose of this aspect of inquiry (National Research Council. 2000: 27). The teacher should ask questions to raise the students to think back, recheck, and connect their explanation to the scientific knowledge. An essential component of this characteristic is ensuring that students make the connection between their results and scientific knowledge.

(5) Learners communicate and justify their proposed explanations.

Scientists communicate their results in such a way that their results can be reproduced. This requires clear articulation of the question, procedures, evidence, proposed explanation, and review of alternative explanations (National Research Council. 2000: 27).

Moreover, providing a chance to students for sharing their ideas or explanations, asking questions, examining evidence, identifying faulty reasoning, pointing out statements that go beyond the evidence, and suggesting alternative explanations for the same observations.

The National Science Education Standard (NSES) proposed using inquiry-based teaching and learning. TABLE 1 shows the variation in the amount of the structure, guidance, and coaching the teacher provides for students engage inquiry.

TABLE 1 FIVE ESSENTIAL FEATURES OF CLASSROOM INQUIRY AND THEIR VARIATION

5 ESSENTIAL FEATURES	More ← Amount of Learner Self-Direction → Less Less ← Amount of Direction from Teacher or Material → More VARIATIONS			
1. Learner engages in scientifically oriented questions	Learner poses a question	Learner selects among questions, poses new questions	Learner clarifies question provided by teacher, materials, or other source	Learner engages in question provided by teacher, or other source
2. Learner gives priority to evidence in responding to questions	Learner determines what constitutes evidence and collects it	Learner directed to collect certain data	Learner given data and asked to analyze	Learner given data and told how to analyze
3. Learner formulates explanations from evidence	Learner formulates explanation after summarizing evidence	Learner guided to form explanations from evidence	Learner given possible ways to use evidence formulating explanation	Learner provided with evidence
4. Learner connects explanations to scientific knowledge	Learner independently forms the explanations	Learner directed toward areas and sources of scientific knowledge	Learner given possible connections	Learner given all connections
5. Learner Communicates and justifies explanations	Learner forms reasonable to communicate explanations	Learner coached in development a communication	Learner provided with broad guidelines to use to sharpen communication	Learner given steps and procedures for communication

Source: National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. p 24-25.

The degree to which teachers structure what students do is sometimes referred to as “guided” versus “open” inquiry.

- Consider your own students and your goals for enhancing inquiry in your afterschool program.
- How can you enhance inquiry in science learning?
- How can you guide students to a more independent inquiry practice?

How does a teacher decide how much guidance to provide in an inquiry-based activity? The key element is in the intended outcomes. Whether the teacher wants the students to learn a particular concept, acquire certain inquiry abilities, or develop understandings about scientific inquiry influences the nature of the inquiry. In some instances, partial inquiry may be more appropriate than a full inquiry-based experience. Teachers need to make meaningful decisions about how to best deliver the curriculum.

As mentioned above, inquiry is a suitable method in teaching science as it focuses on students learning by doing. The students have to construct knowledge from all data that they collected when they do the activity. Inquiry not only enhances students' deepened understanding but also promotes thinking skills and scientific attitudes. Also, in this study, the researcher used five essential features of inquiry as the main background to construct the learning model.

4. Problem-Based Learning (PBL)

4.1 Characteristics of Problem-Based Learning

Problem-based learning is a student-centered pedagogical strategy that poses significant, contextualized, real-world, ill-structured situations while providing resources, guidance, instruction, and opportunities for reflection to learners as they develop content knowledge and problem-solving skills.

Problem-based learning (PBL) is an instructional approach originally developed in medical school programs over 40 years ago (Barrows; & Tamblyn. 1980) and later adapted for use in elementary and high schools. In PBL, problems act as the stimulus and focus for student activity and learning (Boud; & Feletti. 1991). Learning in this way is purposeful and self-motivating as the student learns while searching for solutions to the problems. Students are actively involved and learn in the context in which knowledge is to be used (Chin; & Chia. 2004). PBL is also a learning approach that embodies most of the principles that improve learning, such as being active and cooperative learners, receiving

prompt feedback, teaching which is tailored to students' learning preferences and promoting student empowerment and accountability. It aims to help students develop higher order thinking skills and a substantial disciplinary knowledge base by placing students in the active role of practitioners confronted with a situation (an ill-structured problem) that reflects the real world. Rather than focusing on facts, PBL encourages active learning and self-directed learning, which is context-based using real life situations, focuses on thinking skills (problem-solving, decision making, and critical thinking), and requires integration of interdisciplinary knowledge, skills or behaviors and develops lifelong learning skills. Teachers in PBL, as metacognitive coaches, help students understand the questions asked during problem definition, information location, analysis and synthesis, and sort through potential interpretations and/or resolutions (Hmelo-Silver.2004).

PBL is an educational approach that has increasingly become spread across educational levels and areas of teaching, from medical education, nursing, pharmacy, law, engineering and basic sciences to science education (Barrows. 1986; Gallagher; & et al. 1995; Peterson; & Treagust. 1998; Soderberg; & Price. 2003; Ying. 2003).

The main characteristics of PBL as based on Barrow(1986) which provides the teacher with a checklist of features to be designed into courses. These characteristics are:

1. Student-Centered: The students are motivated to be responsible for self-learning. The teacher will act as a facilitator and will help students to make a right decision. PBL interests who come together in a shared educational process.

2. Problem-Based: The problem to be used is an ill-structure problem. Enough information will be given to stimulate thinking process in the students' memory and this will involve inductive and horizontal reasoning, and deductive and vertical reasoning to generate hypothesis. The students will face an inquiry learning when the problem is designed. This is in line with the PBL characteristic outlined by Savery; & Duffy (1995) and Camp (1996) arguing that learning is an active and engaging process-author instruction, and situated learning support this learning theory.

3. Problem-Solving: A problem will be used to stimulate effective and efficient development and reasoning skills. The teachers will guide the students at metacognitive level. At the early stage, there will be a modeling of problem solving process and teachers will reduce their role when students start to communicate and make argument with themselves and peers about what they think.

4. Self-Directed: Students can justify what they must learn based on their task to solve the problem.

5. **Reiterative:** When students are finished with self-directed learning they will go back to the problems and will apply a new knowledge that they gain through problem solving. The experience that they gain will be used to construct new knowledge.

6. **Collaborative:** Students will collaborate in the problem solving process and solve the learning issue which has been identified. The students' thinking, belief, perception and self knowledge will be challenged when they collaborate with other students and this will stimulate process development.

7. **Self-Reflecting:** When the problem is solved, students will make a self-reflection of new information, compared with new problem, make a reflection to face the same problem (for the future), to abstract a concept or principle, and draw a mind map to show the connection of problem elements and connection of the reason.

8. **Self-Monitoring:** Students will monitor, evaluate the progress and self achievement. Self-evaluation will be in the form of teacher response, peer group and other evaluation.

9. **Authentic:** all the required learning behavior in PBL includes all the required steps by students, and it will be evaluated in real world situation.

The features of the learning environment in PBL curricular stand out as typical in normative texts about PBL and are regarded as essential for enhancing student learning (Barrow.1997; Boud; & Feletti.1991; Savery; & duffy.1995). The features of PBL, as an educational practice, will be the same regardless the subject matter area. A possible conclusion is that since PBL being a flexible way to organize teaching and learning, there are possibilities for different academic cultures to shape PBL according to their own needs and traditions and to their inherent perspective of learning. Thus, the implementation of PBL does not necessarily mean a new way of thinking about teaching and learning. The academic disciplines are powerful forces in the articulation, maintenance and reproduction of the perspectives, values and beliefs embedded in their cultures. The features of PBL also can be helpful in making teaching decisions that support the nature of the content and range the students.

4.2 Problem-Based Learning in the Classroom

4.2.1 The Problem-Based Learning

The use of PBL has continued to increase over the last 40 years, and is now included in a variety of disciplines from elementary grades through post graduate schooling. This increase in use is attributable to the benefits of PBL. Bridges (1992)

summarizes some of the claims made by advocates of problem-based learning in comparison with more conventional didactic methods:

1. PBL students develop “substantially more positive” attitudes toward the learning environment.
2. Students tend to study for meaning rather than to reproduce instructor proffered material.
3. PBL students complete instructional programs in less time and with fewer drop outs than do students in traditional learning environments.
4. Small differences in students’ basic knowledge of disciplines “favor traditional programs, but PBL students show steeper growth during period of study.”
5. Clinical competence shows “small differences in favor of students in PBL programs.”

These outcomes stem from a variety of features, including increased student motivation, the collaborative teamwork used to structure solutions, the coaching or tutoring conducted by the instructor, and the inherent benefits of using real-world problems. Real-world contexts and consequences appear to be an important feature of PBL, and it has been found to enhance learning, and increase the transferability of skills and knowledge from the classroom to work (Stepien, Gallagher, & Workman. 1993).

PBL always starts with a problem, for which students do not prepare beforehand. After the description of the problem is given to small groups of students, they first analyze the problem, generate possible explanatory hypotheses, and build on one another’s ideas, as well as identify key issues to be studied further. These activities allow students to construct a shared initial explanatory theory or model explaining the problem-at-hand based on their prior knowledge (Schmidt. 1983). After this period of teamwork, they disperse for a period of individual study to work on learning issues they have identified as a group. When they next meet as a team during what is called the “reporting phase”, they are expected to share and discuss their findings, as well as refine their initial explanations based on what they have learned. Students would then move on to analyze a new problem, or if new learning issues requiring further study are identified during this phase, the process described above would be repeated. Thus, PBL can be seen as a cyclical process consisting of three phases: initial problem analysis, self-directed individual learning, and a subsequent reporting phase (Schmidt. 1983; Barrows. 1986; Hmelo-Silver. 2004). A tutor is present to guide students’ learning in the problem analysis and reporting phases. The tutor’s role is to facilitate the processes involved when students co-construct knowledge

through discussions and sharing of ideas (Hmelo-Silver; & Barrows. 2006). In PBL, both group and individual learning processes are recognized to play important supplementary roles in students' learning (Van den Hurk; & et al. 2001).

4.2.2 Problems with Problem-Based Learning (PBL) in the classroom

For all its promise, problem-based learning poses a number of challenges for students, instructors, and institutions alike. Farnsworth (1994) summarizes some of the problems with implementing PBL. One weakness is that, at present, many PBL courses rely primarily or exclusively on written or oral problem statements and learning resource material. This may adversely affect transfer between the problem situations in a course and similar ones in real life. The small number of problems engaged by PBL students further complicates the issue of transfer. Working with single rather than multiple instances of a particular type of problem may leave students somewhat unprepared to cope with the variety of forms that complex, real world problems often take.

Another barrier to implementing problem-based learning is students' initial discomfort with the increased degree of freedom they experience in an academic setting. Most industrial and post-industrial cultures socialize students to a model of schooling in which their role is more or less limited to comprehension and synthesis of instructor-specified information, based on instructor-formulated learning objectives, and participation in instructor-led learning activities. These students, confronted with messy, real-world problems, lack the skills even to know where to begin analysis.

Assessment of student learning outcomes in PBL classrooms can also be more difficult than in traditional courses. Students may be responsible for negotiating both learning objectives and assessment methods which emphasize individualized, criteria-referenced methods and de-emphasize standardized, norm-referenced methods. This shift in responsibility for evaluation often requires time and effort from both students and instructors.

Other problems exist for course instructors. In traditional courses, all students engage in the same learning tasks at approximately the same pace. Instructors orchestrate objectives, resource material, learning activities, and evaluation homogeneously. PBL, in contrast, involves managing a variety of learners as they progress at different rates through a variety of different learning objectives, requiring different resources at different times. The pre-established instructional sequence gives way, for the most part, to more complexes, negotiated learning sequences.

As outlined above, PBL offers some advantages over traditional forms of instructional delivery, but it brings with it a variety of obstacles. Fortunately, multimedia appears to have the potential to alleviate many of these problems. Therefore, the teachers and instructors who want to adapt the PBL into the classroom should concern with both advantages and obstacles of PBL and modify to match the classroom.

5. The Creativity

5.1 Concepts of Creativity

Guilford's divergent production theory (Guilford. 1967) is one of the most popular cognitive theories of creativity. Guilford grouped the 16 divergent production factors that were categorized into four classifications: fluency, flexibility, originality, and elaboration. Fluency is the ability to produce a large number of ideas. Flexibility is the ability to produce a wide variety of ideas. Originality is the ability to produce unusual ideas. Elaboration is the ability to develop or embellish ideas, and to produce many details to flesh out an idea. Since the Torrance Tests of Divergent Thinking dominate the field of creativity research, divergent thinking has become almost synonymous with creativity. It is generally accepted that divergent thinking is considered as a kind of shorthand for creativity.

Moreover, Mednick (1962) viewed that the creative idea results from the novel combination of two or more ideas that have been away from their normal correlations. In other words, creativity is a function of people's associative hierarchy that is the way they produce associations to words or problems. Weisberg (1986) claimed that creativity occurs through a series of small steps in which earlier ideas are modified and elaborated. He claimed that creativity is the result of many types of mental processes working together. The nature of creativity occurs when the problem solver runs into obstacles, proposes solutions, runs into further obstacles, and then refines and elaborates the earlier solutions.

5.2 Definition of Creativity

There are many definitions of creativity as shown below:

Guilford (1950) defined creativity as a group of traits that characterizes creative persons. He also proposed that creativity involves problem finding and evaluative ability.

Rhodes (1961) pointed out that creativity could be classified into four dimensions: definitions involving the person, process, product, and press or environment.

Torrance (1974) defined creativity as a group of abilities, skills, motivations,

and states that are linked to deal with problems.

Getzels (1975) stated that no universal consensus for the definition of creativity was found, but he defined creativity as the subjective experiences that are derived by process and product.

Torrance's (1988) definition of creativity involved sensitivity to problems or looking for gaps in information, constructing ideas or hypotheses, testing and changing these hypotheses, and conveying the results. The definitions involving the creative product were those focusing on the final product or output of the creative process. Product definitions focused on originality, practicality, and social value or appreciation. Moreover, he proposed fluency, flexibility, and original thinking as the main characteristics of creativity.

Treffinger, Feldhusen; & Isaksen (1990) promulgated a model in which they defined creativity as a set of cognitive processes that lead to productive thinking and problem solving. Productive thinking consisted of information and skills, motivations and inclinations, and management and metacognitive systems. This definition overlooked problem finding and the role of the person and the product.

Sternberg (1996) defined that creativity is a process that requires that balance and application of the three essential aspects of intelligence-creative, analytical, and practical. Often, someone who is creative is a particularly good synthetic thinker.

Gardner (1999) believed that an individual was creative when he or she could solve problems, generate products, or initiate a topic in a domain in a new or original and accepted way in a cultural setting. The focus of Gardner's definition was on two things: novelty and the appropriateness in a domain.

Furthermore, creativity is the ability to fabricate work. The two important characteristics of creativity consist of novelty including originality or the unexpected and appropriateness including usefulness, modification and the concerning of the undertaking restriction. Creativity is the ability to create new notions by adapting the existing ideas or knowledge (Edgar; & etc. 2008). Creativity can be completely explained with the concept of cognitive competency which is related to how people succeed with the difficult problem, the process of learning transfer including convergent and divergent thinking (Heller. 2007: 224). Moreover, creativity is an ability that people already have since they were born (Baillie; & Walker. 1998: 36)

From the various definitions of creativity, the following can be concluded:

1. Numerous definitions of creativity exist; however, none of these definitions is universally accepted.

2. The definition of creativity that a researcher adopts will determine the factors or characteristics considered essential for understanding about the creativity of the individual.

3. The problem of numerous definitions of creativity might lead to problems in the assessment of creativity.

4. Delineating similarities or differences among the different definitions of creativity is not easy.

5. Determining whether various definitions of creativity are good or bad is not easy. Instead, the conclusion is that every definition has its merits and demerits.

5.3 Scientific Creativity

Scientific research requires creativity in the sense of creating new understanding, and solving problems in science that requires the students to explore their own repertoire and to imagine a variety of routes to a solution. This is the justification for considering scientific creativity as worthy of attention in the education of students who will either become scientists or who need an understanding of society. In scientific creativity field, most researchers focused on creative thoughts, products, and processes of scientists, whereas few researchers focused on students' creativity in science, especially for secondary school students. Moravcsik (1981) defined that the scientific creativity is the attainment of new and novel steps in realizing the objectives of science. The conception of scientific creativity is the new ideas to contribute the scientific knowledge, formulate the new scientific theory, devise the new experiments to probe the nature' law, develop the scientific ideas applied to particular domains of practical interest, and realize new organizational features of scientific research and scientific community.

Torrance (1990) concludes that the term 'scientific creativity' is defined as mental ability or ability to create the new original products or results that has social or personal worth based on individual prior knowledge and given information. Another term of scientific creativity is called technical creativity. Both terms are essential for a theoretical and practical competency. Scientific creativity involves the human ability to solve the complicated scientific problems and tasks and to create the novel and creative solutions (Heller. 2007: 209).

Moreover, Hu; & Adey (2002:392) defined the scientific creativity as follows:

(1) Scientific creativity is different from other creativity since it is concerned with creative science experiments, creative scientific problem finding and solving, and

creative science activity.

(2) Scientific creativity is a kind of ability. The structure of scientific creativity itself does not include non-intellectual factors, although non-intellectual factors may influence scientific creativity.

(3) Scientific creativity must depend on scientific knowledge and skills.

(4) Scientific creativity should be a combination of static structure and developmental structure. The adolescent and the mature scientist have the same basic mental structure of scientific creativity but that of the latter is more developed.

(5) Creativity and analytical intelligence are two different factors of a singular function originating from mental ability.

In summary, the aspects of scientific creativity would be summarized as: being sensitive to any problems, ability to product new ideas which are technologically accepted ability to wonder, understanding the world around, ability to problem solving, seeking solutions, designing experiments, imagination, identifying difficulties, making predictions or hypothesizing.

5.4 Measurement of Scientific Creativity

According to Guilford (1967), creative behavior is dependent upon five principal primary abilities: sensitivity to problem, fluency of ideas, flexibility of ideas, originality of ideas, and redefinition of ideas. These abilities are characteristics of divergent thinking and are essentially the one tested by Torrance Test of Creative Thinking (TTCT). Torrance's (1974) definitions of these abilities are given below:

- Fluency is the ability to produce a large number of ideas.
- Flexibility is the ability to produce a wide variety of ideas.
- Originality is the ability to produce unusual ideas.
- Elaboration is the ability to develop or embellish ideas, and to produce many details to flesh out an idea.

Hu; & Adey (2002) developed a model, Scientific Structure Creativity Model (SSCM), for assessing the scientific creativity of secondary school students. This model was based on Guilford's Structure-of-Intellect model. The SSCM consisted of three dimensions: the process, the trait, and the product. The process dimension consisted of imagination and thinking. The trait dimension consisted of originality, fluency, and flexibility. The product dimensions consisted of science problem, science phenomena, science knowledge, and technical product. The 3-dimensional SSCM is shown in FIGURE 5.

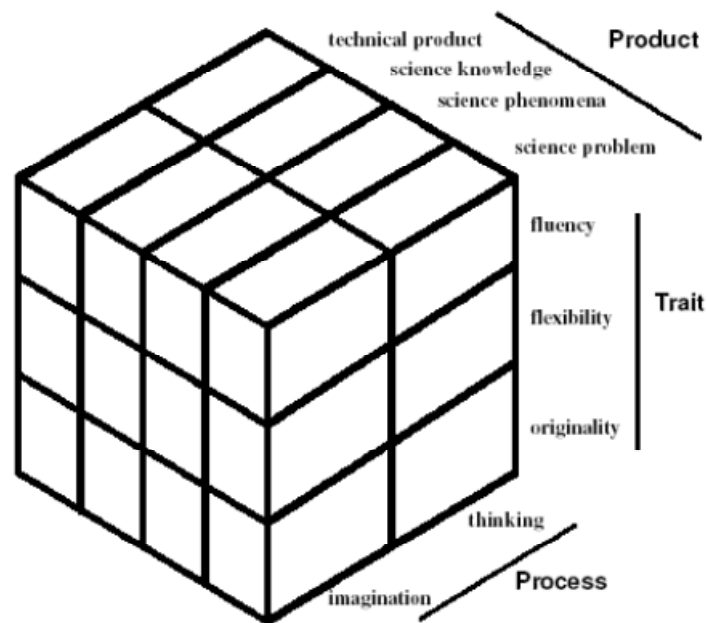


FIGURE 5 THE SCIENTIFIC STRUCTURE CREATIVITY MODEL (SSCM)

Source: Hu, Weiping; & Adey, Philip. (2002). A Scientific Creativity Test for Secondary School Students. p. 390-403.

SSCM defines scientific creativity as a kind of intellectual trait or ability producing or potentially producing a certain product that is original and has social or personal value, designed with a certain purpose in mind, using given information (Hu. 2002).

Based on SSCM model, the Scientific Creativity Test for Adolescents (SCTA) was developed and was tested with the students from England and China (1,087 students each). The results presented that SCTA has high reliability and validity by using statistical methods that are the alpha coefficient, reliability coefficient, and test-retest reliability (Hubley. 2004: 9). These results confirm that the SCTA test should be suitable for measuring scientific creativity of secondary school students (Hu; & Adey. 2002).

In this study, students' scientific creativity can be assessed using a holistic approach, asking them questions related to their using scientific process skills. It is believed that finding out students' scientific process skills will also show how much students have scientific creativity components. To measure scientific creativity, this research focused on creative thoughts and processes of scientists as opposed to product. This scientific creativity test emphasized evaluating the scientific creativity skill in the three following

aspects: fluency, flexibility, and originality. Consequently, the SSCM was selected to be the main model to develop the scientific creativity assessment.

6. Creative Problem Solving Approach

6.1 Relation of Creative Thinking, Logical Thinking, and Problem Solving Skill

Normally, the most important goal of education especially in science is that the students learn how to think critically or logically, to be able to reason closely, analyze ideas, and make good judgments. The students have been learning these processes throughout the educational career because logical thinking is an essential skill for good problem solving, and problem solving describes much of life's activity. However, creative thinking is an essential part of good problem solving as well. While logical thinking focuses on step-by-step, linear processes aimed at arriving at a correct answer, creative thinking begins with possibility, multiple ideas, and suspended judgment. It might be said that creative thinking creates the ideas with which logical thinking works (Isaksen, Treffinger; & Dorval. 2000; Treffinger. 2000; Harris. 2002).

Thus, even though these two kinds of thinking work in different ways, they actually support each other and aim at the same ultimate goal, which is to solve a problem. A useful model of an effective thinking process is that of a diamond (Harris. 2002), as seen in FIGURE 6 below,

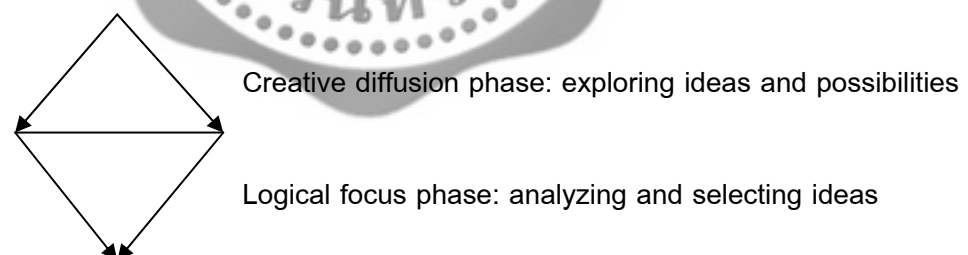


FIGURE 6 THE DAIMOND MODEL OF PROBLEM SOLVING

Source: Harris, Robert A. (2002). *Creative Problem Solving : A Step-by-Step Approach*. p.5.

At the beginning of the process, creative methods are used to examine the problem environment, generate ideas, and make associations. Then the analysis and judgment faculties are brought into play, and the possibilities are analyzed for a probable solution. In other words, a successful problem solving skill should learn to use both their creative and logical thinking abilities in harmony.

6.2 Definition of Creative Problem Solving (CPS)

Gordon (1961) remarked that creative problem solving is a method that combined creative ability and analytical technique to solve problems. Creative problem solving offers perhaps the most complete model for solving ill-structure problems, but it is a complex structure. Another shortcoming of the creative problem solving model is that it has so far been presented in abstract terms that only someone familiar with decision theory can understand.

Goman (1986) combined two distinct cognitive skills: creativity and problem solving into creative problem solving. In solving a problem, creativity person must use several mental functions including reasoning, decision making, critical thinking, imagination and intuition.

Creative Problem Solving (CPS) is an approach used to develop the creative potential of students through a theoretical framework used to develop and analyze solutions to broad problems. The Classical Brainstorming (Osborn. 1963) is the root of creative problem solving. He began the research for what we now use as a "framework for thinking, problem solving, and managing change" (Isaksen, Dorval; & Treffinger. 2000: 30). In the beginning, creative problem solving was used in companies, governments, and nonprofit groups throughout the world until, in the 1950s, Parnes (SUNY College at Buffalo) joined Osborn to research, extend, and keep the Osborn-Parnes CPS model into science learning. Over the past fifty years of research and development on CPS, many important contributions have been made by those interested in developing this talent (Isaksen, Treffinger; & Dorval. 2000). This developmental process has been a gradual, systematic approach that emerged from a group of educational scholars linked by institutional and foundational linkages. Today, the CPS process has been successfully applied in a variety of educational settings among a variety of age groups, ranging from early childhood through adulthood (Treffinger. 2000).

An important goal of education is helping students learn how to think more productively by combining creative thinking (to generate ideas) and critical thinking (to evaluate ideas). Both modes of thinking are essential for a well-rounded productive thinker, according to scholars in both fields. Because of creative problem solving is one of the approaches that can push the education reaching to the standard goal. It has been successfully applied into teaching and learning process (Sanfilippo.1993; Kim. 2003; Myrmel. 2003; Maraviglia; & Kvashtny. 2006; Wood. 2006; Kim. 2007; Cheng; & et.al. 2007)

Problem solving is a framework of thinking for recognizing problems, thinking possible solutions, and testing or evaluating the solutions. Uniqueness is not a criterion for problem solving, but usefulness is. "Problem solving does not require creative thought because many kinds of problems can be solved by careful, discriminating logic" (Beakley. 1974:50). This definition of problem solving requires elaboration on three points: (1) the framework is a five-step structure similar to that developed by Parnes (1981), (2) the idea of evaluation is fundamental to problem solving and implies the concept of: usefulness" which has been precluded from the definition of creativity, and (3) an important aspect of problem solving is ability to shape solutions by applying knowledge gained in the past. As Abruzzo (1987) pointed out, the solutions do not happen by chance but represent an extension of what is already known.

In conclusion, creative problem solving is a framework of thinking for recognizing problems, thinking of creative solutions, and testing or evaluating the solutions. Creativity and problem solving are separate processes. Osborn (1963) indicated that creative problem solving is ideational in nature and is quite different from straightforward or analytical problem solving. Creative problem solving harnesses that creative process in order to develop new and useful solutions: $\text{creativity} + \text{problem solving} = \text{creative problem solving}$. Uniqueness and usefulness are both essential criteria for creative problem solving.

The information above shows that the creative problem solving is a framework which can be used by individuals or groups to formulate problems, opportunities, or challenges; generate and analyze many varied, and novel options; and plan for effective implementation of new solutions or courses of action. The creative problem solving is a method of solving problems that emphasizes the use of both creative and analytical skills by alternating divergent and convergent thinking. That matches Patrick Hillis; & Gerard Puccio (1999) which described the combining of divergent generation and convergent evaluation in a strategy of creative problem solving. In other words, creative problem solving emphasizes thinking both critically and creatively simultaneously.

6.3 The Three Principles of Creative Problem Solving

There are three main principles underlying creative problem solving, namely:

(1) Diverse views and inputs to a problem lead to generating a unique view. Koberg and Bagnal (1981) stressed that individuals tend to set up psychological barriers which make problems seem more complex. In contrast, other people's problems seem so simple to solve. These suggested that there is a benefit to asking other people for

ideas. In order to be successful in solving problems, collaborative analytical, imaginative, and organizational skills are needed in the group. It has been suggested that although individually we all possess these skills, only one is predominant in each individual (Grossman et al. 1988). Thus, in order for the group to make optimal use of all these skills, heterogeneity in a problem solving group is not only advisable but necessary.

(2) Deferring judgment was defined by Parnes (1981). He referred to deferred judgment as freedom of expression during the divergent or idea generation stages of creative problem solving process. Quantity of ideas generated without evaluation is the key points, and there should be no evaluation when ideas are being generated. In addition, Parnes (1981) stated that when “applying the deferred-judgment principle many of the blocks that interfere with successful group procedure can be minimized by the deferred-judgment principle” (p.135).

(3) Problems can be looked at from many perspectives. Umiker (1988) stated the following: “I would like to make the point that creative people look at their problems as opportunities. Regard problems as challenges. Every time you have a problem you have opportunity to innovate” (p.10). That means in creative problem solving process, the problem solver should look through all views of the problem.

6.4 The Creative Problem Solving Model

For a long time, there have been a lot of creative problem solving models developed based on three principles of creative problem solving and emphasized critical thinking and creative thinking in harmony in every step. This section shows the review of related creative problem solving model. The analyzing data of the existing creative problem solving model was used to develop the new learning model.

(1) Dewey's Model

Since early 1910, Dewey recognized the importance of defining what a problem was before being able to explain the thought process in problem solving. He surmised that learning begins when the person is confronted with a difficulty. Dewey outlined a five step iterative process of problem solving that includes (1) a degree of difficulty, (2) problem clarification, (3) identification of potential solutions, (4) assessment of the potential solutions, and (5) verification of assessment results (Savage; & Sterry. 1991).

(2) Polya's Model

Polya words his four stages slightly differently: understanding the problem, deciding what to do (find the connection between data and unknown), carrying out the plan

(find the connection between data and unknown), and looking back (check each step for correctness) (Savage; & Sterry. 1991).

(3) Osborn's Model

Osborn's creative problem solving method is built around three procedures: fact finding, idea finding, and solution finding. These steps may not always take place in sequence but all of them require both deliberate effort and creative imagination. Special effort should be taken to correctly define and formulate the problem as getting a good answer depends on asking the right question. Details of the three procedures of this model are as follows:

1. Fact-Finding: Problem definition (picking out and pointing up the problem) and Preparation (gathering and analyzing the pertinent data).
2. Idea-Finding: Idea Production (thinking up tentative ideas) and Idea Development (selecting, reprocessing, modifying, and combining)
3. Solution-Finding: Evaluation (verifying tentative solutions) and Adoption (deciding on and implementing the final solution)

(4) Osborn- Parnes' Model

Sidney J. Parnes (1981) has built on the work of Osborn by developing a training program of creative problem solving (CPS) techniques. This model illustrates that effective problem solving relies upon two types of thinking at each stage, divergent or creative and convergent or critical:

(1) The creative thinking consists of making and communicating meaningful new connections in order to generate many possibilities, experience different points of view, and think of new and unusual possibilities.

(2) The critical thinking stage calls for analyzing and developing the possibilities generated by the divergent process specifically to compare and contrast ideas, improve and refine promising alternatives, screen, select and support ideas.

The effective decisions and judgments were provided a sound foundation for effective action. Together the stages constitute a dynamic balance between creativity (divergent) and innovation (convergent). Parnes added an additional step, objective finding, to the beginning of the CPS process (VanGundy. 1988). Objective finding limits the scope of the problem. The six stages of the creative problem solving process of this model developed are objective finding, fact finding, problem finding, idea finding, solution finding, and acceptance finding (Parnes. 1981).

(5) Koberg-Bagnal (1981)

Koberg & Bagnal's process emphasizes taking time to analyze and define the problem, and then to "ideate". There are many ways to generate new ideas such as brainstorming, making synergetic attributing analogies, or drawing morphological connections and inclinations. Koberg and Bagnal (1981) postulated that creative thinking depends on a good balance of logic and experience, orderly thought, lateral thought, and lost of images. They showed that what appears to be is not always what really is or could be. Perception and reality differ. By determining the difference between various points of view a unique view can often be formed. The process of this model emphasizes both holistic and flexible and includes both critical thinking (analyze, define, evaluate, select) and creative thinking (ideate, select, analyze, and implement). The process of this model consists of seven steps as follows: (1) Accept problem as challenge, (2) Get the fact & Feeling, (3) Determine the essential ingredients, (4) Generate option for action to the essential goal, (5) Choose the option, (6) Take action, and (7) Review and Plan again.

(6) Isaksen-Treffinger's model

Isaksen and Treffinger developed creative problem solving model by adjusting Osborn-Parnes's model (Isaksen; & Treffinger. 1985). This particular model uses the following steps:

1. Mess Finding: an effort to identify a situation that presents a challenge.
2. Data Finding an effort to identify all known facts related to the situation; to seek and identify information that is not known but essential to the situation is identified and sought.
3. Problem Finding: an effort to identify all the possible problem statements and then to isolate the most important or underlying problem.
4. Idea Finding: an effort to identify as many solutions to the problem statement as possible.
5. Solution Finding: using a list of selected criteria to choose the best solution(s) for action.
6. Acceptance Finding: making every effort to gain acceptance for the solution, determine a plan of action, and implement the solution.

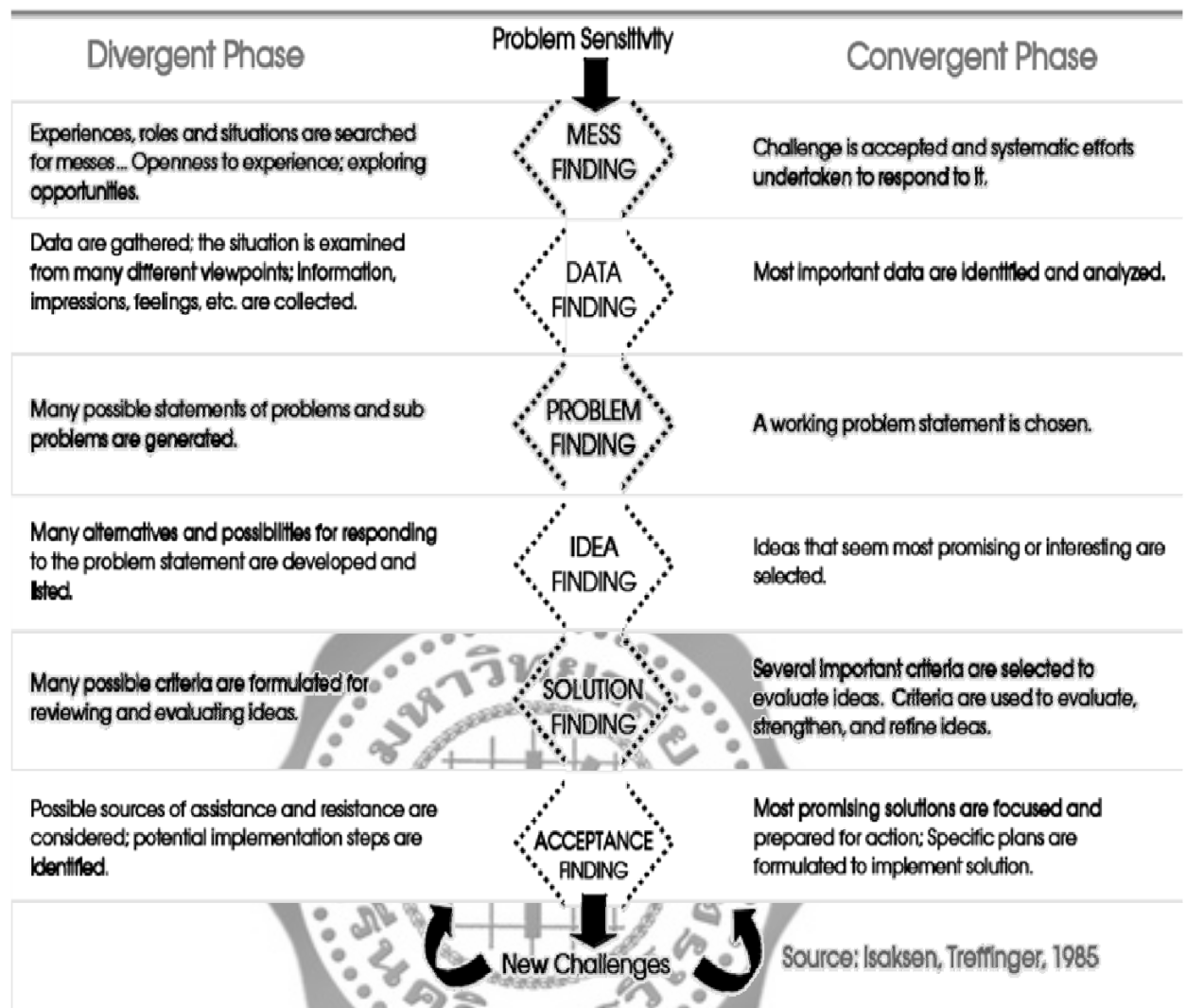


FIGURE 7 THE ISAKSEN-TREFFINGER CREATIVE PROBLEM SOLVING MODEL

Source: Isaksen, S.G; & Treffinger, D. J. (1985). *Creative Problem Solving the Basic Course*.p.16.

(7) Van Oech's Model

Van Oech describe four roles in his creative problem solving process:

Explorer: open, probing and searching for new information.

Artists: turning resources into new ideas.

Judge: critical, fault finding and evaluating the merit of an idea.

Warrior: reaching goals and carrying your ideas or solutions into action.

By the way, he describes that in his model the problem solvers have to do all roles through four steps of the model. The four steps of Oech's model consist of (1) exploring the information, (2) training your resource into new ideas, (3) reflecting and evaluating solutions, and (4) carry out your solution (VanGundy. 1988).

(8) Puccio's Model

In 1999, Puccio has reviewed literature of creative problem solving process and suggested that the effective creative problem solving process should consist of six stages:

- (1) Identify Goal, Wish or Challenge: Identifying a goal, wish or challenge that requires creative thinking.
- (2) Gather Data: Gathering background information about the goal.
- (3) Clarify the Problem: Clarifying the problem by identifying the specific issues that need to be resolved.
- (4) Generate Ideas: Using imaginative thinking to generate many varied and original ways of resolving the problem.
- (5) Select & Strengthen Solutions: Selecting, evaluating, and refining promising ideas into workable solutions.
- (6) Plan for Action: Developing a plan of action that builds on sources of assistance and overcomes potential sources of resistance.

(9) Isaksen, Dorval, & Treffinger Model

Creative Problem Solving involves three components and six stages. The process may start with any of the three components. The components and stages are as follows:

- 1) Understanding the problem: there are three stages within this component.
 - a) Mess Finding: Identifying problems in a mess. This process cuts through the fog to find the real problems and opportunities in that messy situation.
 - b) Data Finding: Gathering the details and finding the most important. This helps to concentrate on what matters. Clear out the extraneous details.
 - c) Problem Finding: Clarifying and stating the specific problem.
- 2) Generating Ideas: The stage of this component is that of generating new and useful ideas. Tools include the well-known Brainstorming process (Unfortunately, Brainstorming is one of the most widely miss-used creativity tools in existence.
- 3) Planning for Action: A solution is not real until it is applied. This systematic process creates action plans from solutions that you find to be the most promising.

- a) Solution Finding: Generate options, select solutions, and develop them.
- b) Acceptance Finding: Consider sources of assistance and resistance. Formulate a specific plan of action.



FIGURE 8 ISAKSEN, DORVAL, AND TREFFINGER CREATIVE PROBLEM SOLVING MODEL

Source: Isaken, S.G.; Dorval, K.B.; & Treffinger, D.J. (2000). *Creative Approach to Problem Solving*. p. 14.

The literatures review shows that the creative problem solving models compose of many different steps as shown in TABLE 2. This table is a comparison of the creative problem solving models previously discussed. As the model reviewed, the researcher has thought and synthesized an adapted creative problem solving model that consists of five main steps. The five steps consist of (1) awareness in problem, (2) understanding in problem, (3) finding solutions, (4) taking action, and (5) verifying the solution. All of these five steps of creative problem solving process are used as the main concept of developing the CPS learning model.

TABLE 2 THE COMPARISON OF CREATIVE PROBLEM SOLVING MODEL

Modelist Step	Dewey	Polya	Osborn	Osborn-Parnes	Koberg & Bagnal	Isaksen-Treffinger	Van Oech	Gerard J. Puccio	Isaksen, Dorval, & Treffinger	An adapted the CPS Model
1	Degree of difficulty,	Understand the Problem	Fact Finding	Objective Finding	Accept problem as challenge	Mess Finding	Exploring the information	Identify Goal	Understanding the challenge	Awareness in problem
2	Problem clarification,	Devise a Plan	Idea Finding	Fact Finding	Get the fact & Feeling	Data Finding	Training your resource into new ideas	Gather Data	Generating ideas	Understanding in problem
3	Identification of potential solutions	Carry out a plan	Solution Finding	Problem Finding	Determine the essential ingredients	Problem Finding	Reflecting and evaluating solutions	Clarify the Problem	Preparing for action	Finding solutions
4	Assessment of the potential solutions	Look back		Idea Finding	Generate option for action to the essential goal	Idea Finding	Caring out your solutions	Generate Ideas		Taking action
5	Verification of assessment results			Solution Finding	Choose the option	Solution Finding		Select & Strengthen Solutions		Verifying the solution
6				Acceptance Finding	Take Action	Acceptance Finding		Plan for action		
7					Review and Plan					

6.5 Teaching Creative Problem Solving

The factors that can inspire enthusiasm and inhibit creativity are the things that should be considered in teaching creative problem solving. A beginning point of this discussion might be the generally accepted conclusion that emotional, physical, motivational, and mental health factors all affect creative output. These are factors that can be influenced to some degree by the teaching environment. Parnes (1967) suggests that a teacher can do two things to enhance creative potential in students: (1) help them gain a perception of themselves as creative beings, and thus eliminate internal blocks to creative functioning, and (2) provide appropriate environmental conditions that encourage creative functioning, thus eliminating external blocks.

Wallace (1986) indicated that in order to achieve fulfillment, the creative personality needs self-understanding, positive encouragement, and acceptance and suggested that the teacher must establish a balance between psychological safety and freedom so that the student will take risks. The teaching process and evaluation methods attempt to reflect this by rewarding potential and effort even when they fail in actual performance.

Wallace (1986), Feldhusen, & Treffinger (1977) give suggestions for creating an atmosphere conducive to creative problem solving. These are summarized below:

1. Use the students' interests as a starting point whenever possible.
2. Allow the student to experience success.
3. Maintain a mutually respectful and open relationship between teacher and students. Treat unusual answers with curiosity.
4. There is undoubtedly an optimum level of competition.
5. Constant evaluation, particularly negative, diminishes creativity. However, failure can be used as a positive help to students in supportive atmosphere.
6. The use of humor releases creative thinking. Keep the atmosphere relaxed and nonthreatening.
7. Divergent thinking stimulates creativity. When followed by the convergent thinking of evaluation, and time is allowed for incubation, creativity is facilitated.

It is useful to introduce the students to creative problem solving gently, gradually increasing the complexity of the problems and the degree of creativity expected. Beginning with simple well-defined opportunities and confidence to be successfully creative because the expected solution is well defined. In later projects more creative freedom can

be allowed and the complexity of the problems can be increased. This can be achieved by specifying the end product of the problem in terms of what it should do, not in terms of what it should be (Gehlbach. 1987). This allows students to draw heavily upon their background experiences to generate innovative successful solutions.

All stated above is uses as the means of the CPS learning model development, especially in the part of teacher role. In the CPS learning model, the teacher is a very important factor that indicates the success of learning model. Teacher has to provide an environment and atmosphere enhancing the teaching and learning process. Moreover, teacher has to manage the classroom reaching the learning objective of the learning model.

7. Depth of Knowledge (DOK) Levels for Science

7.1 Depth of Knowledge (DOK)

Depth of Knowledge (DOK) is the degree of depth or complexity of knowledge standards and assessments require. This criterion is met if the assessment is as demanding cognitively as the expectations standards are set for students. Depth of knowledge implies the interaction of how deeply a student needs to understand the content with different ways of responding and interacting with the content (Webb. 2005).

Depth of knowledge seems at first glance to be not much different than Bloom's. And in some aspects they are similar. But depth of knowledge measures rigor, or complexity, written as a hierarchy but not as taxonomy. Unlike Bloom's, the verb is not the distinguishing factor. Rather, the context of the verb is how one delineates between the different DOK levels, each of which basically describe and show the progression of the rigor of what is being taught and learned (Lowe.n.d.). Depth of knowledge is no one-to-one mapping between the two levels because the role of each rigor model is distinct. Bloom's Taxonomy, for instance, more closely describes the type of thinking required to answer a question. On the other hand, depth of knowledge correlates to the level of understanding required of students to complete an activity. For example, the solving of a linear equation lies at third order (apply) in Bloom's Taxonomy, but only the lowest level of depth of knowledge (Overa. 2009). Depth of knowledge offers some advantages over Bloom's Taxonomy for planning lessons and choosing instructional techniques. By increasing the DOK levels of activities, teachers teach students to adapt to challenges, work cooperatively

and solve problems on their own (Lowe.n.d.; Hess. 2007; Overa. 2009). A comparison between Bloom's Taxonomy and Webb's Depth of Knowledge is shown in TABLE 3.

TABLE 3 COMPARISON A COGNITIVE COMPLEXITY BETWEEN BLOOM'S REVISED TAXONOMY AND WEBB'S DEPTH OF KNOELEDGE (DOK)

Bloom's revised taxonomy	Webb's Depth of Knowledge (DOK)
Remember Retrieving relevant knowledge from long-term memory (e.g., recognizing, recalling)	Recall – Recall of a fact, information, or procedure (e.g., What are the Red Cross Emergency?)
Understand Determining the meaning of instructional messages, including oral, written, and graphic communication (e.g., interpreting, exemplifying, classifying, summarizing, inferring, comparing, explaining)	
Applying Carrying out or using a procedure in a given situation (e.g., executing, implementing)	Basic Application of Skill/Concept – Use of information, conceptual knowledge, procedures, two or more steps, etc. (e.g., Given an emergency scenario, students determine the care needed for a victim, and explain the reason for their actions).
Analyzing Breaking material into its constituent parts and detecting how the parts relate to one another and to an overall structure on purpose (e.g., differentiating, organizing, attributing)	Strategic Thinking – Requires reasoning, developing a plan or sequence of steps; has some complexity; more than one possible answer; generally takes less than 10 minutes to do (e.g., Stressed due to parents' divorce; Crunched for time; Signs of stress – ways to relieve stress – why managing stress is important to health.)
Evaluate Making judgments based on criteria and standards (e.g., checking, critiquing)	
Creating Putting elements together to form a novel, coherent whole or make an original product (e.g., generating, planning, producing)	Extended Thinking – Requires an investigation; time to think and process multiple conditions of the problem or task; and more than 10 minutes to do non-routine manipulations (e.g., Welcome to Health High – Create fact sheet/brochure from research activity)

Source: Webb, Norman L. (2008). *Levels of Dept-of-Knowledge for Science*. (Online).

7.2 Levels of Depth of Knowledge (DOK)

Interpreting and assigning depth-of-knowledge levels to objectives both within standards and assessment items is an essential requirement of alignment analysis. There are four DOK levels (Webb.1999) that consist of level 1 (recall), level 2 (skill/concept), level 3 (strategic thinking), and level 4 (extended thinking). Four levels of DOK are described in detail as follows:

Level 1: Recall and Reproduction

Webb (1999) described that level 1 of DOK only requires students to demonstrate a rote response, use a well-known formula, follow a set procedure (like a recipe), or perform a clearly defined series of steps. A “simple” procedure is well-defined and typically involves only one-step. Verbs such as “identify,” “recall,” “recognize,” “use,” “calculate,” and “measure” generally represent cognitive work at the recall and reproduction level. Simple word problems that can be directly translated into and solved by a formula are considered Level 1. Verbs such as “describe” and “explain” could be classified at different DOK levels, depending on the complexity of what is to be described and explained. A student answering a Level 1 item either knows the answer or does not, that is, the answer does not need to be “figured out” or “solved.” In other words, if the knowledge necessary to answer an item automatically provides the answer to the item, then the item is at Level 1.

Level 2: Skills and Concepts

This level is the engagement of some mental processing beyond recalling or reproducing a response (Webb.1999). The content knowledge or process involved is more complex than in level 1. Items require students to make some decisions as to how to approach the question or problem. Keywords that generally distinguish a Level 2 item include “classify,” “organize,” “estimate,” “make observations,” “collect and display data,” and “compare data.” These actions imply more than one step. For example, to compare data requires first identifying characteristics of the objects or phenomenon and then grouping or ordering the objects. Level 2 activities include making observations and collecting data; classifying, organizing, and comparing data; and organizing and displaying data in tables, graphs, and charts.

Level 3: Strategic Thinking

This level requires reasoning, planning, using evidence, and a higher level of thinking than the previous two levels (Webb. 1999). The cognitive demands at Level 3 are complex and abstract. The complexity does not result only from the fact that there could be

multiple answers, a possibility for both Levels 1 and 2, but because the multi-step task requires more demanding reasoning. In most instances, requiring students to explain their thinking is at Level 3; requiring a very simple explanation or a word or two should be at Level 2. An activity that has more than one possible answer and requires students to justify the response they give would most likely be a Level 3. Experimental designs in Level 3 typically involve more than one dependent variable. Other Level 3 activities include drawing conclusions from observations; citing evidence and developing a logical argument for concepts; explaining phenomena in terms of concepts; and using concepts to solve non-routine problems.

Level 4: Extended Thinking

Level 4 requires complex reasoning, experimental design and planning, and probably will require an extended period of time either for the science investigation required by an objective or for carrying out the multiple steps of an assessment item (Webb. 1999). However, the extended time period is not a distinguishing factor if the required work is only repetitive and does not require applying significant conceptual understanding and higher-order thinking. For example, if a student has to take the water temperature from a river each day for a month and then construct a graph, this would be classified as a Level 2 activity. However, if the student conducts a river study that requires taking into consideration a number of variables, this would be a Level 4.

In order to be practical in science assessment, all of the levels of depth of knowledge have been described and classified in short steps as shown in TABLE 4.

TABLE 4 AN EXAMPLE OF THE DESCRIPTION OF DOK LEVELS IN SCIENCE

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
Recall & Reproduction	Skills & Concepts	Strategic Thinking	Extended Thinking
a. Recall or recognize a fact, term, definition, simple procedure (such as one step), or property b. Demonstrate a rote response c. Use a well-known formula	a. Specify and explain the relationship between facts, terms, properties, or variables b. Describe and explain examples and non-examples of	a. Interpret information from a complex graph (such as determining features of the graph or aggregating data in the graph) b. Use reasoning, planning, and evidence c. Explain thinking (beyond a simple explanation or using	a. Select or devise approach among many alternatives to solve problem b. Based on provided data from a complex experiment that is novel to the student, deduct the

TABLE 4 (continued)

Level 1 Recall & Reproduction	Level 2 Skills & Concepts	Level 3 Strategic Thinking	Level 4 Extended Thinking
d. Represent in words or diagrams a scientific concept or relationship e. Provide or recognize a standard scientific representation for simple phenomenon f. Perform a routine procedure, such as measuring length g. Perform a simple science process or a set procedure (like a recipe) h. Perform a clearly defined set of steps i. Identify, calculate, or measure NOTE: If the knowledge necessary to answer an item automatically provides the answer, it is a Level 1.	science concepts c. Select a procedure according to specified criteria and perform it d. Formulate a routine problem given data and conditions e. Organize, represent, and compare data f. Make a decision as to how to approach the problem g. Classify, organize, or estimate h. Compare data i. Make observations j. Interpret information from a simple graph k. Collect data NOTE: If the knowledge necessary to answer an item <u>does not</u> automatically provide the answer, then the item is at least a Level 2.	only a word or two to respond) d. Justify a response e. Identify research questions and design investigations. f. Use concepts to solve non-routine problems/more than one possible answer g. Develop a scientific model for a complex situation. h. Form conclusions from observational data i. Complete a multi-step problem that involves planning and reasoning j. Provide an explanation of a principle k. Justify a response when more than one answer is possible l. Cite evidence and develop a logical argument for concepts m. Conducting investigation n. Research and explain a scientific concept o. Explain phenomena in terms of concepts NOTE: Level 3 is complex and abstract.	fundamental relationship between several controlled variables. c. Conduct an investigation, from specifying a problem to designing and carrying out an experiment, to analyzing its data and forming conclusions d. Relate ideas <i>within</i> the content area or <i>among</i> content areas e. Develop generalizations of the results obtained and the strategies used and apply them to new problem situations NOTE: Level 4 activities often require an extended period of time for carrying out multiple steps; however, time alone is not a distinguishing factor if skills and concepts are simply repetitive over time.

Source : Webb, Norman L. (2008). *Levels of Depth-of-Knowledge for Science*. (Online).

8. Scientific Attitude

Scientific attitude has come to be known as a way in which scientists believe in and conduct their work (Simson; Koballa; & Olive. 1994: 211). Scientific attitude is really a composite of a number of mental habits, or of tendencies to react consistently in certain ways to a novel or problematic situation. Gardner (1975) indicated that scientific attitude included the characteristics of scientists that are believed to be desirable in the study of science, such as open-mindedness and objectiveness. Moreover, Haladyna; & Shaughnessy (1982) offered the definition of scientific attitude by using meta-analysis. Scientific attitude addresses attitudes toward science, attitudes toward scientists, attitudes toward scientific careers, attitudes toward methods of teaching science, scientific interests, attitudes toward parts of the curriculum, or attitudes toward the subject of science. Scientific attitudes were defined into a lot of components. Anyway, the science educator identify 10 components (Khan. 2006: 116-121) that consist of:

1. **Beliefs:** A scientist believes that everything that happens in this world has a cause or reason.
2. **Curiosity:** A scientist shows interest and pays particular attentions to objects or events. He asks questions and seeks answers.
3. **Objectivity:** A scientist is objective if he does not allow his feelings and biases to influence his recording of observations, interpretation of data, and formulation of conclusions.
4. **Critical-mindedness:** A scientist bases suggestions and conclusions on evidences. When in doubt, he questions the veracity of a statement in relation to the evidences presented.
5. **Open-mindedness:** A scientist listens to and respects the ideas of others. He accepts criticism and changes his mind if reliable evidence contradicts his believes.
6. **Inventiveness:** A scientist can generate new and original ideas.
7. **Risk-taking:** A scientist expresses his opinions and tries new ideas even at the risk of failure or criticism.
8. **Intellectual honesty:** A scientist gives a truthful report of observations. He does not withhold important information just to please himself or others.
9. **Humility:** A scientist is humble when he admits that he is not free from committing errors. He recognizes that there may be better ideas and realizes that there are individuals whom he may have to consult to arrive at correct observations and conclusions.

10. Responsibility: A scientist actively participates in a task and also dutifully performs tasks assigned to him.

Students' scientific attitude is a motivation of students to be interested in science, their attitudes toward science, their views of scientists, and their desire to become scientists. There are a lot of reasons that have been given for the need to study student science attitudes.

Victor Noll (1935) challenged educators to think more scientifically about measuring scientific attitudes. Many instruments have been developed and evaluated to determine whether they are internally consistent, reliable, and associated with external variables (e.g., grade level) or outcomes (e.g., test performance, course selections). Many scientific attitudes instruments have been created and tested to varying degrees since the mid-20th century (Blalock; & et al. 2007). One of the most commonly cited instruments is the Scientific Attitude Inventory (SAI) (Moore; & Foy. 1997).

The scientific attitude inventory: a revision (SAI II) was developed by Richard W Moore in 1969. A revised version of the scientific attitude inventory: a revision (SAI II) was developed and field tested in 1983. The SAI II has 40 five-response Likert-Scale type attitude statements to assess students' scientific attitudes (Richard; & Foy. 1997). A split-half reliability coefficient for SAI II was computed for the entire group of 557 respondents. Application of the Spearman Brown correction of split-half to the correlation coefficient yields a reliability coefficient of 0.80. Cronbach's alpha reliability coefficient is 0.781 for this group. In Thailand, Punyain (2008) had translated SAI II into Thai and used SAI II to evaluate the students' scientific attitudes of the level 3 students. These results confirm that the SAI II should be suitable for measuring scientific attitudes of primary school students (Punyain. 2008). This study selected the Scientific Attitude Inventory II (SAI II) to be the instrument to evaluate the students' scientific attitudes.

9. Research Related to This Study

9.1 Research Related to Inquiry

In 1999, Branford, Brown, and Cocking discovered that inquiry is the strategy to help link the prior knowledge to integrate in new knowledge. Considering existing knowledge to be basic of new concept in science is a best way for getting a deeper knowledge.

Kolkhorst; & et.al (2001) developed an inquiry-based learning model to better

stimulate undergraduate students' cognitive development of exercise physiology laboratory concepts. They mentioned that their model is successful because from formative assessment, journal entries and behaviors observation, the students who learn through this model can develop laboratory skills and can understand the science concept and science process. Moreover, they reflected a high level of enthusiasm and engagement in laboratory activities.

Marx; et al.(2004) studied the effect of inquiry-based science in the middle grades. They collected data across three years from nearly 8,000 students who participated in inquiry-based and technology-infused curriculum units. The results showed statistically significant increases on curriculum-based test scores for each year of participation. The findings indicated that students who previously were low achievers in science can succeed in standards-based. In other words, inquiry base science is a method that makes students get deeper knowledge and can expand concept into the new situation.

Hammett (2005) investigated the application of student-centered (Inquiry) pedagogical methods to a beginning level chemistry class for elementary education majors. The investigation showed that student-centered (inquiry) methods are effective for learning abstract concepts like chemistry, which indicates that the students perform better in student-centered classes, and describes how students respond to more autonomy in the student-centered classroom. The student-centered method is the effective pedagogy promoting the student's understanding in science concepts.

Pengong (2005) studied the effect of inquiry method and an enriching creative problem solving process activities on science learning achievement and problem solving ability of Mathayom Suksa1. The result from this study indicated that creative problem solving process activities can help improve students' science learning achievement and problem solving ability.

Dobbs (2008) integrated the inquiry approach with problem-based learning concerning in chemistry. This study found that this instructional method can improve student achievement in high school chemistry to a greater degree than traditional teaching methods. In addition, using this instructional the students can understand the deep scientific concept and apply the concept to solve problems.

As mentioned above, inquiry is one of the effective methods of teaching science. The main point of inquiry emphasized students constructing their own knowledge. It focuses on learning how to learn more than memorizing information. It is learner-centered instruction that encourages participation, analysis and critique and also leads to lifelong

learning. The literature above supports the notion that the inquiry approach can enhance not only the learning achievement but also learning skill of students. For these reasons, the researcher wanted to develop the learning model using the five essential features of inquiry as the main background. The researcher expects that the developed learning model based on five essentials features can help enhance a deeper understanding and promote thinking skills.

9.2 Research Related to Creative Problem Solving Approach

The questions: (a) When is the Osborn-Parnes method of creative problem solving added to a collection of information processing models of teaching, within a technology education class, and are creative problem solving skills as measured by the Torrance Test of Creative Thinking significantly increased? (b) How do technology education students who demonstrate adaptive or innovative styles, as measured by the Kirton Adaption-Innovation Inventory, respond to the Osborn-Parnes method of teaching creative problem solving as measured by the Torrance Test of Creative Thinking were set to be a research question by Joseph (1992). The study was conducted over a one year period. The control class was made up of students enrolled in an Energy and Power Systems class during the fall semester. Five instructional models of teaching were utilized during the conduct of the class. The five models included concept attainment, inductive thinking, inquiry training, the advance organizer, and memorization. The experimental class was made up of students enrolled in the same course during the spring semester. During the spring semester, a sixth model of teaching was added to the models of teaching employed by the researcher. That model was the Osborn-Parnes method of creative problem solving. The result indicated that (a) the Osborn-Parnes process was a somewhat effective model of teaching creative problem solving skills; and (b) that students with adaptive problem solving styles did not respond differently to the Osborn-Parnes process when compared with students with innovative problem solving styles.

Kim, Sung-Ha (2003) has developed a teaching program for improving students' Creative Problem Solving (CPS) ability in the area of plant hormones. Using the historical processes regarding the discovery of four plant hormones was analyzed, the specific contents related with the CPS were extracted and applied to the teaching program. The program provided five periods handling auxin, gibberellin, ethylene and abscisic acid, each of which combined two or three small activities based on CPS model. Such procedure will allow the students to learn the process of the CPS by alternating the divergent thinking

of the various approaches in the research with the convergent thinking to the best way of doing research. The result showed that fluency and adaptability in the general creativity and originality of the CPS ability in the life science were significantly improved. Moreover, both general creativity and the CPS ability in the life science had shown a strong correlation. It could be said that fluency, adaptability and originality were all significantly improved. The researcher remarked that the developed program not only helped students to understand the scientific concepts in plant hormones but it also was a very effective program in improving students' general creativity and the CPS ability in the life science.

Myrmel (2003) determined whether the number of creative responses would improve if junior high students were exposed to creative problem solving instructions on a daily basis. The subjects of this research were 50 eighth grade Technology Education students at Hopkins North Junior High, Hopkins, Minnesota. The students in the treatment group received a series of 10 mini lessons on creative problem solving techniques. The result of the study showed a significant increase in the number of monograms produced by students in the treatment group in comparison to those produced by the students in the control group. However, there was no evidence of a significant difference in the variety of their monograms produced by the treatment and the control groups. While the variety of responses was similar in both groups, the number of responses did increase in the group receiving treatment. Therefore, one of the conclusions of the study was that the mini lessons were effective in increasing the number of monograms produced.

Maraviglia; & Kвашny (2006) studied the effects of creative problem solving instruction on creativity of sixth grade students. The purpose of this study was to determine if pedagogical methods designed to promote ideation would impact levels of creative thought measured by the Torrance Test for Creative Thinking (TTCT). To this end, a sixth-grade social studies creative problem solving unit was taught to a regular classroom of students who were randomly assigned to this treatment. Two additional regular classes of students taught in a traditional that served as a control group. A fourth, purposefully selected class of gifted and talented students served as a second treatment group. The research concluded that the CPS model is the most significant and powerful framework for enhancing creative thinking. Additionally, it was recommended that subsequent research focusing upon gains in subject matter knowledge, student satisfaction, and student thought processes be conducted.

In 2006, Wood developed the materials of teaching and learning which have taken problem solving well above the level of algorithmic manipulation and into the realm of

creativity. Normally, the problems in science and chemistry are the problems that have a unique solution and to give students an appreciation of real science. So, using problems of an open kind have been developed to use in this study. In these, often there is no correct answer, only a 'best' answer, and there may be a variety of possible methods of finding it. Criteria for success are very different from the more common type of closed problems. The second strand of the work described here aims to make students aware of the benefits of group work and discussion by setting them objectives which are more likely to be achieved by groups of students working cooperatively. As the result of this study, the developed materials can improve the creativity and concept understanding. Moreover, the researcher remarked that using open problem can help train students work collaboratively, which is an authentic situation in the real world.

Recently, Kim (2007) studied the effect of instruction that was based on creative problem solving of the ninth grade students. He used Creative Problem Solving (CPS) as an instructional strategy in this study. He compared the students' learning outcome between the conventional instructional methodologies and the instructional based on creative problem solving. This study emphasized improving the levels of creativity within students, and presenting that they will be better equipped to deal with the complex types of problems in the future. A standardized Torrance Test of Creative Thinking (TTCT) was used as the measure of the creativity. Results of the study did not support the hypotheses that significant differences exist between creative problem solving and traditional instructional strategies, as they pertain to student cognition, creativity, and satisfaction. However, he mentioned that possibly due to the small sample size, upon closer examination of group means, one can detect definite patterns of greater mean score gains among the CPS group over the traditional group in cognition, creativity, and satisfaction. Based on these findings, this researcher suggests that replications of this study should be performed with larger sample sizes in different curriculum areas to further perpetuate the integration of creative problem solving strategies as an effective instructional strategy for all age groups and in all areas of the curriculum.

In addition, Cheng, Liu; & Chang (2007) studied the effects of creative problem solving instruction on creativity, problem solving, and science performance for elementary schools pupils. They used 10-week creative problem solving instruction with the experimental group, and served a traditional instruction in a control group. The results of this study indicated that students in the experimental group performed better on figure creativity, problem solving competence, and science subject knowledge than those in the

control group. The results of follow up test (6 months after the experiment) revealed that students in the experimental group performed better on verbal creativity than those in the control group, indicating the lasting effect of the instruction.

Several research evidence shows that creative problem solving approach is the suitable approach for adaptation into science instructional strategies to enhance thinking skills especially problem solving skills and creative thinking skill (Sanfilippo. 1993; Kim. 2003; Myrmel. 2003; Maraviglia; & Kvashny.2006; Wood.2006; Kim.2007; Cheng; & et. al. 2007). This is one of the main backgrounds of this research. The expected learning outcomes after using the CPS learning model in science teaching include students' achievement, students' creative problem solving skill, students' scientific creativity skill, and student's scientific attitudes. In addition, the researcher expects that the CPS learning model will help fill the gap of the problem in Thai education especially enhancing students' thinking skills.

10. The Creative Problem Solving (CPS) Learning Model

10.1 Description of the CPS Learning Model

According to the literature review about the creative problem solving approach, the researcher has found the important characteristics; creative problem solving process is practicing creative thinking skill and practicing logical thinking skill concurrently. The literature review shows that the existing creative problem solving models are composed of many different steps as shown in TABLE 2. The table is a comparison of the creative problem solving models previously discussed. As the model reviewed, the researcher has thought and synthesized an adapted creative problem solving model that consists of five main steps. The five steps consist of (1) awareness in problem, (2) understanding in problem, (3) finding solutions, (4) taking action, and (5) verifying the solution. All of the five steps of creative problem solving process that is synthesized are used as the main concept of developing the CPS learning model.

In addition, the CPS learning model was developed by concerning five essential features of inquiry that consist of (1) Engaged by scientifically oriented questions, (2) Give priority to evidence, (3) Formulate explanations from evidence, (4) Connect explanations to scientific knowledge, and (5) Communicates and justifies exclamations. The goals of CPS learning model are enhancing deeper understanding in science concepts and promoting thinking skills especially problem solving skill and creative problem solving skill.

The researcher developed the CPS learning model by using both of them as the main background and using the basic data that were collected from the survey and filed study. Finally, the strategy of the CPS learning model is using real life problem situations to provide students with opportunities to practice creative problem solving skill through five learning steps that include evaluating in every step. They are (1) Engaging, (2) Problem Exploring, (3) Solution Creating, (4) Plan Executing, and (5) Concept Examining as shown in FIGURE 9.

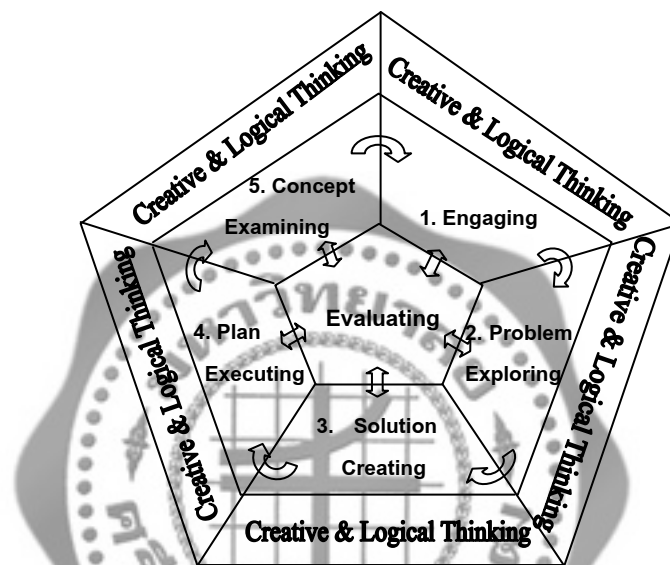


FIGURE 9 THE CREATIVE PROBLEM SOLVING (CPS) LEARNING MODEL

The structure of Creative Problem Solving Approach and five Essential Features of Inquiry that were incorporated in the CPS learning model is shown in FIGURE 10. From the figure, it is evident that every step of CPS learning model emphasizes students thinking creatively and logically. In addition, the CPS learning model encourages students to do the activity that matches the essential features of inquiry.

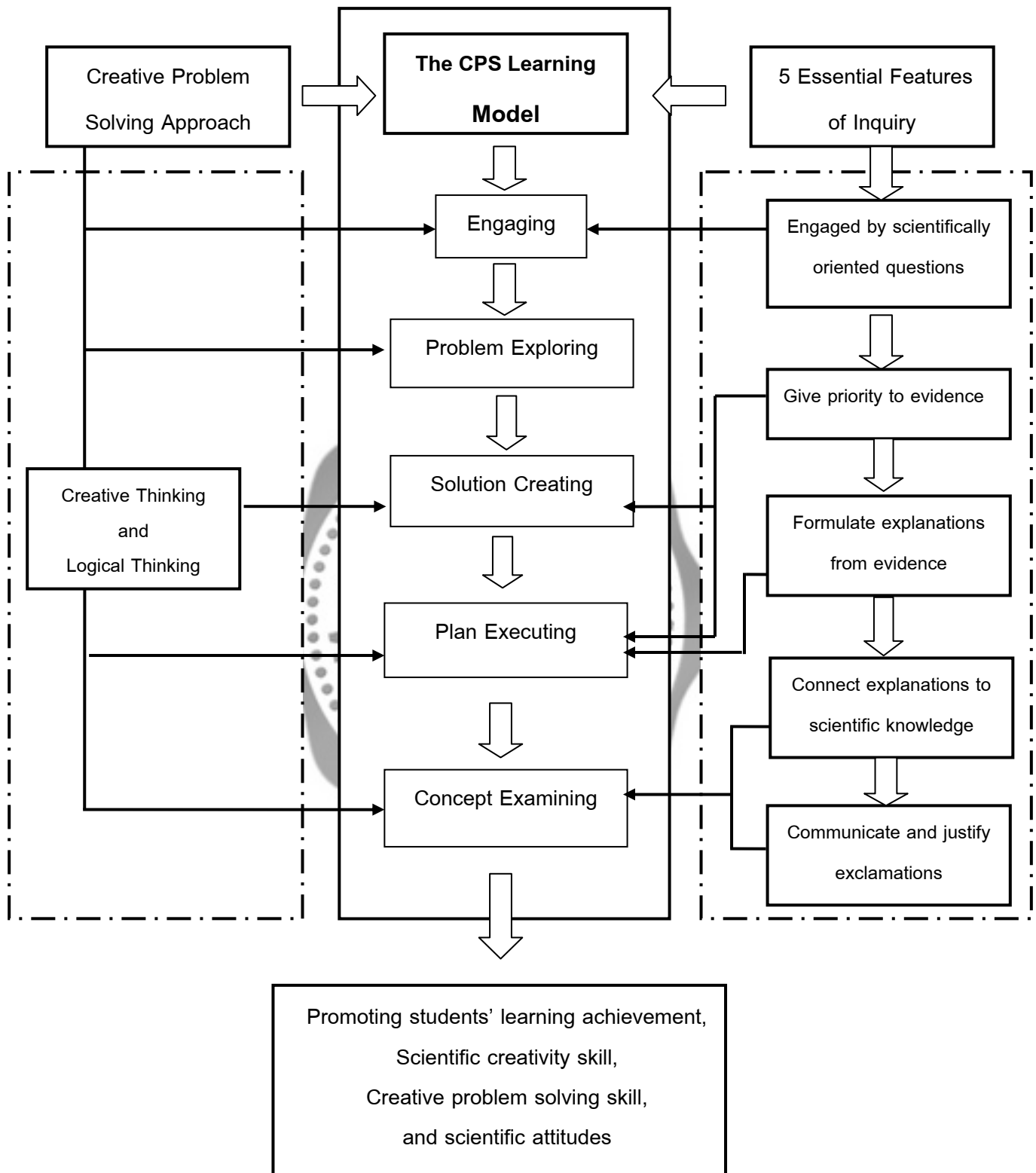


FIGURE 10 THE STRUCTURE OF CREATIVE PROBLEM SOLVING (CPS) APPROACH AND 5 ESSENTAIL FEATURES OF INQUIRY IN THE CPS LEARNING MODEL

The 5 steps of the CPS learning model are as following:

Step I: Engaging: it is the beginning step of this model. This is a step for engaging students meanwhile exploring and revising the basic concept of the students. The teacher has to posed questions and using the conversation to raise the students' enthusiastic up, and raise them to have a readiness to learn the new conception. Furthermore, posing question to engage the students think back to the basic concept that related to the new conception. In this step the teacher assesses students' basic knowledge and gives them enough knowledge if the teacher mentions that they need more knowledge.

Step II: Problem Exploring: this is the second step of the CPS learning model. The activities in this step point out to make the students aware in the problem or situation and endeavoring to grasp the problem including identify the scope of the problem. First of all, a teacher divides students into small groups and them after gives them the problem or situation. Teacher allows and engages the students to apprehend the problem by looking all views and raising them poses the questions as much as they can. This is the step to practice them divergent thinking. Then, each group presents their problems in a classroom. Lastly the teacher and students together make discussion on every problem presented by students for making the most suitable problem that can reach to the learning objective of the period. The teachers observe students' presentations and discussion in the classroom and give them a suggestion.

Step III: Solution Creating: the activities served in the third step emphasize practicing the students' creative problem solving skill by developing the alternative solutions. In this step, the students start to work in the small group again. The teacher asks them to explore the problem again, meantime they have to ask themselves what things they have known are, what things they don't know are, and what things they have to know are. The teacher gives them a time to keep more knowledge from other resources afterwards allows them to create ideas and develop the solution of the problem as much as they can. Then, each group presents their solutions in a classroom. Lastly the teacher and students together make discussion on every solution presented by students for making the possible solution to solve the problem. In this step the teacher acts as a facilitator. The teachers observe students' presentations and discussion in the classroom and give them a suggestion.

Step IV: Plan Executing: in the fourth step of the CPS learning model, the students are trained the creative problem solving skill through planning and executing. The students have to brainstorm in a small group in order to design the way to solve the

problem and do the activities following the plan until reaching the answer to the problem. The teacher acts like a facilitator who gives them advice and encourages them to find out the best planning to solve the problem. Firstly, the students have to create the planning as much as they can and the discussion will be used to make a consensus in a group. After each group has a plan, they have to start working. When they do the activities, they have to collect data and evidence. Also, all of the data they got from the activities will be useful in making the explanation of the problem. Finally, the students should develop the concept or explanation that they have discovered from the activities. Moreover the managing, encouraging, monitoring, and suggesting are the important responsibility of the teacher in this step. The teacher has to use the questions to check the students' understanding about the concept they have got. If the teacher mentions that they cannot understand clearly, teacher should give them suggestion to improve their comprehension.

Step V: Concept Examining: this is the last step of the CPS learning model. The significance of the activities supported in this step is to inspect the concepts presented by the students and adjust the concept harmonizing with the scientific knowledge including making the students getting a deeper understanding. This step gives students an opportunity to present and share their own concept to their friends in the class. The students are allowed to work in group to investigate the concept they got whether it is similar with other groups. They should look back to the path from the beginning until the end in order to find error or fault along with considering the conformability of the concept with the scientific knowledge. Then, the concept should be improved to be the complete concept. In order to make the students get a deeper knowledge and expanding the knowledge, in the whole class, the teacher should give the students the questions or the new situations related to the concept they have learned and ask them to find the explanation. Teacher should help students ask questions that guide them to think about the solutions. In addition, teacher should pose the questions that urge them to think about the concept they will learn next time in order to make the connection of the concept.

10.2 Teacher's Role and Student's Role in the CPS Learning Model

In the CPS learning model, teacher will be a facilitator in learning process. The responsibility of the teacher is using various teaching strategies by emphasizing the discussions and using the question to engage students to solve the problem. In addition, the teacher has to provide appropriate environmental conditions that encourage creative functioning, thus eliminating external blocks.

The students have to work collaboratively with full potential. They have to do the work and share idea with peers in each step of activity.

In order to be practical in teaching and learning science, the researcher has shown the teacher's role and student's role in each step of the CPS learning model in TABLE 5:

TABLE 5 THE PROCEDURE OF THE CPS LEARNING MODEL

Procedure	Teacher's Role	Student's Role
Step I: Engaging This is a step for engaging students while exploring and revising the basic concept of the students	- Engage students to reconsider about their existing knowledge. - Pose problem situation to activate students' thinking. - Evaluate the students' readiness by considering the students' answers. - If students show lack of background knowledge, the teacher uses questions guiding students to reach the goal. - Informing the learning objective of this activity. - Set a readiness to do the activity by categorizing students into small groups. - Observing the students behaviors in the classroom and evaluation.	- Participating in all activities. - Observe, discuss, think, and present the questions related to the situations. - Inspect own knowledge and search for more necessary information for understanding the situation. - Present the questions and discuss with other students in the classroom including participating in the activity with full potential. - Do the related work sheet.
Step II: Problem Exploring The activities in this step point out to make the students aware of the problem or situation and endeavor to grasp the problem including identify the scope of the problem.	- Present the problem situation to the classroom. - Provide students more time to explore the problem situation. - Activate students working in small groups. - Push students to pose the possible questions as much as they can. - Provide students with a chance to share their questions in the whole class. - Guide the students to group the questions that they presented. - Accompany with students in discussion.	- Working in small groups. - Endeavor to grasp the problem situation by using the experience, science process and other skills. - Present the related question as much. - Do the work sheet. - Share the questions to the whole class. - Join in activity to classify and group the questions.

TABLE 5 (continued)

Procedure	Teacher's Role	Student's Role
	- Activate students to make a consensus for finding the possible questions that can bring us reach to the learning objective in that activity. - Be a good facilitator and good advisor. - Observe the students' actions and students work sheet and evaluation.	- Participate in discussion to find the suitable questions. - Complete the related part of work sheet.
Step III: Solution Creating The activities served in the third step emphasize practicing the students' creative problem solving skill by developing the alternative solutions.	- Provide students with a time to search and discuss for creating alternative solutions of the question. - Observe the students actions presented when they are doing activities and evaluation. - If the teacher mentions that the actions they presented cannot let them find the solution of the question, the teacher have to guide the students by using conversation that lead them to be successful. - Motivate students in each small group to generate the alternative solutions as much as they can. - Observe and evaluate the alternative solutions that the students presented. - Provide students with an opportunity to share their solutions to the whole class. - Guide the students to group and classify the solutions that they presented and compare the strong point and the weak point of each plan. - Accompany with students in discussion. - Activate students to make a consensus for finding the workable solutions. - Be a food facilitator and good advisor.	- Study, search, and keep conversation in a small group what things they have known are and what things it is necessary to know are. - Develop the possible solutions of the question as much. - Collect data they have got. - Share the solutions they got to the whole class. - Participate in activity to classify and group the solutions. - Participate in brainstorming to compare the strong point and the weak point of each solution. - Make decision to choose the workable solutions. - Complete the related part of work sheet.

TABLE 5 (continued)

Procedure	Teacher's Role	Student's Role
	- Observe the students actions and students work sheet. - Evaluate the students thinking skills.	
Step IV: Plan Executing It is the fourth step of the CPS learning model, the students are trained the creative problem solving skill through planning and executing. Finally, the students should develop the concept or explanation that they have discovered from the activities.	- Provide students with a time to discuss, search and design a plan to find the answer to the question. - Observe the students actions presented while they are doing activities and evaluation. - If the teacher mentions that the actions they presented cannot let them reach the plan or method for getting answer to question, the teacher has to guide the students by using conversation leading them to be successful. - Motivate students in each small group to design the plans as much as they can. - Provide students with an opportunity to share their plans to the whole class. - Guide the students to group and classify the plans that they presented and compare the strong point and the weak point of each plan. - Accompany with students in discussion. - Activate students to make a consensus for finding the workable plans. - Ask the students in each small group to plan the process, assign the job, and pursue the plan. - Remind the student to collect data and evidence while they are doing the activity.	- Work in a small group to consider their existing knowledge. - Self evaluate whether or not they have enough knowledge to solve the problem. - Search more useful information. - Connect background knowledge with the information they got for planning the method that can bring the answer to the question. - Plan the possible methods to find the answer as much. - Collect data and information they have got. - Share the possible planning they got in the whole class. - Participate in activity to classify and group the plan. - Participate in brainstorming to compare the strong point and the weak point of each plan including concern the workable of each plan. - Make decision to choose the potential plans. - Revise the plan again in a small group. - Design a plan and assign job for everyone.

TABLE 5 (continued)

Procedure	Teacher's Role	Student's Role
	- Ask the students in each group to construct the answers or explanations from existing evidence. - Raise the questions to recheck the students' explanation understanding. - Be a food facilitator and good advisor. - Observe the students' actions and students' work sheet. - Evaluate the students' thinking skills.	- Carry out following the plan. - Collect data and evidence they discover when proceeding. - Construct the answers or explanations to the question from the existing data or evidence. - Discuss in small groups to investigate the accuracy of the developed explanation and make them get a deeper understanding with the explanation - Note the explanation in the work sheet.
Step V: Concept Examining The significance of the activities supported in this step is to inspect the concepts presented by the students and adjust the concept harmonizing with the scientific knowledge including making the students get a deeper understanding	- Afford the students in each group an opportunity to present their explanations to a whole class. - Accompany with other students asking the questions for verifying the explanation. - Drive the students to show the evidence supported the explanation. - Pose the questions pushing students to give a reason to support the explanation. - Ask students to work in small group again. - Drive students comparing their explanation and other explanations. - Suggest students improving their explanation. - Ask students to search more scientific knowledge from other resources and consider whether or not their explanation complements scientific knowledge.	- Present their explanation in the whole class. - Participate with others in discussion. - Note other explanations in to the work sheet. - Work in small group to compare their explanation and others whether or not their explanation is different or similar with others. - Look for the errors of whole process and consider improving process. - Search more knowledge from other resources and use it to be the explanation reference. - Consider the consistency of their explanation and scientific knowledge.

TABLE 5 (continued)

Procedure	Teacher's Role	Student's Role
	- Accompany all students discussing and constructing a good explanation together. - Pose the related problem to activate students applying the explanation to the new situation. - Use the questions to evaluate whether or not the students can apply and expand the explanation to the new situation. If the students show has no enough potential to do, the teacher has to assign them more homework. - Observe the students actions and students work sheet. - Evaluate the students' knowledge and thinking skills. - Be a food facilitator and good advisor.	- Work in small groups to improve their explanation. - Note the explanation in the work sheet. - Participate with others in the class to construct the best explanation - Note the completed explanation in the sheet. - Search more knowledge and apply the existing explanation to solve the problem in new situation. - Accomplish the assignment by working following the step of the CPS learning model and prepare the presentation to show in the next class.

CHAPTER 3

RESEARCH METHODOLOGY

This chapter described the details of methodology that were used for conducting the research. It consists of five phases as follows:

Phase 1: Studying Basic Data and Related Literature

- 1.1 Studying related literature
- 1.2 Informally interviewing the science teachers

Phase 2: Developing the CPS Learning Model and Research Tools

- 2.1 Developing and examining the efficiency of the CPS Learning Model
- 2.2 Developing and examining the efficiency of Learning Unit and Instructional Materials
- 2.3 Developing and examining the efficiency of Assessment Forms

Phase 3: Conducting a Pilot Study

Phase 4: Implementing the CPS Learning Model

- 4.1 Experimental Design
- 4.2 Participants
- 4.3 Implementation
- 4.4 Data Collection
- 4.5 Data Analysis

The procedure of this research was summarized in FIGURE 11.

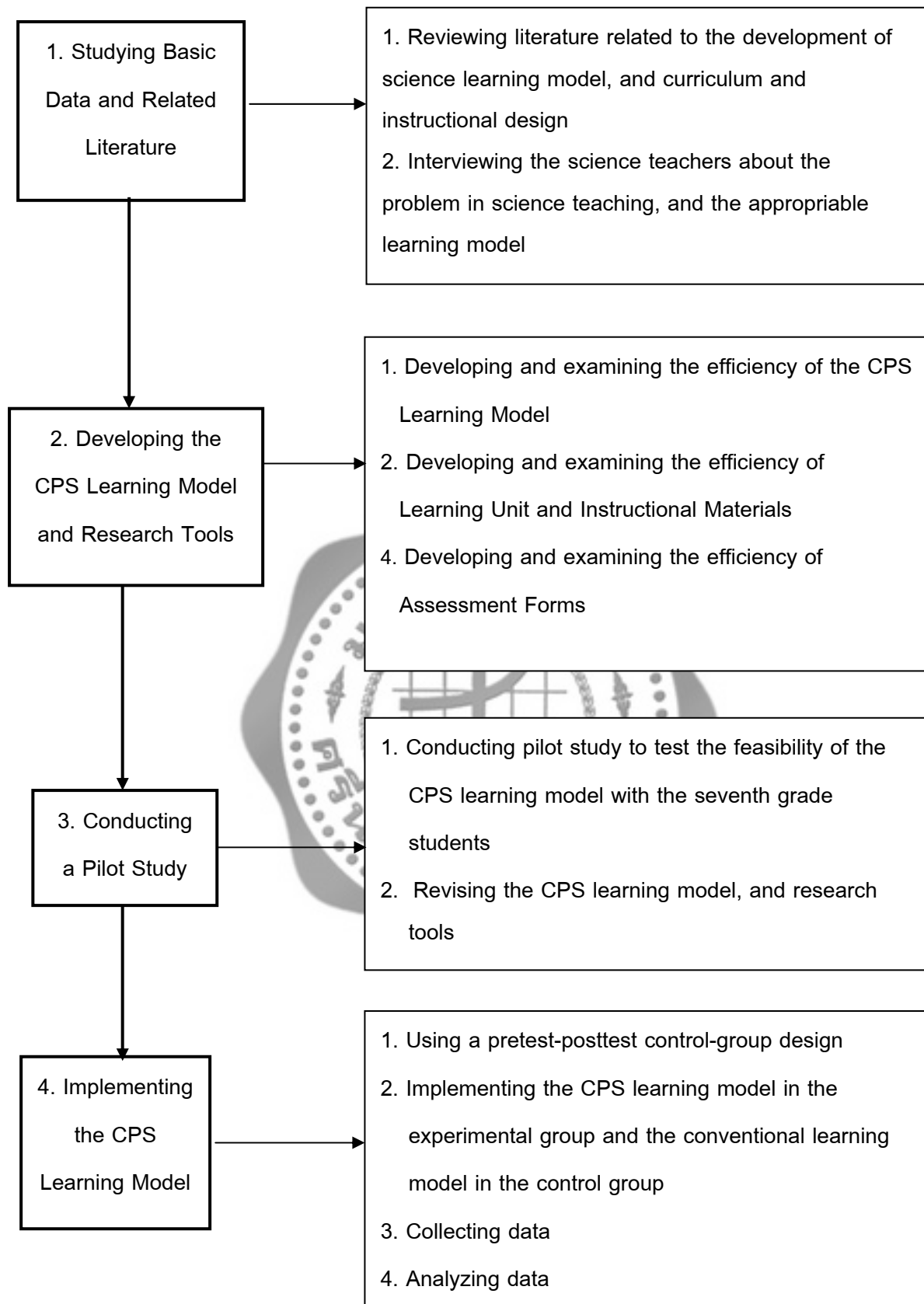


FIGURE 11 OVERVIEW OF RESEARCH PROCEDURE

Phase 1: Studying Basic Data and Related Literature

The purpose of this phase was to study the basic data and the situations about the teaching and learning science in Thailand, which consisted of two methods:

1.1 Studying related literature: this step involved studying and considering related literature regarding science learning theories, science instructions and evaluations, Thai National Education act B.E. 2542 (1999), Thai National Science Curriculum Standard, Constructivism, Inquiry, Five Essential Features of Classroom Inquiry, Creative Problem Solving Approach, Scientific Creativity, Cognition of Science Domain based on Depth of Knowledge (DOK) Levels for Science, Scientific Attitudes and other relevant literature.

The information gained was used to develop a draft of the CPS learning model and other research instruments.

1.2 Informally interviewing the science teachers: The purpose of this step was to study the basic data, problems and needs about learning model by interviewing the science teachers. The science teachers who participated in this interview were science teachers who were teaching science at Borabuwittayakhan School and Wungplado School. The researcher posed the questions and kept the conversation with the science teachers about what the science learning model should be, and what the science classroom's problems were. The interview data were analyzed, summarized and used as the basic data in developing the CPS learning model.

The information from teachers' interview indicated that the science learning model should focus on student-centeredness, more activities, a variety of instructional methods, practice of thinking skills especially problem solving, critical thinking and creative thinking. Also, the learning model should allow students to do their independent study. In addition, the results of interviewing pointed to the problem in science classroom as follows:

- The content of science had many details and was quite deep. Therefore, it was difficult to manage all contents that fit the time and the learning model.
- Normally, the teachers taught science following the textbook including using the suggestion of instructional technique in the teacher guide book. The teachers found that they were similar techniques with which the students were bored. Moreover, the exercises in the textbook were irrelevant to their real life.
- It was difficult to change the traditional teaching (teacher-centered instruction) to the student-centered instruction because the teachers lacked knowledge about pedagogy and using instructional materials. Moreover, the students lacked the

readiness to learn with the new technique. The result of the large class size, 50 students, made the teachers fail to manage the inquiry classroom.

Phase 2: Developing the CPS Learning Model and Research Tools

The purpose of this phase was to develop the CPS learning model, learning units and research tools.

2.1 Developing the CPS Learning Model

2.1.1 Participants

(1) Participating teachers: there were two science teachers who were teaching Matter and Properties of Matter at Borabuwittayakhan School and Wungplado School, respectively. They appeared to be experts who gave the researcher suggestions during the development of CPS learning model. Moreover, they helped to verify the draft of CPS learning model by implementing the CPS learning model in the classrooms. They analyzed the data elicited from observing the classroom while using the draft of CPS learning model and helped the researcher improve the CPS learning model.

(2) Participating students:

- There were two classrooms of eighth grade students who were studying Matter and properties of Matter at Borabuwittayakhan School and Wungplado School, respectively. They were samples who participated in testing the feasibility of the draft of CPS learning model and the assessment tools.

- There was an eighth grade student who was learning acid-base at a school in Bangkok. She participated in conducting the one-by-one technique for testing the feasibility of the draft of CPS learning model. The data collected from this was used to improve the draft of CPS learning model.

2.1.2 Developing and examining the efficiency of the CPS learning model

The creative problem solving approach and five essential features of inquiry were used as the main concepts to develop the CPS learning model. The objectives of the development the CPS learning model were to encourage the students' creative problem solving skill and increase students' learning achievement. This model encouraged the students to think creatively and logically in every step of learning process. The processes of developing the CPS learning model were as follows:

(1) Studying and analyzing all information from the first phase to design the learning model.

(2) Setting up the goal for providing the content areas which were covered in the content of the learning model. This step was based on the Basic Education Curriculum A.D.2008 strand titles.

(3) Setting up the learning model objectives and learning outcomes, which were substantial for organizing the courses.

(4) Writing the first draft of CPS learning model by using the creative problem solving approach and five essential features of inquiry as the main theoretical framework. In order to verify the appropriateness of the first draft of the learning model, the advisors examined the consistency of the draft of learning model. The first draft of CPS learning model constructed in this step consisted of five steps: Problem Exploring, Solution Formulating, Planning and Executing, Inspecting and Acceptance Finding, and Evaluating as shown in FIGURE 12.

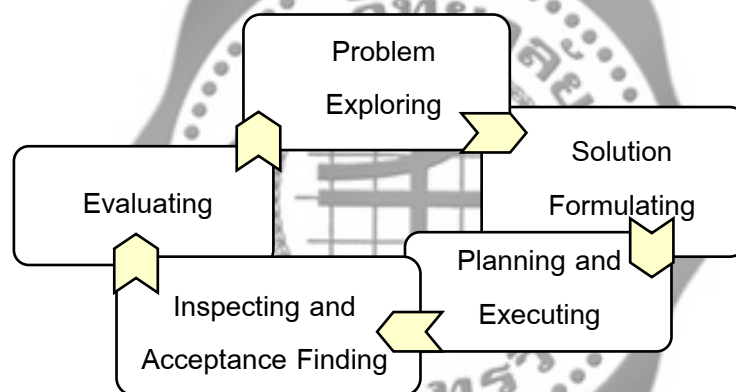


FIGURE 12 THE FIRST DRAFT OF CPS LEARNING MODEL

(5) Testing the feasibility of the first draft of CPS learning model by using one-by-one technique with an eighth grade student who was learning in acid-base.

(6) Revising the first draft of CPS learning model as follows:

- Each step of the CPS learning model should get more specific because it is lost of details that make the students hard to implementation.
- The teacher should evaluate students in every step to verify whether students do the expected activity.

In order to verify the appropriateness of the second draft of CPS learning model, the advisors examined the model consistency. The second draft of CPS learning model consisted of six steps: Awareness of Doubt, Understanding and Identifying Problem, Generating Ideas, Finding Solution, Devising Plan and Taking Action, and Looking

back and Revising new Ideas as shown in FIGURE 13. This CPS learning model had more steps than the old one as it would be easy to use in the classroom.

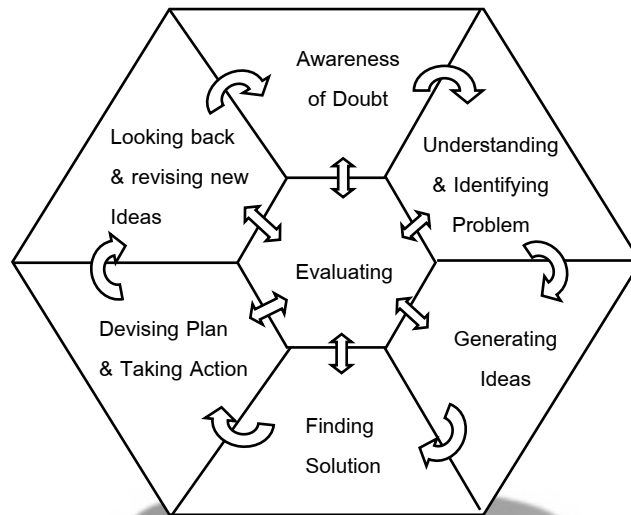


FIGURE 13 THE SECOND DRAFT OF CPS LEARNING MODEL

(7) Trying out the learning model with the lower secondary school students. The sample group that participated in this step was two classrooms of eighth grade students who were studying science at Borabuwittayakhan School and Wungplado School. The teacher and students' feedbacks that were collected from this step were used in improving the CPS learning model.

(8) Improving the draft of CPS learning model as follows:

- Due to a lot of steps of the CPS learning model, it was quite redundant and confused the students. The feedbacks showed that the steps of the CPS learning model were overlapping and unclear. Therefore, it should be adapted by reducing the steps of the learning model and make it more clearly in every step.

After completing the processes above, the draft of CPS learning model was developed. The CPS learning model comprises five steps: Engaging, Problem Exploring, Solutions Creating, Plan Executing, and Concepts Examining including evaluating in every step as shown in FIGURE 14.

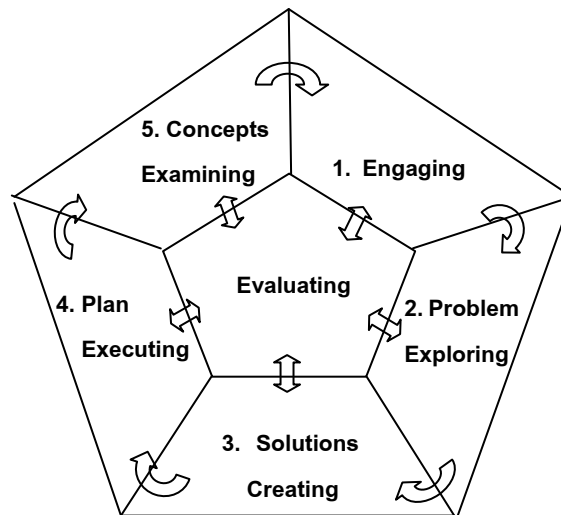


FIGURE 14 THE LAST DRAFT OF CPS LEARNING MODEL

(9) Examining efficiency of the CPS learning model: The CPS learning model was examined by five experts. The experts considered appropriateness, consistency, and gave some suggestions.

(10) Gathering and analyzing the data for the appropriateness and the consistency by considering the following:

The appropriateness evaluation of the CPS learning model

The appropriateness level of each statement was ranged as the following scores: (Srisaaud. 2543 : 99-100; Best. 1981 : 182)

The appropriateness level	Scale value (points)
Very high level	5
High level	4
Moderate level	3
Low level	2
Very low level	1

The data from the evaluation form was analyzed by calculating the mean scores and assigning weightings as follows:

Mean scores	Appropriateness level
4.51 – 5.00	Very high level
3.51 – 4.50	High level
2.51 – 3.50	Moderate level
1.51 – 2.50	Low level
1.00 – 1.50	Very low level

If the CPS learning model evaluated by the experts has the level of appropriateness higher than 3.50, it would mean the CPS learning model is appropriate. The results of evaluation showed mean scores from 4.60 to 5.00 and standard deviation from 0.00 to 0.55 which means the CPS learning model was appropriate at the very high level. It supported the principles and the goals of the learning model, whereas the rest was appropriate at the very high level. More details of experts' consideration were shown in APPENDIX C.

The consistency evaluation of the CPS learning model

The consistency of the CPS learning model was analyzed by calculating Index of Item Objective Consistency (IOC) (Boonruangrat. 2528 : 63-64; citing Rovinelli; & Hambleton. 1977). The ranging of items was assigned weightings as follows:

The consistency level	Scale value (points)
Consistent	+1
Not sure	0
Inconsistent	-1

The data from the evaluation form was analyzed to find the Index of Item Objective Consistency (IOC) using the following formula:

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

Where IOC means Index of Item Objective Consistency
 $\sum R$ means Summation of experts' opinion marks
 N means a number of experts

If the Index of Item Objective Consistency (IOC) is higher than 0.5, it means the components of the CPS learning model have internal consistency. The results of the Index of Item Objective Consistency (IOC) indicated that all of the Index of Item Objective Consistency (IOC) was 1.00 whereas the standard deviation was 0.00 which means the CPS learning model was consistent. More details of experts' consideration were shown in APPENDIX C.

(11) Improving CPS learning model according to the experts' suggestions as follows:

- In order to emphasize students practicing the creative and logical thinking, the CPS learning model should clearly illustrate both of them. Moreover, both creative and logical thinking should be included in all steps of the CPS learning model.

Finally, the appropriate CPS learning model consisted of five steps: Engaging, Problem Exploring, Solutions Creating, Plan Executing, and Concepts Examining. Every step of CPS learning model included evaluating and exposing students to practicing creative and logical thinking as shown in FIGURE 15.

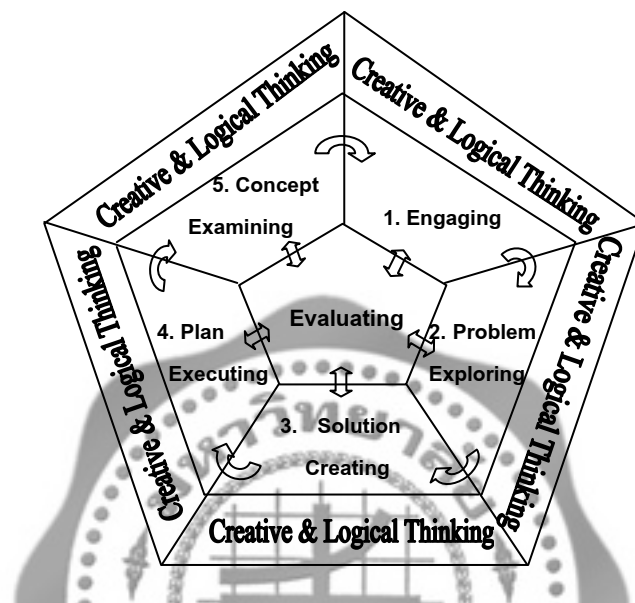


FIGURE 15 THE CPS LEARNING MODEL

2.2 Developing and examining the efficiency of learning units and instructional materials

The learning units were developed based on the principle of CPS learning model. The documents that were constructed in this step consisted of the teacher's guide book and the student's guide books. The processes of developing learning units were as follows:

(1) Planning of units: the researcher studied National Science Curriculum Standards in the basic education curriculum B.E. 2551 and the aims of formulation of science teaching and learning. The content in this study was in the subject of science, Substance 3: Properties of Matter, for seventh grade students. After that, the researcher studied information about content area regarding the expected learning outcomes, and previous instructional experiences of the students as well as considered the available instructional materials. Framework of concepts of the learning units based the CPS learning model in this study was showed in TABLE 6.

TABLE 6 LEARNING UNITS FOR THE CPS LEARNING MODEL

Learning unit	Content	Periods	The CPS activities
1. The Matter	1. Matter 2. Homogeneous and heterogeneous 3. Chemical Change, Physical Change 4. Heat and Temperature 5. State of Matter 6. Heat Transferring 7. Colloid, Solution, Suspension	10	- Brainstorming: Matter Changing in Daily Life - Brainstorming: Moo Ka Ta and Heat transfer - Detective Project : Wonderful Bottle
2. Solution	1. Solution, Solute, Solvent 2. Solubility 3. Concentration 4. Factors affecting dissolution of substances	9	- Brainstorming: Acid Rain - Brainstorming: Solubility and Daily Life - Brainstorming: Action of Solution in Daily Life - Detective Project : Finding Solubility of Matter - Detective Project : Factor of Dissolving
3. Acid – Base in Daily Life	1. Acid – Base properties 2. pH values 3. Acid – Base in daily life	8	- Brainstorming: Acid-Base in Daily Life - Detective Project: Invisible Letter
Total		27	

(2) Determining resource unit and teaching unit: this consisted of basic components of unit plans that were title, instruction objectives, materials and equipments, time frame, instructional activities, resources, and evaluation.

(3) Planning science lessons: the researcher studied and wrote the lesson plans.

(4) Determining science lessons: science lessons consisted of the title, purpose, instructional objectives, main concepts, materials and equipments, instructional activities, and assessments.

(5) Writing documents: the teacher's guide book consisted of the basic information on teaching and learning with the CPS learning model and lesson plans. The student's guide books consisted of learning activities, learning resources, work sheets, and assessment forms. In this step, the researcher set a draft of goals, learning outline, and

intended learning outcomes. In order to verify the appropriateness of the documents, the advisors examined the consistency of the documents.

(6) Examining efficiency of the units: The teacher's guide book and the student's guide books were examined by five experts. The experts considered content validity by using Index of Item Objective Consistency (IOC) (Osterlind, 1998: 263) and gave some suggestions. The results of the lesson plans consistency evaluation indicated the Index of Item Objective Consistency (IOC) from 0.80 to 1.00 and standard deviation from 0.00 to 0.45. This indicated that the lesson plans were consistent. Additionally, the results of the student's guide books appropriateness evaluation showed the mean scores from 4.80 to 5.00 and standard deviation from 0.00 to 0.45. These revealed that the student's guide books were appropriate at the very high level. The student's guide books supported the principles and the goals of the CPS learning model, whereas the rest was appropriate at the very high level. More details of experts' consideration are shown in APPENDIX C.

(7) Revising documents following experts' suggestions as follows:

- Activities should be real examples for students to study as much as possible instead of the pictures and the examples should be in the daily life.
- The lesson plans should be adjusted to be clear and easy enough to apply such as adding the details of some steps in lesson plans or in activities and adjusting the language used in writing activities etc.
- Instructional material should be more attractive to students in order to gain their attention and motivate them to learn.
- The student's guide books should be revised in terms of wording and pictures.
- The journal in the student's guide books should be shorter and easier to understand.
- The activities of the student's guide books should be adjusted to fit time allocation. All activities should not be open-ended inquiry activity because they took more time. The open-ended inquiry activity should be only some parts of the learning unit.
- Some parts of the content should be adjusted to fit the seventh grade students.

The CPS learning model and instructional materials were improved as stated above. Then, they were ready to be used in the pilot study.

2.3 Developing and examining the efficiency of the assessment forms

The evaluation forms used in the study were achievement test, scientific creativity test, creative problem solving test, creative problem solving self assessment form, and scientific attitude inventory. Each of assessment form was developed as follows:

2.3.1 Learning achievement test: this form was used to assess students' learning achievement. It evaluated whether the students achieve the expected goal of learning unit. The researcher developed this test following the depth of knowledge (DOK) approach (Webb. 1999), which was categorized into four levels: level 1: recall and reproduction, level 2: skills and concepts, level 3: strategic thinking, and level 4: extended thinking. The test consisted of 25 multiple-choice questions, each of which had four alternatives and one correct answer and 5 open-ended questions. The items covered the topic of "matter and properties of matter"; Matters, Acid-Base, and Solution. The following steps described the process of constructing test.

(1) Reviewing the relevant documents focusing on the achievement test construction.

(2) Constructing the table of specification which included the content knowledge and cognitive skills based on learning objective.

(3) Constructing the draft of test following to the table of specification. In order to verify the appropriateness of the test, the advisors examined the consistency between the test and learning objectives and for the correction of the answers.

(4) Checking the content validity by five experts. The test was offered to the experts for the content validity check and suggestions such as the type of questions, accuracy of the test, and wording. The quality of the test was considered from Index of Item Objective Consistency (IOC) that obtained from the achievement test evaluation form (Osterlind. 1998: 263).

(5) Analyzing the IOC index of the test items. If the Index of Item Objective Consistency (IOC) of each item of the test was higher than 0.5, it means it was selected in the test. The result of analyzing the IOC index showed that all test items were appropriate and could be used in the test.

(6) Revising the test according to the experts' comments and suggestions.

(7) Trying out the achievement test with the 98 eighth grade students from Borabuwittayakhan School and Wungplado School. This was evaluated the level of difficulty (p-value), item discrimination (r-value), and reliability coefficient by using Kruder's

Richardson coefficient (Kr-20) for the multiple-choice questions and Alpha Coefficient of Conbrach (α) for open-ended questions (Gall; Borg; & Gall.1996:257). The item difficulty (p) and item discriminability (r) were computed using the following formula:

The formula for the item difficulty was: $p = A/N$

where p = the item difficulty

A = the number of students who answered the item correctly

N = the total number of students who attempted the item

The formula for the item discriminability was: $r = (A - B) / (N/2)$

where r = the item discriminability

A = the number of correct scores from the high scoring group

B = the number of correct scores from the low scoring group

N = the total number of students in two groups

The test items were selected by considering the p-value between 0.2 and 0.8 and the r-value above 0.2 (Kerlinger; & Lee. 2000: 660-661). Determination of the internal consistency reliability of the achievement test using for the multiple-choice questions and open-ended questions were 0.79 and 0.94, respectively.

2.3.2 Scientific creativity test: the scientific creativity test was designed to measure the students' scientific creativity skills before and after learning with the instructional activities. The researcher adapted the test based on the Scientific Structure Creativity Model (SSCM) (Hu; & Adey. 2002) that consisted of four items, each of which was open-ended questions. To measure scientific creativity, this research focused on creative thoughts and processes of scientists, rather than on product. Accordingly, this test focused on the students' traits that consisted of 1) fluency, 2) flexibility, and 3) originality. This test construction followed these stages:

(1) Studying documents related to scientific creativity form and scoring guide technique.

(2) Asking for permission to adapt the test.

(3) Writing the creative problem solving test and scoring rubrics of the test.

The test items were examined by the research advisors to verify the appropriateness of the test in terms of the consistency between test items and the scoring rubric.

(4) Checking for the content validity of the test by five experts. The Index of Item Objective Consistency (IOC) (Osterlind. 1998: 263) was used to check the content validity as the same method as constructing achievement test. The items that gained the

index value of more than 0.5 were selected.

(5) Revising the test according to the experts' comments and suggestions.

(6) Trying out the scientific creativity test with the 98 seventh grade students from Borabuwittayakhan School and Wungplado School.

(7) Evaluating level of difficulty (p-value), item discrimination (r-value), and reliability coefficient by using Alpha Coefficient of Cronbach (Gall; Borg; & Gall.1996:257). The items with the p-value between 0.20-0.80 and the r-value above 0.20 were selected. The finding showed that the reliability of the test was 0.56.

2.3.3 Creative problem solving test: the creative problem solving test was designed to identify students' creative problem solving skills that pertained to "matter and properties of matter", and assessed their ability to use these conceptions to construct explanations of the phenomena. This test that the researcher developed is relevant to the creative problem solving approach. It encouraged the students to think creatively and logically until they successfully solved the problem. It focused on the process as opposed to the results. Consequently, the test evaluated the creative problem solving skill focusing on four aspects: 1) fluency, 2) flexibility, 3) originality, and 4) reasoning. The test consisted of the five items in written open-ended format which allowed the students to express their own ideas in writing the answer. The questions were constructed according to the main step of the CPS learning model. The construction of this test followed the steps:

(1) Studying documents related to creative problem solving and scoring guide technique.

(2) Defining the content to be evaluated.

(3) Writing the drafts of creative problem solving test and scoring rubrics of the test. The test items were examined by the advisors to verify the appropriateness of the test in terms of the consistency between test items and the scoring rubric.

(4) Checking for the content validity by the five experts. The Index of Item Objective Consistency (IOC) (Osterlind. 1998: 263) was used to check the content validity as the same method as constructing achievement test. The items that gained the index value of more than 0.5 were selected.

(5) Revising the test according to the experts' comments and suggestions.

(6) Trying out the creative problem solving test with the 98 seventh grade students from Borabuwittayakhan School and Wungplado School.

(7) Evaluating level of difficulty (p-value), item discrimination (r-value), and reliability coefficient by using Alpha Coefficient of Cronbach (Gall; Borg; & Gall.1996:257). The items with the p-value between 0.20-0.80 and the r-value above 0.20 were selected. The finding showed that the reliability of the test was 0.69.

2.3.4 Creative problem solving self assessment form: This form that the researcher developed used to evaluate the students' creative problem solving skill. It was used to evaluate themselves whether they were a good creative problem solver. The creative problem solving self assessment form had 30 three-response Likert-type scale statements to assess the students' characteristics. The meaning of each score is as follow:

2.01 - 3.00 = Good

1.01 – 2.00 = Moderate

0.00 – 1.00 = Fair

This assessment construction as following stages:

(1) Studying documents related to creative problem solving self assessment form to specify the construct domain and indicator.

(2) Writing the statements that matched the indicators. Then, a rating scale questionnaire was constructed. It consisted of five levels of agreement with the statements. The creative problem solving self assessment form was examined by the advisors to verify the appropriateness and consistency of this assessment form.

(3) Checking for the content validity by five experts. The Index of Item Objective Consistency (IOC) (Osterlind.1998: 263) was used to check the content validity as the same method as constructing achievement test. The items that gain the index value of more than 0.5 were selected.

(4) Revising the test according to the experts' comments and suggestions.

(5) Trying out the creative problem solving self assessment form with the 98 seventh grade students from Borabuwittayakhan School and Wungplado School.

(6) Evaluating reliability coefficient (Alpha Coefficient of Cronbach) of the test (Gall, Borg; & Gall. 1996: 257). The reliability of the test was 0.76.

2.3.5 Scientific attitude inventory (SAI II): this inventory was selected to use in this research. This inventory was used to assess the students' scientific attitudes. This inventory was developed by Richard W. Moore in 1969. A revised version of the scientific attitude inventory (SAI) was developed and field tested in 1997. The SAI II had 40 five-response Likert-type scale attitude statements to assess the students' scientific attitude

(Moore; & Foy. 1997). This inventory assessed the scientific attitudes with six statements which consist of

S1: Scientific knowledge – 6 items

S2: Almighty of science and scientists– 6 items

S3: Scientific methodology – 6 items

S4: Functions of science – 6 items

S5: Science liberal education – 6 items

S6: Science interests and science careers – 10 items

The SAI II was scored by assigning point values to each of the attitude items. Point values are assigned as shown in TABLE 7 (Moore; & Foy. 1997: 330-331).

TABLE 7 POINT VALUES FOR POSITIVE AND NEGATIVE ITEMS

	Positive Items	Negative Items
Strongly agree	5	1
Mildly agree	4	2
12 neutral/undecided	3	3
Mildly disagree	2	4
Strongly disagree	1	5

This inventory administered to the students was presented in Thai version by Punyain. Cronbach's alpha reliability coefficient for SAI II for Thai was 0.81 (Punyain. 2008). The score the students' creative thinking was set based on the rubric criteria. The meaning of each score is as follows:

4.01 - 5.00 = Very high level

3.26 – 4.00 = High level

2.51 – 3.25 = Moderate level

1.76 – 2.50 = Low level

0.00 - 1.75 = very low level

The reliability, difficulty (p-value), and item discrimination (r-value) of each assessment tools were determined and shown in TABLE 8.

TABLE 8 THE RELIABILITY, DIFFICULTY AND ITEM DISCRIMINATION OF EACH ASSESSMENT TOOL

Test	Reliability	Difficulty (p-value)	Item discrimination (r-value)
Achievement Test			
- multiple-choice questions	0.79	0.20-0.80	> 0.20
- open-end questions	0.94	0.20-0.80	> 0.20
Creative Problem Solving Test	0.69	0.20-0.80	> 0.20
Creative Problem Solving Self Assessment Form	0.76	-	-
Scientific Creativity Test	0.56	0.20-0.80	> 0.20
Scientific Attitudes	0.81	-	-

Phase 3: Conducting a Pilot Study

The feasibility of the CPS learning model was discovered by conducting a pilot study. The purpose of this step was to investigate whether the intended results occur after the CPS learning model implementation. The pilot study helped the researcher to familiarize herself with the teaching strategies and all materials before the implementation phase. This phase helped to reveal problems that may occur during implementation. Also, information about the participation between the researcher and students was useful in improving the learning model.

The subjects in pilot study were a seventh grade mixed student achievement levels-classroom from a Sarakhampittayakhom School, Mahasarakham province. The researcher conducted the pilot study with 54 seventh-grade students from August-September 2010. The process was as follows:

- (1) A seventh grade classroom was selected to participate in this step.
- (2) Before the implementation, all students were asked to do achievement test, creative problem solving test, creative problem solving self assessment form, scientific creativity test, and scientific attitude inventory.
- (3) Conducting a pilot study: the researcher taught students by using five lesson plans from the CPS learning model. During the instruction, the researcher observed and recorded the data about the teaching-learning processes, classroom atmosphere,

learning management, learning environment, students' behavior that occurred in the class, in order to obtain data pertaining to the use of the CPS learning model.

(4) After the implementation, students were asked to do all the test and fill out the creative problem solving self assessment form and scientific attitude inventory.

(5) The researcher analyzed data that were collected from a pilot study by determining the differences between the pretest and posttest score to assess the effectiveness of the CPS learning model. The results revealed that there was a positive change in learning achievement, creative problem solving skill, scientific creativity skill, and scientific attitude. Moreover, the results from creative problem solving self assessment indicated that they had more confident to confront the problem. There were some problems during the pilot study as follows.

Time management

- The students took more time in order to finish the activities in each lesson plan. Specifically, they spent more time to generate ideas in every step of the model.
- In regular school day, it was hard to get the students to walk to the classroom on time. Therefore, it affected the timetable of the class periods.

Instructional materials

- There were a lot of instructional materials used in each activity. Some instructional materials were expensive, fragile or disposable. Therefore, it was not worth them to use in the classroom. Moreover, some materials and chemicals used in the laboratory were difficult to find in the school's laboratory room.
- In the students' guide books, there were a lot of scientific words which were difficult to understand. Moreover, some journals in the student's guide books were too long and complicated for the seventh grade students, which forced them to spend a long time to comprehend. In addition, some activities had little detail that explains what students should do.

(6) Revising the instructional materials as follows:

- Adjusting the appropriate time for doing the activities and providing the time for the students to arrive at the classroom.
- Applying the easy materials that could be found in daily life and were not expensive to use in the classroom.
- Rewording in handouts by avoiding the ambiguity.
- Adapting the scientific journal in order to fit the students and be short and easy to understand.

- Revising the student's guide books by adding more details and giving more examples of each content as well as adding the pictures related to the contents by emphasizing the pictures or situation that they are familiar with.
- Improving the lesson plans regarding the steps for the CPS learning model and time for doing the activities.

Phase 4: Implementing the CPS learning model

This phase was aimed at collecting evidence with regard to how the CPS learning model and the instruction affected students' learning outcomes.

4.1 Experimental Design

The design of this study was a pretest-posttest control group design (adapted from Campbell; & Stanley. 1963: 12) as shown in FIGURE 16. The CPS learning model and student's prior knowledge levels served as the independent variables, and the measure of students' learning achievement, creative problem solving skill, scientific creativity skill and scientific attitudes served as dependent variables. In this design, the experimental group and the control group were selected with random assignment. Both groups consisted of students who had different prior knowledge levels that were categorized using the norm referenced evaluation. Only the experimental group received the treatment.

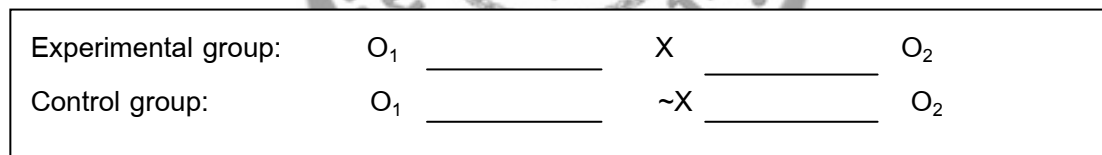


FIGURE 16 PRETEST-POSTTEST CONTROL-GROUP DESIGN

Where the symbols indicated that

An experimental group received the treatment (the CPS learning model) while they studied in the classroom.

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

O_1 is observation (or pretest).

X is the treatment using the CPS learning model.

~X is the instruction using the conventional learning model.

O_2 is an additional observation (or posttest).

4.2 Participants

The participants during the implementation phase consist of:

(1) Participating teacher: a teacher who was teaching science in seventh grade at Borabuwittayakhan School, Mahasarakham. This teacher taught science with the conventional learning model in the control group. In the experimental group, the CPS learning model was taught by the researcher.

(2) Participating students: there were two classrooms of seventh grade students that were studying in the second semester of the 2010 academic year of the Borabuwittayakhan School, Mahasarakham. The classroom had approximately 40 students. Two classrooms were selected by using simple random sampling technique with mixed student achievement levels. One classroom was the control group and the other one was the experimental group.

4.3. Implementation

This step was for introducing this teaching and learning into the real classroom in which the following sections were conducted.

4.3.1 Experimental Group

The subject served in the experimental group was a classroom which was selected by using simple random sampling technique from ten classrooms with mixed student achievement levels. The students in this group were taught with the CPS learning model by the researcher. The procedures for implementation were as follows:

(1) The instructor asked the students to do the pretest of all assessment tools.

(2) The instructor assumed the teacher role as explained in the teacher's guide book from the first activity until the last activity. The detail of the teacher's roles and the student's role in the CPS learning model were shown in APPENDIX B. During implementing each lesson plan, the instructor observed the students' characteristics that pointed out into the creative problem solving behaviors including asking students to do the creative problem solving self-assessment form in every 2 weeks. The students' learning outcome from observation and students' work sheet in each activity was identified into the progression of students' creative problem solving skill.

(3) After finishing the instruction, the students were asked to do all evaluation form of posttest as shown in TABLE 9.

4.3.2 Control Group

The subject served in the control group was the other classroom which was selected by using simple random sampling technique from ten classrooms with mixed student achievement levels. The students in this group were taught with the conventional learning model. The co-operative teacher who was teaching science to that classroom was an instructor in the control group. The procedures for implementing the learning model were as follows:

(1) Before implementation, the researcher met the teacher to create an understand about the role of the instructor in the control group. The researcher had to explain the goal of the study, and asked for collaboration.

(2) The instructor in the control group asked the students to do the pretest by using the same test as the students in the experimental group.

(3) The instructor regularly conducted the classroom as she had used.

(4) After finishing the instruction, the students were asked to do all evaluation form of posttest as shown in TABLE 9.

4.4 Data Collection

Data on students were gathered during implementation phase. These data were obtained at different times as shown in TABLE 9.

The students' score of learning achievement, creative problem solving skill, scientific creativity skill, and scientific attitudes were compared between the students learning with conventional learning model and the students learning with the CPS learning model before and after doing activity in both groups.

TABLE 9 RESEARCH TOOLS AND DATA COLLECTION PERIODS

Tools	Before the Instruction (Both Group)	During the Instruction (Experimental Group)	After the Instruction (Both Group)
1. Achievement test	✓		✓
2. Creative problem solving test	✓		✓
3. Creative problem solving self assessment form	✓	✓✓✓	✓
4. Scientific creativity test	✓		✓
5. Scientific attitude inventory	✓		✓

4.5 Data Analysis

Upon completion of all instruments: learning achievement test, creative problem solving test, creative problem solving self assessment form, scientific creativity test, and scientific attitude inventory, the collected data were analyzed using the following procedure:

4.5.1 Basic statistics such as mean, standard deviation, and variance were calculated for the score of learning achievement, creative problem solving, scientific creativity and scientific attitudes.

4.5.2 Statistics for hypothesis testing

(1) Statistics for assessing interaction between the learning models and the students' prior knowledge levels on students' creative problem solving skill (hypothesis 1) was two-way analysis of covariance (Two-way ANCOVA) (Kerlinger; & Lee. 2000).

(2) Statistics for analyzing difference of mean scores' learning achievement, scientific creativity skill, creative problem solving skill, and scientific attitudes after students learn through CPS learning model and conventional learning model (hypothesis 2) depended on the students' pretest score.

2.1 As the students' pretest scores of both groups were equivalent, the t-test independent was selected to analyzing data (Kerlinger; & Lee. 2000).

2.2 As the students' pretest scores of both groups were not equivalent, the one way analysis of covariance (One-way ANCOVA) was selected to analyzing data by using the pretest score to be a covariate (Kerlinger; & Lee. 2000).

2.3 The statistics selected for finding the progression of the creative problem solving skill which assessed by using creative problem solving self assessment form was One way repeated measure Analysis of Variance (One-Way repeated ANOVA) (Kerlinger; & Lee. 2000).

(3) Analyzing difference of mean scores' creative problem solving of students who had different prior knowledge levels after they learned through the CPS learning model by using non-parametric Kruskal Wallis Test and non-parametric Mann-Whitney Test for testing hypothesis 3 (Kerlinger; & Lee. 2000).

CHAPTER 4

RESULTS OF THE STUDY

This chapter presented the findings of the data analysis for the development of Creative Problem Solving (CPS) learning model which were presented in the following order:

Section 1: The results of developing the CPS learning model

Section 2: The results of implementing the CPS learning model

Section 1: The results of developing the CPS learning model

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. Besides, these goals aligned 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 CPS learning model were as follows.

1. To provide the students with the knowledge and understanding about basic principles and theories covering matter and properties of matter through discussing with the scientific real life situations and encouraging students to have more participation in learning as well as helping students to be able to construct their own knowledge.
2. To provide the students with an opportunity to learn by doing and finding the evidence from other resources by themselves.
3. To provide the students with an opportunity to think and share their ideas with others.
4. To enhance the students' creative thinking and problem solving skills.
5. To enhance the students' scientific attitudes.
6. To provide the students with an opportunity to have interaction with their peers.

These goals focused on the development of science learning units. 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 were proper for seventh grade students were used to determine expected learning

outcomes for development of the science learning activities. Following were the learning standards purposed in the science learning activities:

1. The student should be able to experiment and classify substances into groups by using their texture or particle size as criteria and explain properties of each group of substances.
2. The student should be able to explain properties and transition of substances by using particle arrangement models.
3. The student should be able to experiment and explain acid-base properties of solutions.
4. The student should be able to verify pH value of solutions and apply the knowledge gained for useful purposes.
5. The student should be able to experiment and explain methods of preparing solutions with density in percentage and discuss application of knowledge about solutions for useful purposes.
6. The student should be able to experiment and explain change of properties, mass and energy of substances when they change state and dissolve.
7. The student should be able to experiment and explain factors affecting changes in the state and dissolution of substances.

There were three main topics drawn from the above learning standards for developing the science learning units based on the CPS learning model. The topics covered 1) the matter, 2) solution, and 3) acid-base in daily life.

The topic above were used as the guideline to design the science learning units consisting of fifteen lesson plans, teacher's guide book, and student's guide books. The lesson plans were written by applying sub-topics.

The teacher's guide book provided the teacher with necessary information about the CPS learning model (e.g., basic principle, goal of the CPS learning model, learning standards, description of the CPS learning model, mind map of content, learning outcomes and lesson plans). It was useful for preparing the readiness of the teacher before using the CPS learning model to be the instructional process.

The student's guide books provided the participating student with necessary information about the science learning activities (e.g., contents, activities, and learning resource). They were used with the participating students in the pilot study and the confirmatory study.

The CPS learning model documents and the instructional materials were examined by the advisors and were used in field trial study with two classrooms of the lower secondary school students at Borabuwittayakhan School and Wungplado School for verifying the CPS learning model. The teacher and students feedbacks were collected and used to improve the CPS learning model. The results from the field trial study were used to improve the step of the CPS learning model for more practicality. Finally, the CPS learning model consisted of five steps: 1) Engaging, 2) Problem Exploring, 3) Solution Creating, 4) Plan Executing, and 5) Concept Examining that included evaluating in every step as shown in FIGURE 17. The detail of each step was presented as follows.

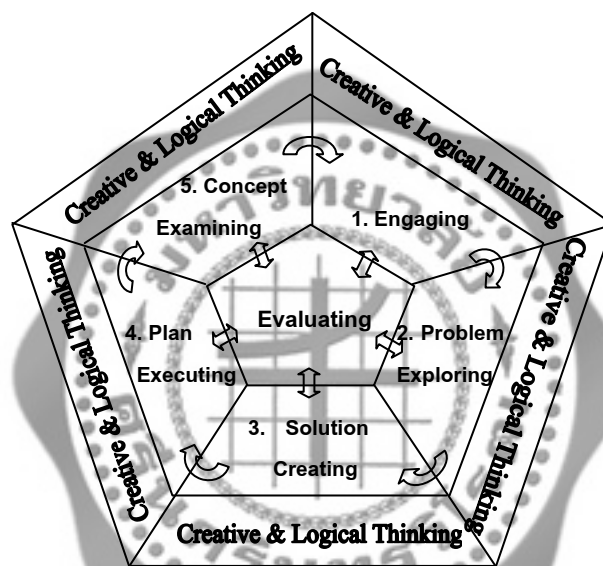


FIGURE 17 THE CPS LEARNING MODEL

Step I: Engaging: it is the beginning step of this model. The goals of this step are engaging students while exploring and revising the basic concept of the students. The teacher has to pose questions and use the conversation to raise the students' enthusiasm, and ensure they are ready to learn the new conception.

Step II: Problem Exploring: this is the second step of the learning model. The activities in this step aimed at making the students aware of the problem or situation and endeavor to grasp the problem including identifying the scope of the problem. The students have to apprehend the problem by looking at all views and pose questions.

Step III: Solution Creating: the activities included in the third step emphasize practicing the students' creative problem solving skill by developing the alternative solutions. The students have to ask themselves what they have known, what

they don't know, and what they have to know. The students need to search more knowledge from other resources to create ideas and develop the solutions to solve the problem.

Step IV: Plan Executing: in the fourth step of the learning model, the students are trained the creative problem solving skill through planning and executing. The students have to brainstorm in a small group in order to design the way to solve the problem and do the activities following the plan until figuring out the answer to the problem. Finally, the students should develop the concept or explanation that they have discovered from the activities.

Step V: Concept Examining: this is the last step of the CPS learning model. The significance of the activities supported in this step is to inspect the concepts presented by the students and adjust the concept based on the scientific knowledge including making the students get a deepened understanding. This step gives students a chance to present and share their own concept to their classmates.

The descriptive conclusion of each step of the CPS learning model was shown in TABLE 10. More details of the CPS learning model are shown in APPENDIX B.

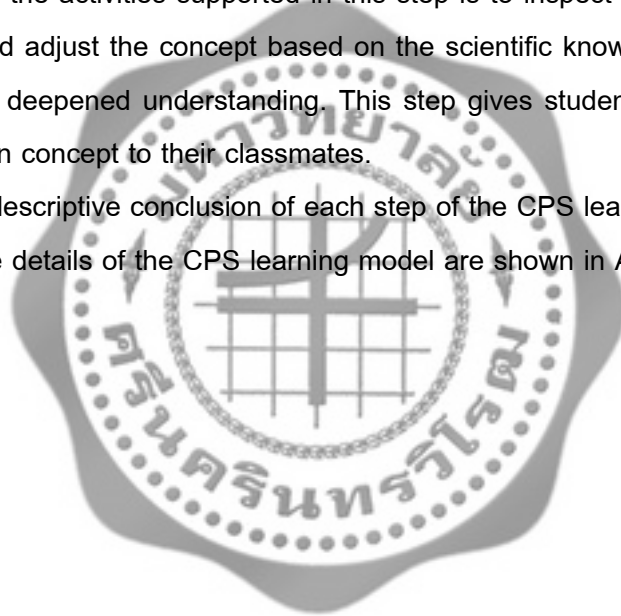


TABLE 10 THE DESCRIPTION OF THE CPS LEARNING MODEL

Step of the CPS Learning Model	Teacher's Role	Student's Role
Step I: Engaging This is a step for engaging students while exploring and revising the basic concept of the students.	- Encouraging students to get more learning readiness. - Examining the students' background knowledge and raising them more knowledge to connect with the new concepts.	- Investigating own knowledge and finding more information for understanding the situation and preparing themselves to learn new concepts.
Step II: Problem Exploring The activities in this step aimed at making the students aware of the problem or situation and endeavor to grasp the problem including identifying the scope of the problem.	- Providing the problem situation to the classroom and activating all students posing the question relevant to the situation. - Encouraging the students sharing their questions and identifying the scope of the question. - Evaluating the students and managing the students to do activities supporting them to practice the creative and logical thinking.	- Grasping the problem and posing the relevant questions as much with their full potential. - Sharing the questions with others and discussing to find the suitable question for solving the problem.
Step III: Solution Creating The activities served in the third step emphasize practicing the students' creative problem solving skill by developing the alternative solutions.	- Providing enough resource for the students. - Allocating enough time to students finding the necessary data they need. - Motivating the students to find the alternative solutions. - Providing an opportunity to share ideas they had created and making a consensus of the workable solutions. - Evaluating the students and managing the students to do activities supporting them to practice the creative and logical thinking.	- Finding the necessary data from other resources to create the solutions as much with their full potential. - Sharing and brainstorming with others to choose the workable solutions.

TABLE 10 (continued)

Step of the CPS Learning Model	Teacher's Role	Student's Role
Step IV: Plan Executing The students are trained the creative problem solving skill through planning and executing.	- Providing sufficient equipments and instruments for students to solve the problem. - Encouraging the students to design the plan to solve the problem. - Providing an opportunity to share ideas they had created and discussing to find the satisfying plan. - Allocating enough time to students for doing the activities following their plan and reminding them to collect data. - Pushing the students to develop their explanation from the collected data. - Evaluating the students and managing the students to do activities supporting them to practice the creative and logical thinking.	- Developing the plan for solving a problem as much with their full potential. - Sharing the possible plan they got with others and brainstorming for finding the workable plan. - Taking a plan for solving problem and collecting data. - Constructing the explanation from the existing data.
Step V: Concept Examining The activities supported in this step are to inspect the concepts and adjust the concept based on the scientific knowledge including making the students get a deepened understanding.	- Allocating enough time to students for presenting their explanation. - Accompanying with students for asking the questions to verify their explanation. - Encouraging the students examining their explanation with the scientific concepts. - Participating with the students to clarify the explanation. - Evaluating the students and managing the students to do activities supporting them to practice the creative and logical thinking.	- Presenting the explanation they constructed and sharing with others. - Examining their explanation and revising it to be more consistent with the scientific concepts. - Participating with the teacher and others to construct the accurate explanation.

Section 2: The results of implementing the CPS learning model

The data were collected from the five assessment tools. They consisted of 1) Learning achievement test, 2) Creative problem solving test, 3) Creative problem solving self assessment form, 4) Scientific creativity test and 5) Scientific attitudes inventory (SAI II). The data were analyzed to test the research hypotheses as follows:

1. There is an interaction between the learning models and the students' prior knowledge levels that affects the students' creative problem solving skill.
2. The students' learning achievement, scientific creativity skill, creative problem solving skill, and scientific attitudes of the experimental group after learning have higher score than the control group with a statistically significant difference.
3. The creative problem solving skill of the students who have different prior knowledge levels after learning through the CPS learning model has statistically significant different scores.

The results of the CPS learning model implementation were presented below.

2.1 Comparison the pretest score of learning achievement, scientific creativity skill, creative problem solving skill, and scientific attitudes between experimental group and control group

The pretest score of student's learning achievement, scientific creativity skill, creative problem solving skill, and scientific attitudes between experimental and control group was analyzed by t-test independent. These results were used to specify the proper statistics in the following. The results of data analysis were shown in TABLE 11.

TABLE 11 COMPARISONS OF THE PRETEST SCORE OF STUDENTS' LEARNING ACHIEVEMENT, SCIENTIFIC CREATIVITY, CREATIVE PROBLEM SOLVING, AND SCIENTIFIC ATTITUDES BETWEEN THE EXPERIMENTAL AND CONTROL GROUP

Test	Aspects	N	df	Total Scores	$\bar{X}$	S.D.	t	p
Learning Achievement test	Overall							
	- Experimental group	46	1	40	13.04	2.99	-3.53*	.001
	- Control group	48		40	15.29	3.18		
	Level1: Recall and Reproduction							
	- Experimental group	46	1	10	3.44	1.24	0.59	.553
	- Control group	48		10	3.27	1.43		

TABLE 11 (continued)

Test	Aspects	N	df	Total Scores	$\bar{X}$	S.D.	t	p
	Level2: Skills and Concepts							
	- Experimental group	46	1	10	3.02	1.34	-1.08	.285
	- Control group	48		10	3.29	1.07		
	Level3: Strategic Thinking							
	- Experimental group	46	1	10	3.07	1.39	-3.95*	.000
	- Control group	48		10	4.21	1.41		
Scientific creativity test	Level4: Extended Thinking							
	- Experimental group	46	1	10	3.52	2.15	-2.05*	.044
	- Control group	48		10	4.52	2.58		
	Overall							
	- Experimental group	46	1	-	8.20	3.59	-4.81*	.000
	- Control group	48		-	12.71	5.37		
	Fluency							
	- Experimental group	46	1	12	3.35	1.23	-5.89*	.000
	- Control group	48		12	5.06	1.58		
	Flexibility							
	- Experimental group	46	1	12	3.35	1.23	-4.53*	.000
	- Control group	48		12	4.35	0.89		
Creative problem solving test	Originality							
	- Experimental group	46	1	-	1.59	1.68	-3.05*	.003
	- Control group	48		-	3.29	3.70		
	Overall							
	- Experimental group	46	1	-	12.48	4.84	-6.33*	.000
	- Control group	48		-	19.12	5.34		
	Fluency							
	- Experimental group	46	1	15	4.80	1.57	-5.30*	.000
	- Control group	48		15	6.69	1.87		
	Flexibility							
	- Experimental group	46	1	15	4.78	1.66	-5.85*	.000
	- Control group	48		15	6.71	1.53		
	Originality							
	- Experimental group	46	1	-	1.17	1.02	-5.40*	.000
	- Control group	48		-	2.88	1.92		

TABLE 11 (continued)

Test	Aspects	N	df	Total Scores	$\bar{X}$	S.D.	t	p
Scientific attitudes inventory	Reasoning							
	- Experimental group	46	1	15	1.72	1.80	-2.69*	.009
	- Control group	48		15	2.85	2.29		
	Overall							
	- Experimental group	46	1	4	3.22	0.23	-7.31*	.000
	- Control group	48		4	3.64	0.32		
	Scientific knowledge							
	- Experimental group	46	1	4	3.29	0.61	-3.33*	.001
	- Control group	48		4	3.69	0.58		
	Almighty of science and scientists							
	- Experimental group	46	1	4	3.29	0.45	-3.06*	.003
	- Control group	48		4	3.58	0.48		
	Scientific methodology							
	- Experimental group	46	1	4	3.19	0.43	-4.12*	.000
	- Control group	48		4	3.56	0.42		
	Functions of science							
	- Experimental group	46	1	4	3.52	0.58	-5.04*	.000
	- Control group	48		4	4.13	0.58		
	Science liberal education							
	- Experimental group	46	1	4	3.09	0.45	-3.59*	.001
	- Control group	48		4	3.45	0.51		
	Science interests and science careers							
	- Experimental group	46	1	4	3.03	0.46	-5.06*	.000
	- Control group	48		4	3.51	0.44		

* p < .05

From TABLE 11, the t-test results showed that the students' pretest mean scores in overall of all assessment tests between the experimental and control group were significantly different at the .05 level. As a result, the Analysis of Covariance (ANCOVA) was selected to compare the data between the experimental and control group.

2.2 Interaction between the CPS learning models and the students' prior knowledge levels on the students' creative problem solving skill.

Along with TABLE 11, the t-test result of creative problem solving pretest score between experimental group and control group was significantly different at the .05 level. So, the two ways Analysis of Covariance (2-way ANCOVA) was used to find the interaction between the CPS learning models and the students' prior knowledge levels on the creative problem solving skill. The data analysis was shown in TABLE 12 and 13.

TABLE 12 COMPARISON OF THE POSTTEST OF CREATIVE PROBLEM SOLVING SCORES BY LEARNING MODELS AND PRIOR KNOWLEDGE LEVELS

Source	$\bar{X}$	df	F	p	Eta Square
Learning Models * Prior knowledge Level		2	0.361	0.698	0.008
Learning Models		1	100.650*	0.000	0.615
- CPS learning model	41.438				
- Conventional learning model	23.273				
Prior knowledge Levels		2	8.631*	0.000	0.536
- High	37.203				
- Medium	31.404				
- Low	28.495				

* p < .05

TABLE 13 THE PAIRWISE COMPARISONS OF THE CREATIVE PROBLEM SOLVING SCORES AMONG THE STUDENTS' PRIOR KNOWLEDGE LEVELS

Mean ($\bar{X}$)	High(37.203)	Medium(31.404)	Low(28.495)
High(37.203)	-	5.799*	8.745*
Medium(31.404)	-	-	2.945
Low(28.495)	-	-	-

* p < .05

According to TABLE 12 and 13, the results showed that

1. The interaction between the learning models and students' prior knowledge levels on students' creative problem solving skill was not significant at the .05 level. These indicated that interaction between the learning models and students' prior knowledge levels was not found. The effect size (Eta Square) was 0.008 which was in very low level. These

indicated that interaction between the group and students' prior knowledge levels rarely had effects on the students' creative problem solving skill.

2. The learning models affecting students' creative problem solving skill were significant at the .05 level. These indicated that the learning models affected the students' creative problem solving skill. According to TABLE 13, the mean scores of creative problem solving skill of the students in the experimental group were higher than the control group. The effect size (Eta Square) was 0.615 which was in the medium level. These indicated that the CPS learning model had moderate effect on the students' creative problem solving skill.

3. The students' prior knowledge levels affecting students' creative problem solving skill were significant at the .05 level. These indicated that the students' prior knowledge levels affected the students' creative problem solving skill. The effect size (Eta Square) was 0.536 which was in the medium level. These indicated that the students' prior knowledge levels had moderate effect on the students' creative problem solving skill. Furthermore, the results from TABLE 13 indicated that there was significant difference between the group of (1) high prior knowledge level and medium prior knowledge level and (2) high prior knowledge level and low prior knowledge level.

2.3 Comparison the posttest scores of students' learning achievement, creative problem solving skill, scientific creativity skill and scientific attitudes

According to TABLE 11, the Analysis of Covariance (ANCOVA) was used to compare significant difference of learning achievement test, scientific creativity test, creative problem solving test, and scientific attitudes inventory of the posttest scores between experimental and control group by using pretest score to be a covariate. The data analysis was shown in TABLE 14.

TABLE 14 COMPARISONS OF THE POSTTEST SCORES OF STUDENTS' LEARNING ACHIEVEMENT, SCIENTIFIC CREATIVITY, CREATIVE PROBLEM SOLVING, AND SCIENTIFIC ATTITUDES BETWEEN THE EXPERIMENTAL AND CONTROL GROUP

Test	Aspects	N	df	Total Scores	$\bar{X}$	S.D.	F	p	Eta Square
Learning achievement test	Overall								
	- Experimental group	46	1	40	24.81	3.23	67.11*	.000	0.424
	- Control group	48		40	18.10	4.11			

TABLE 14 (continued)

Test	Aspects	N	df	Total Scores	$\bar{X}$	S.D.	F	p	Eta Square
	Level1: Recall and Reproduction								
	- Experimental group	46	1	10	5.02	1.33	.699	.405	0.008
	- Control group	48		10	4.79	1.26			
	Level2: Skills and Concepts								
	- Experimental group	46	1	10	5.02	1.33	78.308*	.000	0.463
	- Control group	48		10	4.79	1.26			
	Level3: Strategic Thinking								
	- Experimental group	46	1	10	5.37	1.37	9.19*	.003	0.492
	- Control group	48		10	4.71	1.25			
	Level4: Extended Thinking								
	- Experimental group	46	1	10	8.67	2.77	24.43*	.000	0.212
	- Control group	48		10	5.85	2.71			
Scientific creativity test	Overall								
	- Experimental group	46	1	-	24.65	9.45	16.48*	.000	0.153
	- Control group	48		-	19.29	7.42			
	Fluency								
	- Experimental group	46	1	12	8.09	2.60	13.99*	.000	0.533
	- Control group	48		12	7.12	2.72			
	Flexibility								
	- Experimental group	46	1	12	7.20	2.02	20.15*	.000	0.811
	- Control group	48		12	5.62	1.41			
	Originality								
	- Experimental group	46	1	-	9.37	5.73	8.87*	.004	0.809
	- Control group	48		-	6.54	8.48			

TABLE 14 (continued)

Test	Aspects	N	df	Total Scores	$\bar{X}$	S.D.	F	p	Eta Square
Creative problem solving test	Overall								
	- Experimental group	46	1	-	39.20	8.83	62.12*	.000	0.406
	- Control group	48		-	23.73	8.93			
	Fluency								
	- Experimental group	46	1	15	10.70	2.17	41.04*	.000	0.311
	- Control group	48		15	7.81	2.36			
	Flexibility								
	- Experimental group	46	1	15	9.57	2.04	18.39*	.000	0.618
	- Control group	48		15	8.08	2.20			
	Originality								
	- Experimental group	46	1	-	7.93	3.96	23.00*	.000	0.352
	- Control group	48		-	4.12	3.47			
	Reasoning								
	- Experimental group	46	1	15	9.54	2.25	127.71*	.000	0.584
	- Control group	48		15	3.71	2.70			
Scientific attitudes inventory	Overall								
	- Experimental group	46	1	4	3.78	0.29	16.58*	.000	0.154
	- Control group	48		4	3.59	0.28			
	Scientific knowledge								
	- Experimental group	46	1	4	3.71	0.43	.548	.461	0.006
	- Control group	48		4	3.66	0.53			
	Almighty of science and scientists								
	- Experimental group	46	1	4	3.79	0.44	6.71*	.011	0.609
	- Control group	48		4	3.56	0.42			
	Scientific methodology								
	- Experimental group	46	1	4	3.67	0.49	5.29*	.024	0.550
	- Control group	48		4	3.47	0.36			

TABLE 14 (continued)

Test	Aspects	N	df	Total Scores	$\bar{X}$	S.D.	F	p	Eta Square
	Functions of science								
	- Experimental group	46	1	4	3.08	0.48	1.02	.316	0.011
	- Control group	48		4	3.02	0.57			
	Science liberal education								
	- Experimental group	46	1	4	3.67	0.36	10.01*	.002	0.811
	- Control group	48		4	3.37	0.41			
	Science interests and science careers								
	- Experimental group	46	1	4	3.79	0.41	14.94*	.000	0.411
	- Control group	48		4	3.51	0.44			

* p < .05

TABLE 14 showed the following:

1. Learning achievement

The result showed that the overall mean scores of learning achievement test were significantly different at the .05 level and the effect size (Eta Square) was .424 which was in the medium level. These indicated that the CPS learning model had moderate effect on the students' learning achievement. Thoroughly, the students' learning achievement test mean scores level 2 (skill and concepts), level 3 (strategic thinking) and level 4 (extended thinking) between the students in the experimental and control group were significantly different at the .05 level. The effect sizes (Eta Square) were 0.463, 0.492 and 0.212, respectively which were in the medium level. These indicated that the CPS learning model had moderate effect on the students' learning achievement in terms of strategic thinking and extended thinking. However, the result of the learning achievement test mean scores in level 1 (recall and reproduction) was not significantly different at the .05 level and the effect size (Eta Square) was 0.088 which was in very low level. These indicated that the CPS learning model rarely had effect on the students' learning achievement in terms of recall and reproduction.

2. Scientific creativity skill

The ANCOVA results of students' scientific creativity mean score in overall between the students in the experimental and control group showed that they were significantly different at the .05 level and the effect size (Eta Square) was 0.153 which was in the low level. Additionally, the students' mean scores in all aspects of scientific creativity skill between the students in the experimental and control group showed that the mean scores were significantly different at the .05 level. The effect sizes (Eta Square) of fluency, flexibility, and originality were 0.533, 0.811 and 0.809, respectively which were in the high level. These indicated that the CPS learning model had powerfully effect on all aspects of scientific creativity skill.

Additionally, the observation data while the students were doing activity supporting the creative thinking through many instructional strategies indicated that they had a progress in scientific creativity. In case of doing the activity following the step of the CPS learning model, the students could pose the questions, create many solutions, design a lot of plans for solving a problem including constructing the explanation. Using role play as an instructional technique, each group of students showed a very attractive and relevant scenario. Moreover, the Ruam Duay Chuay Kan Kid, activity supported the scientific creativity skill, the students' behaviors of each group indicated that they could understand the scientific concept they had learned and connect to new things.

3. Creative problem solving skill

The ANCOVA results of the students' creative problem solving mean scores in overall between the students in the experimental and control group showed that they were significantly different at the .05 level and the effect size (Eta Square) was 0.406 which was in the medium level. Additionally, the students' mean scores in all aspects of creative problem solving skill between the students in the experimental and control group were significantly different at the .05 level. The effect sizes (Eta Square) of fluency, flexibility, originality, and reasonability aspects were 0.311, 0.618, 0.352 and 0.584, respectively which were in the medium and high level. These indicated that the CPS learning model had powerfully effect on all aspects of creative problem solving skill.

Additionally, the creative problem solving self-assessment form was used to evaluate five times: before implementing, the first during implementing (D1), the second during implementing (D2), the third during implementing (D3), and after implementing in the

experimental group for finding the students' progress in creative problem solving skill. The data were used to verify the students' creative problem solving skill.

The mean scores of the students' creative problem solving self assessment were presented as mean ($\bar{X}$) and standard deviation (S.D.) in TABLE 15.

TABLE 15 THE DESCRIPTIVE STATISTICS FOR THE SCORE OF CREATIVE PROBLEM SOLVING SELF ASSESSMENT

Timing	N	Total Scores	$\bar{X}$	S.D.
Before implementing	46	3	2.11	0.12
During implementing				
- The first time (D1)	46	3	2.12	0.16
- The second time(D2)	46	3	2.18	0.16
- The third time(D3)	46	3	2.26	0.18
After implementing	46	3	2.35	0.13

TABLE 15 showed the mean scores and standard deviation of the creative problem solving self-assessment. It was found that the mean scores of before implementing, the first during implementing (D1), the second during implementing (D2), the third during implementing (D3), and after implementing were 2.11, 2.12, 2.18, 2.26 and 2.35, respectively. The FIGURE 18 showed the different mean scores in each time of evaluation of creative problem solving self-assessment form.

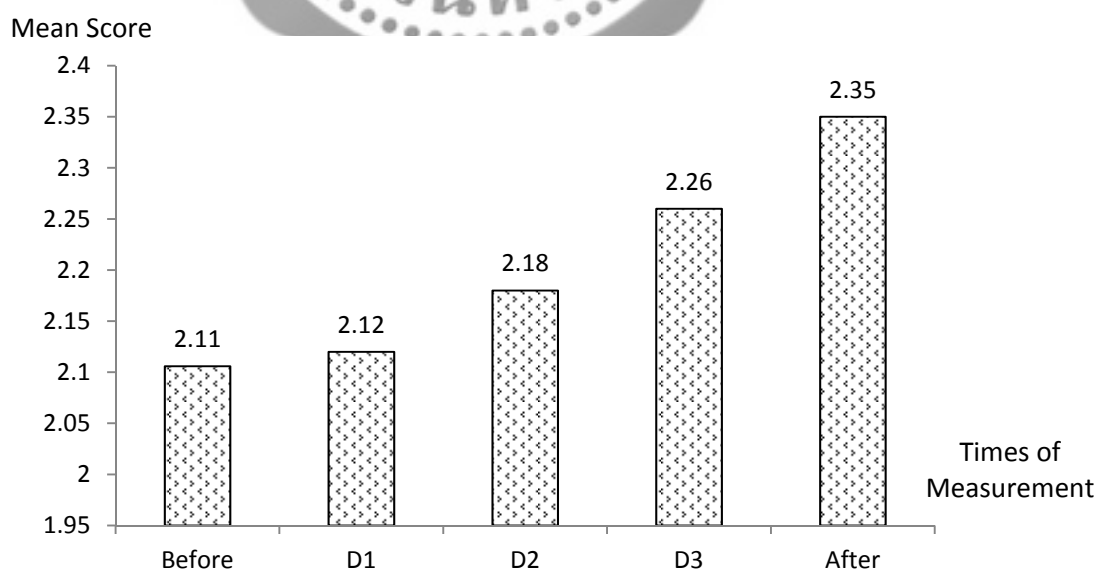


FIGURE 18 THE MEAN SCORES PLOT OF CREATIVE PROBLEM SOLVING SELF ASSESSMENT FORM IN EACH TIME

The mean score plot of creative problem solving self assessment showed that, in the beginning of measurement, the students' mean scores slightly increased while later the measurement of the students' mean scores considerably increased.

The One way repeated measure Analysis of Variance (One-Way repeated ANOVA) was used to compare the significant difference of the mean scores among groups. The data analysis was shown in TABLE 16.

TABLE 16 COMPARISON OF THE STUDENTS' CREATIVE PROBLEM SOLVING SELF ASSESSMENT SCORES AMONG GROUPS OF THE EVALUATION TIMING

Test	N	df	F	p	Eta Square
Creative problem solving self assessment form	5	4	29.526*	.000	.738

* p < .05

From TABLE 16, the result showed the p-value (.000) was lower than the .05 level of significance. This indicated that the mean scores among groups were significantly different at the .05 level. The effect size (Eta Square) was 0.738 which was in the high level. Moreover, this result indicated that there was significant difference in the creative problem solving skill among groups. To compare the difference between the adjusted means of the scores in each pair, the results are shown in TABLE 17.

TABLE 17 THE PAIRWISE COMPARISONS AMONG GROUPS OF DIFFERENCE TIMING FOR CREATIVE PROBLEM SOLVING SELF-ASSESSMENT

Mean ($\bar{x}$)	B(2.11)	D1(2.12)	D2(2.18)	D3(2.26)	A(2.35)
B(2.11)	-	0.014	0.077	0.149*	0.246*
D1(2.12)	-	-	0.063	0.135*	0.233*
D2(2.18)	-	-	-	0.073	0.170*
D3(2.26)	-	-	-	-	0.097*
A(2.35)	-	-	-	-	-

* p < .05

According to TABLE 17, the pair wise comparison results of different timing of creative problem solving self-assessment. They were six pairs of significant differences at the .05 level. There were between (1) before implementing and the third during implementing, (2) before implementing and after implementing, (3) the first during implementing and the third during implementing, (4) the first during implementing and after

implementing, (5) the second during implementing and after implementing, and (6) the third during implementing and after implementing.

The data of each level of the creative problem solving self assessment form each time of were analyzed and shown in TABLE 18.

TABLE 18 THE DESCRIPTIVE STATISTICS FOR THE SCORE OF CREATIVE PROBLEM SOLVING SELF-ASSESSMENT

Timing	Level	N	Percentage
Before implementing	1	249	18.05
	2	736	53.33
	3	395	28.62
During implementing	1	214	15.15
	2	776	56.23
	3	390	28.62
	1	257	18.62
	2	709	51.38
	3	414	30.00
	1	235	17.29
	2	707	51.23
	3	416	31.48
After implementing	1	196	14.20
	2	599	43.41
	3	585	42.39

To see how the percentage of students' creative problem solving self assessment in level of the creative problem solving self assessment form was, a graph of the progress in students' creative problem solving was shown in FIGURE 19.

According to the TABLE 18 and the FIGURE 19, they indicated that the students had a progressive in creative problem solving skill when assessed with the creative problem solving self assessment form. The students' score had increased from the fair level to the moderate and high level. Furthermore, they showed that in the beginning of measurement the students' mean scores was slightly increasing while in the later of measurement the students' mean scores was noticeably increasing.

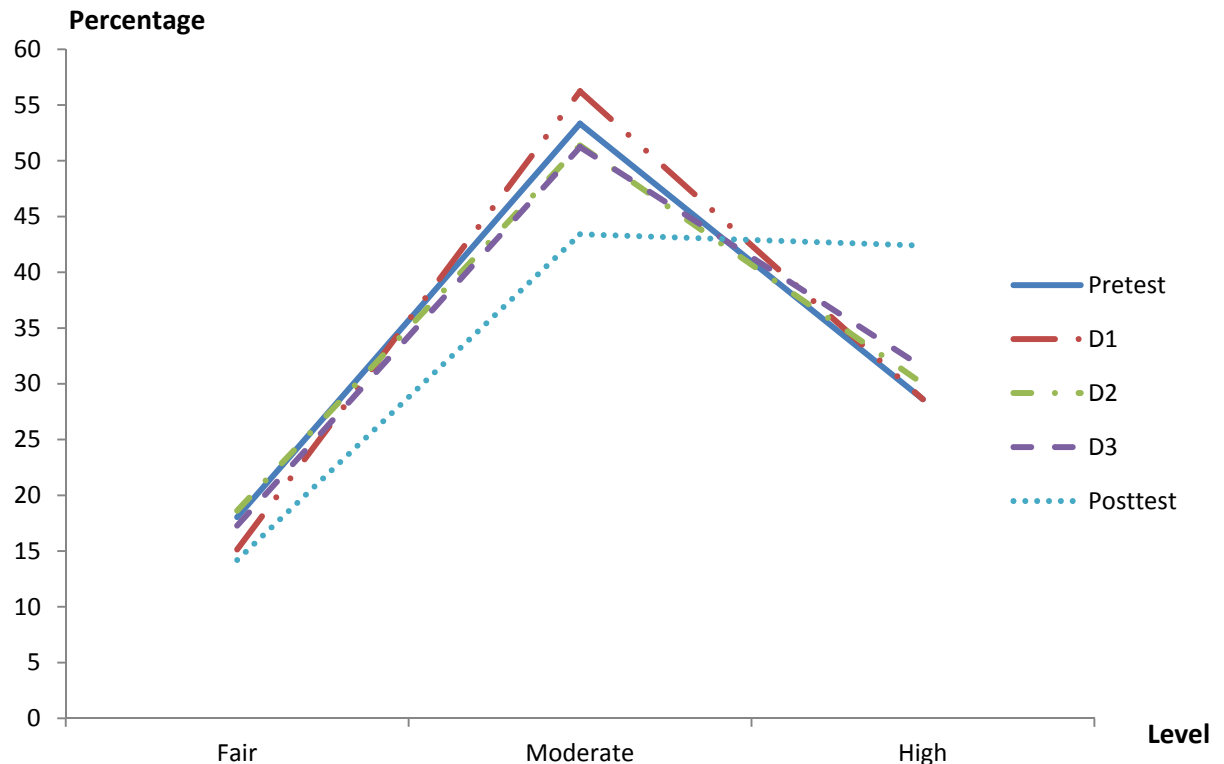


FIGURE 19 THE PROGRESSION OF CREATIVE PROBLEM SOLVING SELF ASSESSMENT

Furthermore, the students' behaviors while doing the activity follow the step of the CPS learning model. They had a progress in both creative and logical thinking. In the early period of using the CPS learning model, most students could not share ideas much. When they got encouragement, freedom, and opportunity from the instructor, they had more self-confidence that made them pose many questions, create alternative solutions, design a lot of plans for solving a problem including constructing an explanation. For the first time to do the activities, they had a lot of questions and obstacles. After they had learned to do the scientific activity through the creative problem solving process, they could show more potential to solve a problem with the creative problem skill. In case of doing the Detective Project, activity supported the creative problem solving skill, each group of students could share and discuss many ideas throughout the process of solving the problem. Finally, every group could solve the problem and succeeded with excellent solution. Also, their work presentation was equally good.

4. Scientific attitudes

The ANCOVA results of students' scientific attitudes mean scores in overall between the students in the experimental and control group indicated that they had

high level of scientific attitudes and were significantly different at the .05 level. The effect size (Eta Square) was 0.154 which was in the low level. Thoroughly, the students' mean scores in terms of "scientific knowledge" and "functions of science" between the students in the experimental and control group were not significantly different at the .05 level. The effect sizes (Eta Square) of them were 0.006 and 0.011, respectively which were in the very low level. These indicated that the CPS learning model rarely had effect on scientific attitude in terms of "scientific knowledge" and "functions of science". The results of students' scientific attitudes mean scores in aspects of "almighty of science and scientists", "scientific methodology", "science liberal education", and "science interests and science careers" between the students in the experimental and control group indicated that they were significantly different at the .05 level. The effect sizes (Eta Square) of them were 0.609, 0.550, 0.811 and 0.411, respectively which were in the high level. These indicated that the CPS learning model had powerfully effect on scientific attitudes in aspects of "almighty of science and scientists", "scientific methodology", "science liberal education", and "science interests and science careers".

Moreover, in case study of a student, he was an isolation boy. He had a low prior knowledge level. He did not like to learn science because he thought that scientific knowledge was too difficult to understand. Thus, he was not a smart student and unenthusiastic that made other students unwilling to work with him. He felt nervous and hesitant to share ideas. The instructor needed to pay more attention to him and force him to share ideas with other. After he learned with the CPS learning model that was carried out within a safe environment and friendly atmosphere, he had more self-confidence to share ideas and participate in the activity with others. He looked more cheerful and enthusiastic to do the activity with others. When the implementation process was completed, he gave the instructor a message. His message was "Unbelievably, I like science. I don't know when I like science but I only know that I am looking forward to the science period. Scientific activity makes me have more friends, make me funny when I do the experiments and help my friend decorate the work sheet. Although I am a stupid students but in science classroom I can share my own thinking with others, which makes me feel more valuable. Finally, although I still stupid and still cannot understand scientific content, I enjoy learning science. Thank you very much Khunkru." This message indicated that the CPS learning model can promote the students' scientific attitudes.

2.4 Comparison the creative problem solving skill posttest scores of the students who have different prior knowledge levels in the experimental group.

The scores of the students' creative problem solving skill in each level of prior knowledge of the students who learned with the CPS learning model were presented as mean ($\bar{X}$), standard deviation (S.D.) and tested by non-parametric Kruskal Wallis as in TABLE 19.

TABLE 19 THE DESCRIPTIVE STATISTICS OF CREATIVE PROBLEM SOLVING POSTTEST SCORE OF STUDENTS WHO HAVE DIFFERENT PRIOR KNOWLEDGE LEVELS IN THE EXPERIMENTAL GROUP

Prior knowledge levels	N	$\bar{X}$	S.D.	χ^2	p
Overall	46	39.20	4.69	12.922*	.002
High	10	44.00	4.24		
Medium	20	38.55	4.32		
Low	16	37.00	3.27		

* p < .05

TABLE 19 showed the mean scores and standard deviation of the creative problem solving skill. It was found that the mean scores of group of high prior knowledge level, medium prior knowledge level, and low prior knowledge level were 44.00, 38.55 and 37.00, respectively. Moreover, it showed that the mean scores among the groups of prior knowledge levels were significantly different at the 0.05 level.

The non-parametric Mann-Whitney test was used to determine the significant difference of the mean posttest scores between each group. The data analysis was shown in TABLE 20.

TABLE 20 COMPARISON OF THE STUDENTS' CREATIVE PROBLEM SOLVING POSTTEST SCORES OF EACH GROUP OF THE DIFFERENT PRIOR KNOWLEDGE LEVELS

Pairs	Z	U	p
High - Medium	-2.800	36.500*	.005
High -Low	-3.459	14.500*	.001
Medium - Low	-1.054	127.000	.292

* p < .05

According to TABLE 20, it showed the comparison results of difference level of the students' prior knowledge. There were 2 pairs of significant differences at the .05 level. They were between the groups of (1) high prior knowledge level and medium prior knowledge level, and (2) high prior knowledge level and low prior knowledge level.

Moreover, the observation data as to when the students were doing activity in the classroom supported that the students with high prior knowledge level had high potential to promote their creative problem solving skill. The observation data indicated that the fact that the students were doing the activity promoted the creative thinking, posing the questions in the problem exploring step. All of the students could pose the questions and did the activity to get along well. They were not classified as the group based on the prior knowledge level. Conversely, doing the activity promoted the logical thinking, giving the reason to support their question and make a decision to choose the question in the problem exploring step. They showed different potentials to do the activity. The students with high prior knowledge level had more power to show the reasons and explanation supporting their ideas better than others. When they encountered the controversy, they had a good background knowledge which they could process and construct believable answers immediately. This data supported the quantitative data.

2.5 Comparison the learning achievement, scientific creativity, creative problem solving, and scientific attitudes between the pretest and posttest scores of the students with the different prior knowledge levels of the experimental group.

Moreover, the comparison of the students' learning achievement, scientific creativity, creative problem solving, and scientific attitudes between the pretest and posttest scores of the students with the different prior knowledge levels of the experimental group were presented as mean ($\bar{X}$), standard deviation (S.D.) and tested by non-parametric Kruskal Wallis as demonstrated in TABLE 21.

TABLE 21 COMPARISON OF LEARNING ACHIEVEMENT, SCIENTIFIC CREATIVITY, CREATIVE PROBLEM SOLVING, AND SCIENTIFIC ATTITUDES BETWEEN PRETEST AND POSTTEST SCORE OF STUDENTS WITH DIFFERENT PRIOR KNOWLEDGE LEVELS OF THE EXPERIMENTAL GROUP

Test	Level	N	Pretest				Posttest			
			$\bar{X}$	S.D.	χ^2	p	$\bar{X}$	S.D.	χ^2	p
Learning Achievement test	Overall	46	13.04	1.25	39.510*	.000	24.81	3.23	6.854*	.032
	High	10	17.20	0.63			25.88	3.14		
	Medium	20	12.50	0.89			25.00	2.66		
	Low	16	10.56	1.48			22.70	3.71		
Scientific creativity test	Overall	46	8.20	3.59	0.318	.853	24.65	9.45	6.391*	.041
	High	10	8.50	3.86			26.94	8.92		
	Medium	20	8.25	3.80			21.70	10.63		
	Low	16	7.50	2.88			18.90	5.22		
Creative problem solving test	Overall	46	12.48	4.84	4.684	.096	39.20	4.69	12.922*	.002
	High	10	14.69	5.20			44.00	4.24		
	Medium	20	11.35	4.66			38.55	4.32		
	Low	16	11.30	3.62			37.00	3.27		
Scientific attitudes inventory	Overall	46	3.22	0.23	0.105	.949	3.78	0.29	2.766	.251
	High	10	3.25	0.13			3.83	0.27		
	Medium	20	3.23	0.24			3.82	0.31		
	Low	16	3.19	0.26			3.64	0.25		

* p < .05

According to TABLE 21, the overall mean scores of the learning achievement, scientific creativity, creative problem solving, and scientific attitudes of the students in all prior knowledge levels were higher after taking the CPS learning model. Moreover, the posttest mean scores of learning achievement, scientific creativity, and creative problem solving among the prior knowledge levels were significantly different at the 0.05 level. It was found that the group of high prior knowledge level was explicitly higher than others. There were only the scientific attitudes that the posttest mean scores were not significantly different at the 0.05 level. However, they indicated that the students in all prior knowledge levels had changed the scientific attitudes levels from the moderate level to high level after taking the CPS learning model.

CHAPTER 5

CONCLUSION AND DISCUSSION

This chapter presented the conclusions of the study, discussions, and recommendations by presenting according to the following topics:

Research Objectives

The main purposes of this study were:

1. To develop the CPS learning model for seventh grade Thai students on “Matter and Properties of Matter”.
2. To study the effects of implementing the CPS learning model.
 - 2.1 To study the effects of interaction between the learning models and the students’ prior knowledge levels on students’ creative problem solving skill.
 - 2.2 To study the effects of the CPS learning model on students’ learning achievement, scientific creativity skill, creative problem solving skill, and scientific attitudes.
 - 2.3 To study the effects of the prior knowledge levels of students who learn through the CPS learning model on the creative problem solving skill.

Research Hypotheses

For the purposes of the research study, the following hypotheses were:

1. There is interaction between the learning models and the students’ prior knowledge levels that affects the students’ creative problem solving skill.
2. The students’ learning achievement, scientific creativity skill, creative problem solving skill, and scientific attitudes of the experimental group after learning have higher scores than the control group with a statistically significant difference.
3. The creative problem solving skill of the students who have different prior knowledge levels after learning through the CPS learning model has statistically significant different scores.

Research Instruments

The research instruments used in this study consisted of:

1. The CPS learning model

2. The teacher's guide book
3. The student's guide books
4. The learning model evaluation form by experts
5. The learning achievement test
6. The scientific creativity test
7. The creative problem solving test
8. The creative problem solving self assessment form
9. The scientific attitude inventory

Research Methodology

The methodology for developing the CPS learning model in this study consisted of five phases as follows:

Phase 1: Studying Basic Data and Related Literature

The purpose of this phase was to study the basic data and problem situations about teaching-learning processes for designing the draft learning model. The data were gathered through studying the relevant literature and interviewing the science teachers.

Phase 2: Developing the CPS Learning Model and Research Tools

The following procedures were used in this phase:

2.1 Designing the learning model: the researcher developed the draft of CPS learning model based on five essential features of inquiry and creative problem solving approach.

2.2 Writing learning model documents: the researcher wrote the draft of three learning units following the CPS learning model that consisted of: 1) principles, 2) expected learning outcomes, 3) activity plans, 4) the teacher's guide book, 5) the students' guide book, and 6) assessment forms.

2.3 The draft of CPS learning model and the instructional materials were evaluated by the dissertation's advisor committee. Some lesson plans and instructional materials were implemented with learners in order to 1) test quality of the learning model in case of time, appropriateness and flow of the instructional sequences, 2) check some problems that might occur in the real situation. The feedbacks from the teachers and students who participated in this step were used to improve the CPS learning model.

2.4 The draft of CPS learning model and other instructional materials were evaluated by five experts regarding the appropriateness and consistency of the learning model.

Phase 3: Conducting a Pilot Study

The pilot study was conducted to test the quality of the draft of learning model and to inspect the feasibility of using the learning model as well as to check wording of handouts and learning materials. In addition, conducting a pilot study identified any problems that happened during instruction.

Phase 4: Implementing the CPS Learning Model

This step aimed to implement the CPS learning model concerning matter and properties of matter in a real classroom. The CPS learning model was implemented with 94 seventh grade students (two classrooms of Borabuwittayakhan School located in Mahasarakham province in Thailand) to assess the effectiveness of the learning model. The Control-Group Pretest-Posttest Design was used in this phase. The subjects were randomly assigned to be the experimental and control group. The experimental group was taught with the CPS learning model while the control group did not receive any treatment. The data were gathered by using the learning achievement test, the scientific creativity test, the creative problem solving test, the creative problem solving self-assessment form, and the scientific attitude inventory.

Conclusions

The research findings were presented in the following sections:

Phase 1: Studying basic data and related literatures

The study the basic data consisted of two methods: 1) the study of relevant literature for this study and 2) the interviewing science teachers who were teaching in science at Borabuwittayakhan School and Wungplado School about problems and needs for science instruction in terms of 1) the content of science 2) the instruction/pedagogy 3) the instructional materials 4) the timing and 5) other comments and suggestions. The results of this phase found that the five essential features of inquiry and creative problem solving approach were a suitable approach to develop the CPS learning model.

Phase 2: Developing the CPS Learning Model and Research Tools

The researcher developed the CPS learning model based on five essential features of inquiry and creative problem solving approach. Also, this learning model was

based on the results of interviewing the science teachers. The researcher developed learning units following the CPS learning model steps. They were also based on the 3th standard strand of Thai National Education Standard. The CPS learning model consisted of five steps: 1) engaging, 2) problem exploring, 3) solutions creating, 4) plan executing, and 5) concepts examining. Moreover, the results of examining efficiency of the CPS learning model and the instructional materials showed that all components of the learning model were related to each other. Additionally, comments and suggestions from the experts were used to improve the CPS learning model and other instructional materials such as wording and pictures in the student's guide books and the instructional plans, examples and situations in instructional materials and questioning in students' guide books. After the revision, the learning units of the CPS learning model were conducted in the pilot study phase.

Phase 3: Conducting a pilot study

The researcher conducted a pilot study to a seventh grade mixed student achievement levels-classroom which composed of 54 students at Sarakhampittayakhom School, Mahasarakham province, in the first semester of 2010 academic year. The pilot study was used for 10 periods. The problems from pilot study were divided into three categories as seen in the following;

1. Time consuming: the researcher revised the time used to the appropriateness of the content and activities in each lesson plans and provided the time for waiting for the students to arrive at the classroom.

2. Teacher and students' guide book: the researcher revised the wording in handouts by avoiding the ambiguity, adding more details and giving more examples of each content as well as adding pictures related to the contents by emphasizing the pictures or situation that they were familiar with. Furthermore, the scientific journal including in the students' guide book should be shorter and easier for students to gain more understanding.

3. Instructional materials and equipment: The researcher provided more materials and equipment in the implementation phase and used the easy and affordable materials that could be found from daily life.

Phase 4: Implementing the CPS learning model

The data of this phase was collected to test the research hypotheses which indicated the effectiveness of the CPS learning model and the results as can be seen in the following:

Hypothesis I: There is interaction between the learning models and the students' prior knowledge levels that affects the students' creative problem solving skill.

The results showed that:

1. The learning models affecting students' creative problem solving skill were significant at the .05 level. Additionally, the students who learned through the CPS learning model had higher mean scores of creative problem solving skill than the students who learned through the conventional learning model.

2. The students' prior knowledge levels affecting students' creative problem solving skill were significant at the .05 level. Additionally, there were significant difference between the group of (1) high prior knowledge level and medium prior knowledge level and (2) high prior knowledge level and low prior knowledge level.

3. The interaction between the learning models and students' prior knowledge levels on students' creative problem solving skill was not significant at the .05 level. The data did not support the first research hypothesis because there was no interaction between the learning model and students' prior knowledge levels.

In conclusion, the results did not support the first research hypothesis.

Hypothesis II: The students' learning achievement, scientific creativity skill, creative problem solving skill, and scientific attitudes of the experimental group after learning has higher scores than the control group with a statistically significant difference.

The results can be seen in the following:

1. The overall mean scores of learning achievement between the experimental and control group were significantly different at the .05 level. Considerably in each level of learning achievement, the results indicated that, in the level of "recall and reproduction", the students who had learned through CPS learning model and the students who had learned through the conventional learning model were not significantly different at the .05 level. However, in the levels of "skills and concepts", "strategic thinking", and "extended thinking", the result indicated that the students who had learned through the CPS learning model had higher scores than the students who had learned through the conventional learning model. In other words, the CPS learning model could enhance the students' deepened understanding of scientific concepts better than the conventional learning model.

2. The overall mean scores and all aspects of scientific creativity between the students in the experimental and control group showed that they were significantly different at the .05 level. This indicated that students who had learned through the CPS learning model gained higher posttest scientific creativity scores than the students who had learned through the conventional learning model. In other words, the CPS learning model could enhance the students' scientific creativity skill better than the conventional learning model.

3. The overall mean scores and all aspects of creative problem solving between the students in the experimental and control group showed that they were significantly different at the .05 level. This indicated that students who had learned through CPS learning model gained higher posttest creative problem solving scores than the students who had learned through the conventional learning model. In other words, the CPS learning model could enhance the students' creative problem solving skill better than the conventional learning model.

4. The overall students' scientific attitudes mean scores between the students in the experimental and control group indicated that they were significantly different at the .05 level. Considerably in each statement of scientific attitudes, the results indicated that the aspects of "scientific knowledge" and "functions of science" between the students who had learned through CPS learning model and the students who had learned through the conventional learning model were not significantly different at the .05 level. The results of students' scientific attitudes mean scores in the aspects of "almighty of science and scientists", "scientific methodology", "science liberal education", and "science interests and science careers" between the students who had learned through the CPS learning model and the students who had learned through the conventional learning model were significantly different at the .05 level. In other words, the CPS learning model could enhance the students' scientific attitudes better than the conventional learning model.

5. Additionally, the creative problem solving self-assessment showed that there was a significant difference of mean scores among groups at the .05 level. Moreover, it was found that at the beginning of instructional implementation, the students' mean scores were slightly increasing while, after instructional implementation, the students' mean scores were considerably increasing. Conversely, the students who had learned through the CPS learning model had a progress in the creative problem solving skill. This result supported the result of the analysis of creative problem solving skill.

In conclusion, the results supported the second research hypothesis.

Hypothesis III: The creative problem solving skill of the students who have different prior knowledge levels after learning through the CPS learning model has statistically significant different scores.

The results showed that students' creative problem solving mean score among group was significant at the .05 level. Additionally, there were significant differences between the group of (1) high prior knowledge level and medium prior knowledge level and (2) high prior knowledge level and low prior knowledge level. The data supported the third research hypothesis.

Comparison the learning achievement, scientific creativity, creative problem solving, and scientific attitudes between the pretest and posttest scores of the students with the different prior knowledge levels of the experimental group.

The comparison the pretest and posttest scores of the students' learning achievement, scientific creativity, creative problem solving, and scientific attitudes of the students with the different prior knowledge levels of the experimental group showed that the posttest scores of all prior knowledge levels increased after completing the CPS learning model. Specifically, they found that the posttest mean scores of learning achievement, scientific creativity, and creative problem solving of the group of high prior knowledge level were explicitly higher than the groups of medium and low prior knowledge level. It was only the scientific attitudes that the posttest mean scores were not different among the groups of different knowledge levels.

Discussions

The following are discussions on the study results:

Hypothesis I: There is interaction between the learning models and the students' prior knowledge levels that affects the students' creative problem solving skill.

The result showed that there was no interaction between the learning models and the students' prior knowledge levels. This indicated that the learning model and the students' prior knowledge levels did not affect the students' creative problem solving skill. Similarly, Yatuam (2005: abstract) studied the interaction between types of learning management and basic scientific knowledge on learning outcome, scientific problem solving

ability and metacognitive ability. The results revealed that the interaction between types of learning management and basic scientific knowledge was not found. Also, Tratnyek (1996: online) studied the effects of prior knowledge and instructional patterns (Ausubel's advance organizers, and instructional conversations) on academic achievement and metacognition in Global Studies. Eighty-nine female ninth-grade students in a private, college preparatory school in a metropolitan area were classified as having either high or low prior knowledge levels by results of a pretest. The results indicated that no significant interactions were found between prior knowledge levels and instructional patterns on the students' academic achievement in Global Studies, or between prior knowledge levels and instructional patterns on metacognition in Global Studies. Also, the result is similar to the finding of Francis (2008: 5-8) which found that there was no significant difference in the chemistry performance of students in the different cognitive levels after they had learned with teacher-directed, and problem-solving instruction. To put it another way, there was no interaction between instructional method and cognitive levels on students' performance in chemistry.

Hypothesis II: The students' learning achievement, scientific creativity skill, creative problem solving skill, and scientific attitudes of the experimental group after learning has higher scores than the control group with a statistically significant difference.

According to the results, the students' learning achievement, creative problem solving skill, scientific creativity skill, and scientific attitudes posttest mean scores between the experimental group and control group were significantly different at the .05 level. Also, the results supported the second research hypothesis.

Regarding the activities based the CPS learning model which developed base on five essential features of inquiry and creative problem solving approach, the students were allowed to focus on discussing and debating on the problem situations, creating solutions, conducting plan of their own design and constructing the explanations as a small group, and examining their explanations with scientific knowledge. Moreover, they had an opportunity to share their ideas in every step. Furthermore, the environment of the CPS classroom concentrated on a safe environment and friendly atmosphere that allowed creative expression and unusual responses. As a result of these procedures, the students gained a deepened understanding of scientific concepts as well as higher thinking skill; creative thinking and problem solving and also more positive scientific attitudes. Details of each dependent variable were discussed as follows:

1. Learning achievement

The overall mean scores of learning achievement of the students who had learned through the CPS learning model were significantly higher than the students who had learned through the conventional learning model. The result was similar to the findings of Myrmet (2003:25-26) and Wood (2006:21-32), which stated that creative problem solving approach was the methodology to develop materials for teaching and learning which took problem solving well above the level of algorithmic manipulation and into the realm of creativity. Moreover, it could be feasible and useful in the classroom that could promote the students' cognitive learning outcome and also creative thinking and problem solving skill. Moreover, this supported Dobbs (2008) that integrated the inquiry approach with problem-based learning concerning in chemistry. This study found that this instructional could improve student achievement in high school chemistry to a greater degree than traditional teaching methods. In addition, using this instructional, the students could understand the deep scientific concept and apply the concept for problem solving.

As seen from the research results, both the experimental group and control group were not different in their basic intellectual skill, namely, "recall and reproduction" level. On the contrary, both groups of students were significantly different in their higher intellectual skills that were "skill and concepts", "strategic thinking", and "extended thinking". Thus, this result was consistent with numerous research studies which indicated problems in Thailand's science education that had been unsuccessful in promoting higher order thinking, especially creative thinking skill and problem solving skill (Katesing. 2005; Klainin.2006; NIETS.2007; NIETS.2008; IPST.2009).

Also, this result confirmed the strength of CPS learning model that was more effective than the conventional learning model in terms of promoting higher order intellectual learning skills or learning achievement.

2. Scientific creativity skill

The overall mean scores and all aspects of scientific creativity skill of the students who had learned through the CPS learning model were significantly higher than the students who had learned through the conventional learning model. Loehle (1990: 242) proposed that many instructional strategies could definitely promote creativity among the students. Particularly, in science subjects, creativity is important and is necessary to teach. In the same way, activities in science subjects could support students' creativity more than other subjects (Torrance. 1987; Park; & Seung, 2008: 45). Regarding the learning activities

based the CPS learning model, the researcher created lesson plans by using various types of instructional strategies under the five essential features of inquiry and creative problem solving approach, and emphasized group discussion for sharing and generating the novel things. Consequently, the students who had learned through the CPS learning model could improve their students' scientific creativity skill. This result was in agreement with the previous study indicating that the scientific intervention program, Cognitive Acceleration through Science Education (CASE), focusing on the problem solving approach could promote the overall development of scientific creativity of secondary school students (Lin; & et.al. 2003: 143-162).

Moreover, the students' behaviors and work sheets could confirm that the students who had learned through the CPS learning model had progress in the scientific creativity skill. In the CPS process, the students showed their scientific creativity skill in every step of the CPS learning model such as posing a lot of questions, creating many solutions, and designing alternative plans for solving problems. Additionally, in work sheet of the Ruam Duay Chuay Kan Kid, activity supported the scientific creativity skill as the student in each group showed task commitment and high motivation in doing this activity. These results showed that the CPS learning model had potential to promote the students' scientific creativity skill.

3. Creative problem solving skill

The overall mean scores and all aspects of creative problem solving skill of the students who had learned through the CPS learning model were significantly higher than the students who had learned through the conventional learning model. Particularly, the activities based on CPS learning model carrying belong to a safe environment and friendly atmosphere. They focused on the students practicing the problem solving skill that goes along with the creativity skill. Consequently, the CPS learning model could enhance the creative problem solving skill. This result was in line with the previous study indicating that the creative problem solving approach was the powerful approach for adaptation into science instructional strategies to enhance thinking skills, especially creative problem solving skill (Sanfilippo.1993: Abstact; Kim. 2007: Abstract; and Cheng; & et.al .2007: 569-591).

Furthermore, the work sheet of the Detective Project, activity supported the creative problem solving skill, could support that the students had a progress in creative problem solving skill when they had learned through the CPS learning model. The students'

work sheets of each group of students indicated that they could solve a problem following the CPS step, and they shared and discussed many ideas all the time. Finally, every group could solve the problem and succeeded with excellent solutions. Also, their presentation was equally good. These results showed that the CPS learning model had potential to promote the students' creative problem solving skill.

Additionally, the result of analysis the creative problem solving self-assessment form showed that there was a significant difference of mean scores among the groups at the .05 level. Furthermore, it showed that, in the beginning of measurement, the students' mean scores were slightly increasing while later measurement showed the students' mean scores were noticeably increasing. That may be because in the earliest period of implementing the CPS learning model that was regarded as the new learning model, the students were not familiar with the CPS learning model. The students remained familiar with the conventional learning model. As a result, they still had shyness and also lacked courage to do the scientific activities. This statement was supported by Kongpan (2003: online), who claimed that, in the first phase of using any learning processes, the students may have less experience, so they need more time to become familiar with the learning procedure, or to do more practice. However, this result indicated that the students had a progress in creative problem solving skill while assessing themselves. This finding could assure that the CPS learning model was an effective learning model.

4. Scientific attitudes

The overall mean scores of scientific attitudes of the students who had learned through the CPS learning model were significantly higher than the students who had learned through the conventional learning model. The result supported the article of Adesoji (2008: 21-24) that claimed the students who had learned through the problem solving instructional strategy developed more positive scientific attitudes after treatment. Furthermore, Almaarify (2007: abstract) stated that the inquiry approach can promote the students' scientific attitudes. Moreover, the students' messages which were given to the instructor after completing the CPL learning model implementation indicated that the students had positive scientific attitudes. The examples of message were shown as follows: "I had fun and feel happy when I do activities in science classroom.", "It is enjoyable to do the experiment.", "I like to play scientific games.", "I am looking forward to the science period.", "Scientific activities make me have more friends.", and etc.

However, considering each statement of scientific attitudes, it was found that the mean scores of “scientific knowledge” and “functions of science” of the students who had learned through the CPS learning model were not significantly different with the students who had learned through the conventional learning model. The aspect of “scientific knowledge” stated that scientific theories are subject to change and, and the aspect of “functions of science” stated that science is an idea-generating activity can refer to nature of science. There was a research study indicating that one half of high school students hold misconceptions of the nature of science. They also hold the view that scientific theory was reality that was discovered by scientists instead of being invented (Ryan; & Aikenhead. 1992). In order to achieve the nature of science, curricula and instructions must explicitly address nature of science. Nevertheless, in this study, the learning activities based on the CPS learning model still failed to concentrate on the nature of science. The activities did not emphasize students focusing on view of science information and methods as it was changeable. As a result, the mean score of both statements between the students who had learned through the CPS learning model and students who had learned through the conventional learning model was not different as there was the students’ inadequate understanding in nature of science.

With regard to the learning outcomes, they confirm that the CPS learning model was a suitable model to teach students because this learning model provided them with an opportunity to gain more deepened understanding of scientific concepts as well as enhanced creative thinking and problem solving skills, including promoted scientific attitudes. Therefore, the learning activities of the CPS learning model were good activities for use with teaching science in the classroom.

Hypothesis III: The creative problem solving skill of the students who have different prior knowledge levels after learning through the CPS learning model has statistically significant different scores.

The results showed that students’ creative problem solving mean score among group was significant at the .05 level. Considering the mean scores of the students’ creative problem solving with the different prior knowledge levels, they indicated that the group of high prior knowledge level was obviously different from the groups of medium and low prior knowledge level. On the contrary, the mean score of group of medium prior knowledge level was similar to that of the group of low prior knowledge level. The result may have been caused by the CPS learning model process that focuses on practicing students’ creative

thinking skill and also logical thinking in harmony within a safe environment and friendly atmosphere. The activities based on the CPS learning model provided the students with an opportunity to work with their co-operative friends. The students had to discuss, share, and make conclusion with others in every step of learning model. Therefore, the students had become comfortable with expressing unusual responses without fear of ridicule that was the important thing of practice creative thinking. While making conclusion, the students had to strongly illustrate the evidence and reasons to support their ideas, which helped them practice a logical thinking. Consequently, the students who already had high cognitive potential can learn very fast and have task commitment. They may have more potential in creative problem solving skill (Mednick.1962:220-232; Tang.1986:226-250; Waiyarod.2007: 84). This results supported the study of Hyung (2008) which indicated that the creativity problem solving skill has a relationship with the person's intelligence quotient. The high cognitive knowledge person has more chance to succeed in the mental process that concerns with the left and right brain working together.

However, this result could remark that the CPS learning model enhanced the creative problem solving skill among the students, although the potential of the CPS learning model for promoting a creative problem solving skill was slightly different depending on the prior knowledge levels.

Comparison the learning achievement, scientific creativity, creative problem solving, and scientific attitudes between the pretest and posttest scores of the students with the different prior knowledge levels of the experimental group.

According to the results, the comparison of the pretest and posttest scores of the learning achievement, scientific creativity, creative problem solving, and scientific attitudes of the students with the different prior knowledge levels showed that they had increasing scores after completing the CPS learning model. Particularly, the group of high prior knowledge level was obviously higher than others. As seen earlier, the findings of this study confirmed that the CPS learning model was effective in enhancing the students' learning achievement, scientific creativity skill, creative problem solving skill, and scientific attitudes, especially the students who have high prior knowledge level such as scientifically gifted and talented students. In regard to the learning activities based on the CPS learning model, students were allowed to focus on discussing and debating the problem situations, finding the solutions, planning and conducting experiments their own design in a small group, and finally constructing their concepts from the evidence that they had collected. The

students then presented their findings' experiments and projects. Moreover, the students were forced to express unusual responses as well as to illustrate the evidence and reasons to support their responses in every step of the CPS learning model. As a result of these procedures, the students gained a deepened understanding of science concept, higher scientific creativity, higher creative problem solving, and more positive scientific attitudes, especially the students who had a high prior knowledge level. The important thing that the high prior knowledge level's students who already have high potential gained more power to accomplish is that they can learn very fast, become more confident to complete the assignments, and have task commitment. The results was supported by Van Tassel-Baska (1998. online) that claimed how planning science programs for high ability learners should focus on inquiry, higher-order thinking, and science process skill. Furthermore, Waiyarod (2005) stated that the 4E-C learning model which provided the students with an opportunity to carry out independent study, plan and design, conduct experiments, analyze data, transform data, make graph from data, and construct new physics model from their study is a suitable learning model for the scientifically gifted students because the students could fulfill their high potential, especially their creative productivity by using this model.

Recommendations

The development and implementation of CPS learning model was aimed at promoting a deepened understanding and creative problem solving skill of seventh grade students. To further enhance the effectiveness of this learning model and to stimulate students to achieve in all expected learning outcomes, the researcher recommended the following:

1. General Recommendation

1.1 The educational administrators should give an increased attention to learner-centeredness and should encourage teachers to have knowledge in designing activities based on learner-centeredness and should provide budget support for creating the instructional materials. Teachers should receive training in developing instructional materials, instructional techniques, and learning management in classroom including using a variety of instructional activities. The director or school administrators should organize workshops for teachers to enhance the knowledge and understanding of learner-centered approaches, a curriculum development, instructional techniques, assessment and

evaluation, particularly authentic assessment so that teachers will be able to teach more effectively.

1.2 The CPS learning model could be used for other science contents or topics and other levels such as physics, biology, astronomy, and chemistry as this model could improve the students' learning outcomes such as learning achievement, creative problem solving skill, scientific creativity skill, and scientific attitudes. In addition, this learning model focuses on implementing the learning process within a friendly atmosphere that makes the students feel happy and fun to learn. However, the teacher should consider contents, situations and objectives to fit their topics or subjects.

1.3 Science teachers should study the CPS learning model documents first such as the lesson plans and the instructional materials in order to make instruction more effective. Moreover, the teacher should prepare learning instruments and instructional materials that support the learning activities including their understanding in the activity and content before going to the classroom. Also, the teacher has to be flexible as to time allocation that fits the activity in each step of CPS learning model. For the plan executing step, the students usually take long time for completing; therefore, the teacher has to pay more attention to this step and encourage the student to provide their explanation.

1.4 Before the instruction, the teacher should explain the features of the CPS learning model, the teacher's role and the students' role including criteria of evaluation to students in order to motivate students' learning. This also improves the CPS learning model to be more effective.

1.5 For application of this learning model to be the most successful, the students should have teachers facilitate them most of the time. The teachers have to set up and check some equipment for laboratory experiment before class and prepare extra and necessary instrument just in case students ask for. Moreover, the teachers should have enough time for students even outside of class time.

1.6 Science teachers who adapt the CPS learning model with other contents should use other instructional techniques such as cooperative learning, lecture, question/answer, and multi-media that are appropriate for the CPS learning model. Moreover, the teacher should address the difficulty of the content including deciding the problem situation that goes along with the content connected to their real life, and making sure students are ready to learn.

2. Recommendation for further studies

2.1 Further studies should consider the content change from matter and properties of matter to other contents. Also, further studies should change the content from chemistry to physics, biology, or any other science area.

2.2 When each step of CPS learning model was considered, there were still some problems, especially about time allocation. There was a time limitation when students wanted to spend more time for discussion to reach the goal of each step. So, further studies should allocate the time for each step more suitably.

2.3 Further studies should seriously consider to integrate nature of science in developing learning activities based on the CPS learning model. As a result, the students should understand nature of science within the scientific concepts that help gain more positive scientific attitudes.

2.4 Further studies should be aimed to investigate the learning achievement, scientific creativity and creative problem solving skill of students in group of the same level of prior knowledge level.

2.5 Because the finding of this study indicated that the CPS learning model obviously impacted the students who had high prior knowledge level, further studies should concentrate on implementing the CPS learning model with the scientifically gifted and talented students.

2.6 Further studies should integrate other subjects such as mathematics, physics, biology, and social studies in the scientific problem situation of the activity based on the CPS learning model because the students should see the connection between the areas and integrate them to solve the problem. Due to the problem in the real life that is more complex, the good problem solver should integrate knowledge from many subjects to find the best solution to the problem.



Bibliography

- Abruzzo, E. (1987). *The Influence of Training Creative Thinking*. Dissertation, Ed.d.(Curriculum and Instruction). Hempstead: Graduate College; Rostra University. Photocopies.
- Adesoji, F.A. (2008). Managing Students' Attitude Towards Science through Problem – Solving Instructional Strategy. *Anthropologist*. 10(1): 21-24.
- Almaarify, Haslinda. (2007). *Effects of Science Instruction Using Inquiry Cycle Combined with Concept Mapping on Learning Achievement in Science and Attitude Towards Science of Students*. Master thesis, M.Ed.(Science Education). Pattanee: Graduate School; Prince of Songkla University. Photocopies.
- Amabile, T. M. (1983). *The Social Psychology of Creativity*. New York: Springer-Verlag.
- Amos, S. (2002). *Aspects of Teaching Secondary Science*. New York: Routledge.
- Anderson, R.D. (2007). Inquiry a N Organizing Theme for Science Curricula. In S.K. Bell & N.G. Lederman(Ed.),*Handbook of Research on Science Education*. Mahwah, N.J.: Laerence Erlbaum Associates.
- Ashmore, A.D; Frazer, M.J; & Casey, R.J. (1979). Problem-Solving and Problem-Solving Networks in Chemistry. *Journal of Chemical Education*. 55(6): 377-379.
- Barrows, H.S. (1986). A Taxonomy of Problem-Based Learning Methods. *Medical Education*. 20(7): 481-486.
- Basadur, M.; & Hausdorf, P. A. (1996). Measuring Divergent Thinking Attitudes Related to Creative Problem Solving and Innovation Management. *Creativity Research Journal*. 9(1): 21-32.
- Bealkley, G.C; & Chilton, E.G. (1974). *Design, Serving the Needs of Man*. New York: Mecomillan.
- Bhumirat, Chinnapat; & ONCE Working Group. (2001). *Policy Research for Science Education Reform in Thailand*. Executive Summary.
- Boden, M. A. (1994). *Dimensions of Creativity*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Bound, D.; & Feletti, G. (1991). The Challenge of Problem-Based Learning. London: Kogan Page.
- Camins, A. (2001). *Dimensions of Inquiry*. Foss Newslwtter,18. Retrieved November 12, 2008, from <http://lhsfoss.org>.
- Cardellini, Liberato. (2006). The Development of Creative Problem Solving in Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*. 7(2): 131-140.

- Cattell, R. B. (1971). *Abilities: Their Structure, Growth and Action*. New York: Houghton Mifflin.
- Cheng, Ying-Yao; Liu, Kun-Shia; & Chang, Chuan-Muh. (2007). The Effect of Creative Problem Solving Instruction on Elementary Schools Science Lessons Chinese. *Journal of Science Education*. 15(5): 569-591.
- Chin, C.; & Chia, L. (2004). Problem-Based Learning: Using Students' Questions to Drive Knowledge Construction. *Science Education*. 88(5): 707-727.
- Chittleborough, Gail D.; Treagust, David F.; & Mocerino, Mauro. (2002). Constraints to the Development of First Year University Chemistry Students' Mental Models of Chemical Phenomena. *Teaching and Learning*. n.d.(n.d.).
- Cobb, P. (2000). Constructivism. *Encycopedia of Ppshchology*. 2(1): 222-279.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *The Domain of Creativity*. In M. A Runco and R. S. Albert(Eds.), *Theories of Creativity*. Newbury Park, CA: Sage.
- D'Zurilla, Thomas J.; Chang, Edward C. ; & Sanna, Lawrence J. (2001). Self-Esteem and Social Problem Solving as Predictors of Aggression in College Students. *Journal of Social and Clinical Psychology*. 22(4): 424-440.
- Devries, R., Kohlberg,L (1987). *Programs of Early Education: The Constructivist View*. New York: Longman.
- Dobbs, Vicki. (2008). *Comparing Student Achievement in the Problem-Based Learning Classroom and Traditional Teaching Methods Classroom*. Dissertation, Ed.D. (Teacher Leadership). Minnesota: Graduate College; Walden University. Photocopies.
- Einstein, A; & Infeld, L. (1938). *The Evolution of Physics*. New York: Simon &Schuster.
- Francis, A. Adesoji. (2008). Students' Ability Levels and Effectiveness of Problem-Solving Instructional Strategy. *The Social Science Journal*. 17(1): 5-8.
- Gagné, R. M. (1985). *The Conditions of Learning*. New York: Holt, Rinehart and Winston. .
- Gall, Meredith D; Borg, Walter R; & Gall, Joyce P. (1996). *Educational Research : An Introduction*. 2nd ed. New York: Longman.
- Gardner, H. (1999). *Intelligence Reframed :Multiple Intelligences for the 21st Century*. New York: Basic Books.
- Gardner, P. L. (1975). Attitudes to Science. *Studies in Science Education*. 2(1): 1-41.
- Getzels, J. W. (1975). Problem-Finding and the Inventiveness of Solutions. *Journal of Creative Behavior*. 9(1): 12-18.
- Getzels,J.W; & Csikszentmihalyi, M.(1976). Scientific Creativity. *Science Journal*. 3(1):80-84.
- Gordon,W. (1961). *Synectica : The Development Of Creative Capacity*. New York: Harper.

- Gorman, C.K. (1989). *Creativity in Business: A practical Guide for Creative Thinking*. Los Altos, CA: Crisp.
- Greenwald, N. L. (1982). *Beyond Purely Divergent Thinking: Another Facet of Creativity*. Retrieved August 18, 2010, from <http://www.proquest.umi.com>
- Grossman, S.R; Rodgers, B.E; & Moore, B.R. (1988). *Unlocking Creativity in the Workplace*. Plano,Texas: Wordware Publishing.
- Guilford, J.P. (1950). Creativity. *American Psychologist*. 5(6): 444-454.
- Guilford, J.P. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- Guilford, J.P. (1987). Creativity Research: Past, Present, and Future. *American Psychologist*. 5: 444-454.
- Gunstone, R., and White, R. (1994). *The Content of Science: A Constructivist Approach to Its Teaching and Learning*. London: McGraw-Hill.
- Hammett, Kerry. (2005). *Student-Centered Teaching in the Chemistry Classroom*. Thesis, B.Sc.(Chemistry). Stillwater: Graduate College; Oklahoma State University. Photocopies.
- Hanson, David; & Wolfskill, Troy. (2000). A New Model for Instruction. *Journal of Chemical Education*. 77(1): 120-130.
- Harris, Robert A. (2002). *Creative Problem Solving: A Step-by-Step Approach*. Pyrczak, Los Angeles : USA.
- Hartley, J. (1998). *Learning and Studying: A Research Perspective*. London: Routledge.
- Hess, Karin K. (2006). *An Approach for Item Development to Assess Scientific Inquiry*. Retrieved November 10, 2008, from <http://www.nciea.org>
- Hess, Karin K. (2007). *Applying Webb's Depth of Knowledge (DOK) Levels in Science* Retrieved August 18, 2008, from <http://www.nciea.org/publications>
- Hillis, Patrick M.; & Puccio, Gerard J. (1999). *Literature Analysis of the Interdisciplinary Applications of Creative Problem Solving*. Retrieved February 27, 2007, from <http://www.buffalostate.edu/orgs/cbir/readingroom/html>
- Hitt, Austin; & Townsend, Jeffery Scott. (2004). Models That Matter. *The Science Teacher*. 71(3): 29-31.
- Hmelo-Silver, C.E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*. 16(7): 235-266.
- Holmes, F. L. (1985). *Lavoisier and the Chemistry of Life: An Exploration of Scientific Creativity*. Madison, Wisconsin: The University of Wisconsin Press.

- Hu, Weiping ; & Adey, Philip (2002). A Scientific Creativity Test for Secondary School Students. *International Journal of Science Education*. 24(4): 390-403.
- Hudson, L. (1966). *Contrary Imaginations*. London: Methuen.
- Hyung, Hee Kim. (2008). Meta-Analyses of the Relationship of Creative Achievement to Both Iq and Divergent Thinking Test Scores. *Journal of Creative Behavior*. 42(2): 106-130.
- Isaken, S.G.; Dorval, K.B.; & Treffinger, D.J. (2000). *Creative Approach to Problem Solving*. Dubuque, IA: Kendall/Hunt.
- Isaken, S.G; & Treffinger, D. J. (1985). *Creative Problem Solving the Basic Course*. Buffalo, NY: Bearly.
- Isaksen, S. G; & Treffinger, D. J. (2004). Celebrating 50 Years of Reflective Practice: Versions of Creative Problem Solving. *Journal of Creative Behavior*. 38(2): 75-101.
- Jenjitt, Apunchanit. (2003). *Instructional Activities on Geometry through Creative Problem Solving for Upper – Elementary Mathematically Talented Students*. Dissertation, Ed.D.(Mathematic Education). Bangkok: Graduate School; Srinakarinwirot University. Photocopies.
- Jeon, Kyungmoon; Huffma, Douglas; & Noh, Taehee. (2005). The Effect of Thinking Aloud Pair Problem Solving on High School Students' Chemistry Problem Solving Performance and Verbal Interactions. *Journal of Chemical Education*. 82(10): 1558-1564.
- Kaitechotchai, Paipan. (2002). *Concept of Distance Education*. Bangkok: Education.
- Katesing, Vichain. (2005). *The Report of External Quality Assessment: The Office for National Education Standards and Quality Assessment (Public Organization)* . Retrieved March 23, 2009, from <http://www.onesqa.or.th/>
- Kerlinger, N.F.; & Lee, B.T. (2000). *Foundations of Behavioral Research*. 4th ed. Florida: Harcourt.
- Khan, Paul. (2006). An Experimental Study to Determine the Effect of a Selected Procedure for Teaching the Scientific Attitudes to Seventh and Eighth Grade Boys through the Use of Current Events in Science. *Science Education*. 46(2): 115-127.
- Kim, Alexander Darwin. (2007). *Effect of Instruction in Creative Problem Solving on Cognition, Creativity, and Satisfaction among Ninth Grad Students in an Introduction to World Agricultural Science and Technology Course*. Dissertation, M.Ed. (Agricultural Science). Texas: Graduate College; Texas Tech University. Photocopies.

- Kim, Sung-Ha. (2003). *Development and Application of the Teaching Program About Plant Hormone Based on the Creative Problem Solving Model*. Korea National University of Education. Retrieved March 23, 2009, from [http:// abstracts.aspb.org](http://abstracts.aspb.org).
- Klainin, Sunee. (2006). *Learning for Tomorrows World*. Bangkok: The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST).
- Koberg, D; & Bangnall, J. (1981). *The All View Universal Traveler*. Los Altos, CA: William Kaufmann.
- Kolkhorst, Fred W.; & et al. (2001). An Inquiry-Based Learning Model for an Exercise Physiology Laboratory Course. *Advance Physiology Education*. 25(1): 45-50.
- Kongpun, Nitaya. (2003). *The Development of Science Learning Process in Prathom 6 by Work Sheet*. Retrieved May 2, 2011, from <http://www.thaiedresearch.org>
- Lin, Chongde; & et.al. (2003). The Influence of Case on Scientific Creativity. *Research in Science Education*. 33(1): 143-162.
- Loehle, Craig. (1990). A Guide to Increased Creativity in Research-Inspiration or Perspiration. *Reprinted with Permission from Bio-Science*. 40(2): 123-129.
- Lowe, Pam. (n.d.). *Depth of Knowledge : What Does It Mean for Teachers and Students?* Retrieved November 16, 2009, from <http://my-ecoach.com/modules/custombuilder>
- Lubart, T. I. (1994). *Creativity*. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of Perception and Cognition: Thinking and Problem Solving*. New York: Academic Press.
- Lumsdaine, Edward; & Lumsdaine, Monika. (1995). *Creative Problem Solving: Thinking Skill for a Changing World*. New York: McGraw-Hill INC.
- Mackworth, Norman H. (1965). Cognitive Development in Adulthood : A Fifth Stage? *American Psychologist*. 20(1): 51-65.
- Mager, R. (1968). *Developing Attitude toward Learning*. Belmont, CA: Fearon.
- Maraviglia, R. L.; & Kvashny, A. (2006). *Managing Virtual Changes: a Guide to Creative Problem-Solving in the Design Professions*. Bloomington, Indiana: Author House.
- Marx, Ronald W.; et al. (2004). Inquiry-Based Science in the Middle Grades: Assessment of Learning in Urban Systemic Reform. *Journal of Research in Science Teaching*. 41(10): 1063-1080.
- Mcombs, Michelle (2007). *Preliminary Use of an Assessment for Scientific Inquiry Creativity*. Baltimore, MA: Academic Press.
- Mcintosh, Joel E.; & Meacham, April, W. (2007). *Creative Problem Solving in the Classroom*. Waco, Texas: Prufrock Press.

- Meador, K. (2003). Thinking Creatively About Science: Suggestions for Primary Teachers. *Gifted Child Today*. 26(1): 25-29.
- Mednick, S. A. (1962). The Associative Basis of the Creative Process. *Psychological Review*. 69(9): 220-232.
- (1962). The Associative Basis of the Creative Process. *Psychological Review*. 96(4): 220-232.
- Miller, L.C. (1994). Integrating the Cps and School wide Enrichment Models to Enhance Creative Productivity. *Roeper Review*. 17(1): 4-7.
- Ministry of Education Thailand. (2006). *Basic Education Curriculum B.E.2544(A.D. 2001)*. Bangkok: The Express Transportation Organization of Thailand.
- Mohamed, Ahmed. (2006). *Investigating the Scientific Creativity Of Fifth-Grade Students*. Dissertation, Ph.D.(Special Education). Arizona: Graduate College; The University of Arizona. Photocopies.
- Moore, Richard W.; & Foy, Rachel Leigh Hill (1997). The Scientific Attitude Inventory: A Revision (SAI II). *Journal of Research in Science Teaching*. 34(4): 327-336.
- Myrmel, Mary Kay. (2003). *Effect of Using Creative Problem Solving in Eighth Grade Technology Education Class at Hopkins North Junior High School*. Thesis, M.Sc. (Industrial/Technology Education). Stout: Graduate School; University of Wisconsin - Stout. Photocopies.
- Nakhleh, Mary B.; & Mitchell, Richard C. (1993). Concept Learning Versus Problem Solving. *Journal of Chemical Education*. 70(3): 190-192.
- National Institute of Educational Testing Service (Public Organization). (2007). *Basic Statistical Values of O-Net*. Retrieved September 6, 2009, from <http://www.niets.or.th>
- (2008). *Basic Statistical Values of O-Net*. Retrieved December 1, 2009, from <http://www.niets.or.th>
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Nersessian, N. J. (1993). *How Do Scientists Think? Capturing the Dynamics of Conceptual Change in Science*. Cambridge, Mass: the MIT Press.
- Noh, Taehee. (1995). *The Instructional Influence of Pictorial Presentation of Matter at the Molecular Level on Students' Conceptions and Problem Solving Ability*. Dissertation, Ph.D.(Curriculum and Instruction). Manhattan: College of Education; Kansas State University. Photocopies.

- Noll, V.H. (1935). Measuring the Scientific Attitude. *Journal of Abnormal and Social Psychology*. 30(1): 1-7.
- Nurrenbern, Susan C.; & Miles, Pickering. (1987). Concept Learning Versus Problem Solving : Is There a Difference? *Journal of Chemical Education*. 64(6): 508-510.
- Ochse, R. (1990). *Before the Gates of Excellence: The Determinants of Creative Genius*. Cambridge, London Cambridge: University Press.
- Osborn, A. F. (1963). *Applied Imagination: Principles and Procedures of Creative Thinking*. 3 ed. New York: Charles Scribner's Sons.
- Osterlind, Steven J. (1998). *Constructing Test Items : Multiple-Choice, Constructed-Response, Performance, and Other Formats*. Boston: Kluwer Academic Press.
- Overa, Gerlinde; Elkins, Jennifer; & Walkup, John R. (2009). *Depth of Knowledge in the 21st Century*. Retrieved September 6, 2009, from <http://www.seenmagazine.us>
- Panmanee, Aree. (1998). *Creative Thinking*. Bangkok: 1412 Publishing.
- Park, Soonhye; & Seung, Eulsun. (2008). Creativity in the Science Classroom. *The Science Teacher*. 35(5): 45-48.
- Parns, S.J. (1981). *Visionizing*. East Aurora, NY: D.O.K. Publishers.
- Paul, Richard W. (1990). *Critical Thinking: What Every Person Needs to Survive in a Rapidly Changing World*. Rohnert Park, CA: Sonoma State University Press.
- Pengwong, Chiraporn. (2005). *Science Learning Achievement and Problem Solving Ability of Mathayom Suksa 1 Students Taught through Inquiry Method and Enriching Creative Problem Solving Process Activities*. Thesis, M.Ed.(Science Education). Chaingmai: Graduate School; Chaingmai University. Photocopies.
- Peterson, R. F.; & Treagust, D. F. (1998). Learning to Teach Primary Science through Problem-Based Learning. *Science Education*. 82(2): 215-237.
- Phelps, Amy J. (1996). Teaching to Enhance Problem Solving. *Journal of Chemical Education*. 73(4): 301-304.
- Psychtests AIM. (2009). *Arch Profile: Testing Right on Target*. Montreal: QC.
- Puccio, G. J. (1999). Creative Problem Solving Preferences: Their Identification and Implications. *Creativity and Innovation Management*. 1(8): 171-178.
- Punyain, Kanchulee. (2008). *A Development of the Constructivist Thematic Science Program at Chiangmai Zoo*. Dissertation, Ed.D.(Science Education). Bangkok: Graduate School; Srinakharinwirot University. Photocopies.
- Rawlinson, Geoffrey J. (1983). *Creative Thinking and Brainstorming*. London: Gower Publishing.

- Regina, Conlon Tratnyek. (1996). *The Effects of Prior Knowledge and Instructional Patterns on Academic Achievement and Metacognition in Global Studies*.
Retrieved May 5, 2011, from <http://fordham.bepress.com/dissertations/AAI9631025>
- Rhodes, M. (1961). An Analysis of Creativity. *Phi Delta Kappan*. 42(3): 305-310.
- Rounds, L.R.; & Rappaport, B.A. (2008). The Successful Use of Problem-Based Learning in an Online Nurse Practitioner Course. *Nursing Education Perspectives*. 29(3):12-16.
- Ryan, A.; & Aikenhead, G. (1992). Students' Preconceptions about the Epistemology of Science. *Science Education*. 25(3): 607-692.
- Sanfilippo, Joseph A. (1992). *An Assessment : Models of Teaching and Creative- Problem Solving Style*. Dissertation, Ed.D.(Technology Education). Virginia: Graduate School; West Virginia University. Photocopies.
- Savage, E.; & Sterry, L. (1991). *A Conceptual Framework for Technology Education*. Reston, VA: International Technology Education Association.
- Savery, J.R.; & Duffy, T.M. (1995). Problem Based Learning: An Instructional Model and Its Constructivist Framework. *Educational Technology*. 35(5): 31-38.
- Sawrey, Barbara A. (1990). Concept Learning Versus Problem Solving: Revisited. *Journal of Chemical Education*. 67(3): 253-254.
- Schiever, S. W. (1991). *A Comprehensive Approach to Teaching Thinking*. Massachusetts: Allyn and Bacon.
- Schwab, J. (1996). *The Teaching of Science*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Schmidt, H. G. (1983). Problem-Based Learning: Rationale and Description. *Medical Education*. 17(8): 11-16.
- Shinn, G. (2004). *Thinking About a Research Question*. Texas, A&M University, College Station, TX: Lawrence Erlbaum Associates.
- Simpson, R. D.; Koballa, T. R.; Oliver, J. S.; & Crawley, F. E. (1994). *Research on the Affective Dimension of Science Learning: In Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Gabel D. L. New York: Macmillan.
- Smith, Mike U. (1991). *Toward a Unified Theory of Problem Solving : Views from the Content Domains*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Soderberg, P.; & Price, F. (2003). An Examination of Problem-Based Teaching and Learning in Population Genetics and Evolution Using Evolve, a Computer Simulation. *International Journal of Science Education*. 25(1): 35-55.

- Stepien, W.J.; Gallagher, S.A.; & Workman, D. (1993). Problem-Based Learning for Traditional and Interdisciplinary Classrooms. *Journal for the Education of the Gifted*. 16(4): 338-357.
- Sternberg, R. J; & Lubart, T. I. (1995). *Defying the Crowd: Cultivating Creativity in a Culture of Conformity*. New York: Free Press.
- (1999). *The Concept of Creativity: Prospects and Paradigms*. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of Creativity* Cambridge. UK: Cambridge University Press.
- Tanaprayothesak, Wanida. (2005). *The Development of High School Science Curriculum on Natural Resources and Environmental Pollution Related to Real Life Issues Based on Inquiry Cycle Approach*. Dissertation, Ed.D. (Science Education). Bangkok: Graduate School; Srinakharinwirot University. Photocopies.
- Tang, P. C. (1986). On Creativity and the Structure of Science. *The Creativity and Science*. 2(7): 167-173.
- Taweerat, P. (1997). *The Methodology of Behavioral and Social Research*. 7th ed. Bangkok: Srinakharinwirot University.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2009). *Learning Quality of Thai Students :Synthesized the Evaluation of International Students Pisa 2006 and Timss 2007*. Bangkok: Seven Printing Group.
- (2551). *National Science Curriculum Standards: The Basic Education B.E.2544*. Retrieved September 6, 2009, from kroo.ipst.ac.th
- The ministry of education. (2008). *The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)*. Thailand.
- Torrance, E. P. (1974). *The Torrance Tests of Creative Thinking (Norma-Technical Manual)*. Bensenville, IL: Scholastic Testing Service.
- Torrance, E. P. (1987). Developing Creativity Instructional Materials According to the Osborn-Parnes Creative Problem Solving Model. *Creative Child and Adult Quarterly*. 3(1): 80-90.
- Torrance, E.P. (1988). *The Nature of Creativity as Manifest in Its Testing*. New York: Cambridge University Press.
- Torrance, E.P.; & Orlow, E.B. (1984). *Torrance Tests of Creative Streamlined (Revised) Manual*. Illinois: Scholastic Twisting Service.
- Treffinger, D.J. (2000). *Practice Problem for Creative Problem Solving*. 3rd ed. Waco, Texas: Prufrock Press.

- Treffinger, D. J; Feldhusen, J. F.; & Isaksen, S. G. (1990). Organization and Structure of Productive Thinking. *Creative Learning Today*. 4(2): 6-8.
- Treffinger, D.J.; & Isaksen, S.G. (1985). *Creative Problem Solving : The Basic Course*. New York: Bearly.
- Treffinger, D.J.; & Isaksen, S.G. (1992). *Creative Problem Solving : An Introduction*. Australia: Hawker Brownlow Education.
- Treffinger, Donald J.; & Isaksen, Scott G. (2005). Creative Problem Solving: The History, Development, an Implications for Gifted Education and Talent Development. *Creative Child and Adult Quarterly*. 49(4): 342-353.
- Treffinger, Donald J. ; Isaksen, Scott G.; & Dorval, Brain K. (2003). *Creative Problem Solving :A Contemporary Framework for Managing Change*. Buffalo: Creative Problem Solving Group.
- Unmiker, W. (1988). Applied Creativity. *Sam Advanced Journal*. 9(11): 123-135.
- Van den Hurk, M. M.; & et al. (2001). Testing a Causal Model for Learning in a Problem-Based Curriculum. *Advances in Health Sciences Education*. 6(2): 141-149.
- Van Tassel- Baska, J. (1998). National Study of Science Curriculum Effectiveness with High Ability Students. *The Gifted Child Quarterly*. 42(4): 200-211.
- VanGundy, A. B. (1988). *Techniques of Structured Problem Solving*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Vernon, P. E. (1989). *The Nature-Nurture Problem in Creativity*. I. A. Glover, R. R.
- Vygotsky, L (1978). *Mind in Society: The Development of High Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University press.
- Waiyarod, Sumalee. (2005). *Enhancing Creative Productivity by Using 4E-C Learning Model for Scientifically Gifted and Talented Students*. Dissertation, Ed.D.(Science Education). Bangkok: Graduate School; Srinakharinwirot University. Photocopies.
- Ward, T. B; Smith, S. M; & Finke, R. A. (1999). *Creative Cognition*. In R. J.Sternberg (Ed.), *Handbook of Creativity*; New York: Cambridge University Press.
- Webb, Norman L. (1997). Determining Alingment of Expectations and Assessments in Mathematics and Science Education. *National Center for improving Science Education : University of Wisconsin-Madison*. 1(2): 1-7.
- (1999). *Alignment of Science and Mathematics Standards and Assessments in Four States*. Madison: University of Wisconsin-Madison.
- (2005). *Web Alignment Tool*. Retrieved December 21, 2008, from <http://www.wisc.edu>

- Webb, Norman L. (2008). *Levels of Depth-of-Knowledge for Science*. Madison: University of Wisconsin-Madison.
- Weisberg, R. W. (1986). *Creativity: Genius and Other Myths*. New York: W. H. Freeman.
- Weisberg, R. W. (1999). *Creativity and Knowledge: A Challenge to Theories*. New York: Cambridge University Press.
- Whetten, D. A; & Cameron, K. S. (2002). *Developing Management Skills*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Williams, Patricia. (2002). *How to Enhance Creative Problem Solving Skills*. Retrieved September 10, 2008, from <http://www.2020site.org>
- Wolfinger, D. W. (2000). *Science in the Elementary and Middle School*. New York: Addison Wesley Longman.
- Wood, Colin. (2006). The Development of Creative Problem Solving in Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*. 7(2): 96-113.
- Wood, Colin (2006). Measuring Divergent Thinking Attitudes Related to Creative Problem Solving and Innovation Management. *Creativity Research Journal*. 9(1): 21-32.
- Yatuum, Dumnern. (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: Graduate School; Srinakharinwirot University. Photocopied.
- Ying, Y. (2003). Using Problem-Based Teaching and Problem-Based Learning to Improve the Teaching of Electrochemistry . *The China Papers*. 12(5): 42-47.





Appendix A:
The Lists of Participants

The list of experts who assessed and evaluated the research instruments

1. Acting Sub Lt. Dr.Manat Boonprakob
Behavioral Science Research Institute, Srinakharinwirot University
2. Dr. Sumalee Nakprada
Faculty of Social Sciences and Humanities, Mahidol University
3. Dr. Saowalak Roma
Rayong Wittayakom School, Rayong Province
4. Kru Soontorn Phonruang
Sarakham Pittayakhom School, Maha Sarakham Province
5. Kru Pisit Deebansok
Kanchanapisek Wittayalai Chaiyaphum School, Chaiyaphum Province

The list of teachers who participated in the research study

1. Studying Basic Data and Developing the CPS Learning Model
 - 1.1 Kru Thawatchai Srisaknok
Wungplado School, Maha Sarakham Province
 - 1.2 Kru Phatcharin Thiapphim
Borabue Wittayakhan School, Maha Sarakham Province
2. Conducting a Pilot Study
Kru Supranee Seetanyarat
Sarakham Pittayakhom School, Maha Sarakham Province
3. Implementing the CPS Learning Model
Kru Boossakorn Hamkhumpai
Borabue Wittayakhan School, Maha Sarakham Province

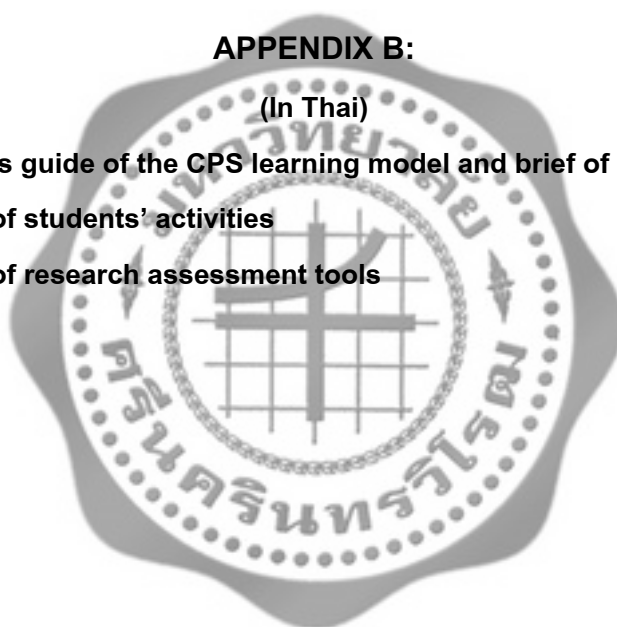
APPENDIX B:

(In Thai)

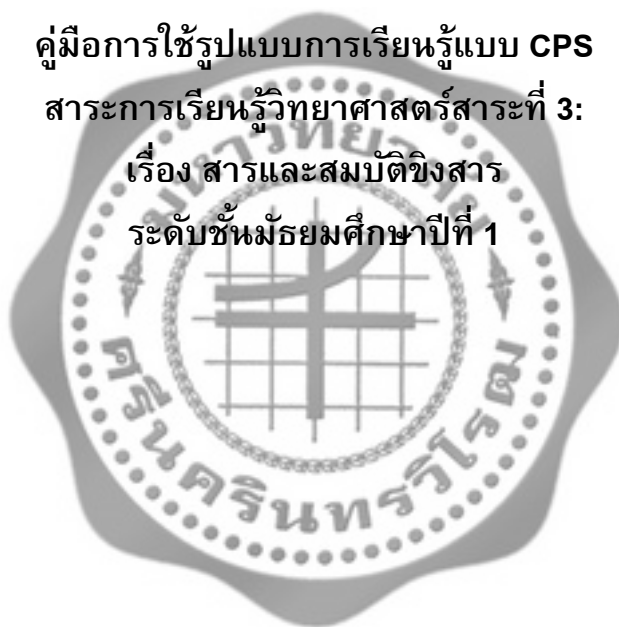
2.1: Teacher's guide of the CPS learning model and brief of lesson plan

2.2: Sample of students' activities

2.3: Sample of research assessment tools



คู่มือการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS
สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สาระที่ 3:
เรื่อง สารและสมบัติของสาร
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1



แนวคิดพื้นฐาน

ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ นั้น นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ และมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และได้ค้นพบหรือสร้างองค์ความรู้ขึ้นมาได้ด้วยตนเอง ดังนั้นเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจเชิงลึกนั้น จึงต้องเน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งเมื่อนักเรียนนั้นสามารถเข้าใจในมโนทัศน์ได้อย่างลึกซึ้งแล้ว นักเรียนก็จะสามารถนำเอาความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหา หรือปรับให้เหมาะสมกับสถานการณ์อื่น ๆ ได้ แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพนั้น จะอาศัยเพียงความเข้าใจในมโนทัศน์มาใช้แก้ปัญหาเพียงอย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอ จำเป็นจะต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ควบคู่กันไปด้วย การจะประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหานั้น ถึงแม้จะเป็นปัญหาเดิมที่พบเห็นบ่อย ๆ แต่จำเป็นต้องมองหาแนวคิด แนวทางในแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ ที่แตกต่าง และเหมาะสมกับบริบทที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหา หรือหาคำตอบของปัญหา ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วย ซึ่งการที่นักเรียนสามารถเข้าใจในมโนทัศน์ และประสบความสำเร็จในการประยุกต์มโนทัศน์นั้นไปใช้แก้ปัญหาได้ จึงจะนับได้ว่านักเรียนนั้นเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง

หลักการจัดการเรียนรู้

เพื่อให้การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 โดยเน้นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีความรู้ความเข้าใจในองค์ความรู้ และฝึกการคิดขั้นสูง ซึ่งจะช่วยส่งเสริมนักเรียนให้ได้รับความรู้ความเข้าใจ ประสบการณ์ และมีทักษะการคิดขั้นสูง ที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและการศึกษาในระดับสูงต่อไปได้อย่างเต็มศักยภาพ จึงได้กำหนดหลักการของรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS ไว้ดังนี้

1. เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะในการสืบเสาะหาความรู้ และทักษะการคิดขั้นสูงทั้ง การคิดแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ และคิดอย่างมีเหตุผล
2. เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้รวมอภิปรายหัวข้อสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันในปัจจุบัน
3. เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในเชิงลึก และสามารถนำองค์ความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้จริงในชีวิตประจำวัน
4. เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ถือว่านักเรียนมีความสำคัญที่สุด ยึดหลักการตรวจสอบและประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริงเพื่อพัฒนานักเรียน

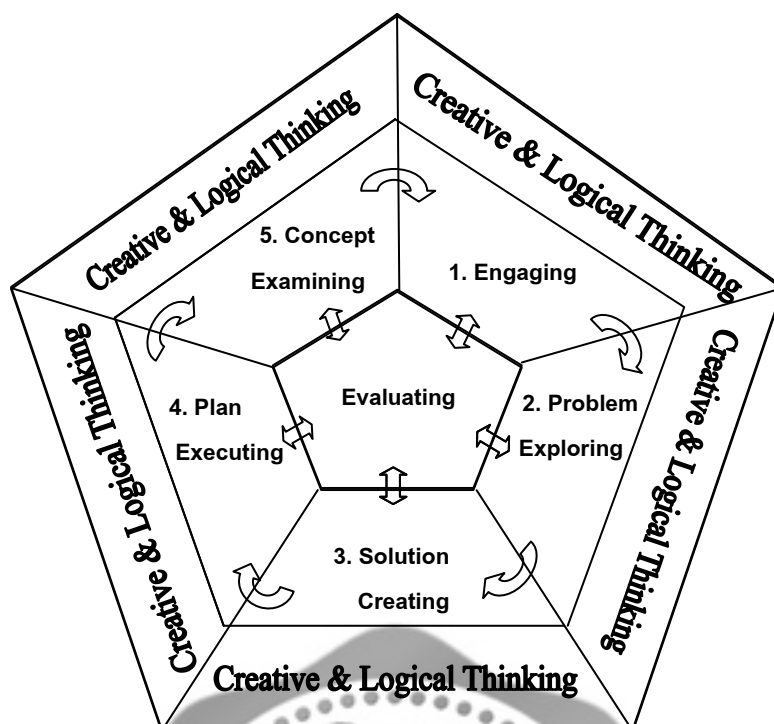
จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ CPS (CPS learning model) มีจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้เพื่อ

1. ให้นักเรียนได้มีโอกาสในการอภิปรายหัวข้อเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาทางด้านวิทยาศาสตร์ และเสนอแนวคิดเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา รวมทั้งได้ลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา และสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง
2. ให้นักเรียนเรียนได้มีโอกาสศึกษาค้นคว้าได้ด้วยตนเอง จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ทั้งแหล่งข้อมูลพื้นฐานและแหล่งข้อมูลระดับสูงกว่าระดับชั้นของนักเรียน
3. ให้นักเรียนได้มีโอกาสได้นำเสนอแนวคิดของตนเอง และได้แลกเปลี่ยนแนวความคิดของตนเองกับผู้อื่น
4. ให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และการคิดแก้ปัญหา
5. ให้นักเรียนพัฒนาเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์
6. ให้นักเรียนมีโอกาสได้ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับเพื่อนในการทำงาน

รูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS (The CPS Learning Model)

รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1 นั้น เป็นการจัดการเรียนการสอนที่แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นกระตุ้นความสนใจ 2) ขั้นสำรวจ ตรวจสอบทำความเข้าใจปัญหา 3) ขั้นสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา 4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา และ 5) ขั้นตรวจสอบ ยอมรับและขยายองค์ความรู้ โดยในการจัดกิจกรรมทุกขั้นตอนจะเน้นให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมเพื่อฝึกคิดสร้างสรรค์ควบคู่ไปกับการติดอย่างมีเหตุผล โดยเป็นการฝึกคิดสร้างสรรค์บนหลักการของเหตุและผล ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยจะใช้การประเมินผลระหว่างเรียน (formative assessment) เป็นเครื่องมือในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้เกิดการฝึกฝนอย่างครบถ้วนทั้งการคิดสร้างสรรค์ และการติดอย่างมีเหตุผล ซึ่งช่วยส่งเสริมให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ขั้นตอนการจัดรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS ได้แสดงให้เห็นในรูปที่ 1 และรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS เป็นดังนี้



รูปที่ 1 : รูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS

ขั้นตอนที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engaging)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการสร้างความสนใจของนักเรียนและสำรวจตรวจสอบและทบทวนมโนทัศน์ ความรู้พื้นฐานเดิมที่เอื้อต่อการเรียนรู้มโนทัศน์ใหม่ของนักเรียน โดยในขั้นตอนนี้ครูต้องกระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้มีความอยากรู้อยากเห็น มีความสนใจ มีความพร้อม และกระตือรือร้นที่จะเรียน รวมทั้งใช้การสนทนาซักถาม กระตุ้นให้นักเรียนคิดทบทวนถึงมโนทัศน์เดิม และฝึกให้นักเรียนได้รู้จักตั้งคำถาม ขอสงสัยด้วย ในขั้นตอนที่ 1 นี้ครูผู้สอนต้องประเมินพื้นฐานความรู้นักเรียนและเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนไป

ขั้นตอนที่ 2 สำรวจตรวจสอบทำความเข้าใจปัญหา (Problem Exploring)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมเพื่อให้เกิดการตระหนักในสถานการณ์ปัญหา สำรวจและทำความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหาให้ครอบคลุมทุกด้าน แล้วทำการกำหนดขอบเขตของปัญหาให้ชัดเจน โดยในขั้นตอนนี้ครูผู้สอนต้องฝึกความคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ให้กับนักเรียน โดยการกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้ และกระตุ้นนักเรียนให้ร่วมกันอภิปราย แยกแยะประเด็นปัญหา และทำความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหาให้ครอบคลุมทุกด้าน แล้วสร้างข้อคำถาม และข้อสงสัยขึ้นมาให้หลากหลาย หลังจากนั้นจึงกระตุ้นให้นักเรียนได้อภิปราย แลกเปลี่ยนซึ่งกันและกันเพื่อหาข้อคำถามหรือข้อสงสัยที่เหมาะสมที่จะนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายของการเรียนรู้ ในขั้นตอนที่ 2 นี้ครูผู้สอนต้องทำการสังเกตประเมินการทำกิจกรรม และทักษะการคิดของนักเรียน รวมทั้งคอยส่งเสริมและชี้แนวทางให้กับนักเรียน

ขั้นตอนที่ 3 สร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา (Solution Creating)

ในขั้นตอนนี้เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยการสร้างทางเลือก แนวคิดของการตอบสถานการณ์ปัญหารวมทั้งลงข้อสรุปเพื่อหาทางเลือก แนวคิดที่เหมาะสมที่จะใช้หาคำตอบของสถานการณ์ปัญหา โดยครูผู้สอนต้องกระตุ้นให้นักเรียนได้สำรวจ ตรวจสอบว่านักเรียนได้รู้อะไรแล้วบ้าง และยังไม่รู้สิ่งใดบ้าง แล้วร่วมกันค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติม และร่วมกันหาทางเลือก สร้างแนวคิด วิธีการแก้สถานการณ์ปัญหาให้หลากหลาย ก่อนที่จะให้นักเรียนได้อภิปราย แลกเปลี่ยนซึ่งกันและกันเพื่อหาวิธีที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นแนวคิด วิธีการที่ใช้ในการตอบสถานการณ์ปัญหา ในขั้นตอนที่ 3 นี้ครูผู้สอนต้องทำการสังเกตประเมินการทำกิจกรรม และทักษะการคิดของนักเรียน รวมทั้งคอยช่วยเหลือ ควบคุม ส่งเสริมและชี้แนวทางในการทำกิจกรรมให้กับนักเรียน

ขั้นตอนที่ 4 วางแผน และดำเนินการแก้ปัญหา (Plan Executing)

ขั้นตอนนี้เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อฝึกการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยการคิดออกแบบ วางแผน และลงมือปฏิบัติ เพื่อรวบรวมข้อมูล ร่องรอย หลักฐาน และสร้างมโนทัศน์ คำอธิบายของสถานการณ์ปัญหด้วยตนเอง โดยครูผู้สอนต้องกระตุ้นให้นักเรียนได้ระดมสมองเพื่อออกแบบวางแผนการทำงานให้หลากหลาย ก่อนที่จะให้นักเรียนได้อภิปราย แลกเปลี่ยนซึ่งกันและกันเพื่อหาแผนงานที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการตอบสถานการณ์ปัญหา แล้วให้แบ่งหน้าที่การทำงาน และลงมือปฏิบัติตามแผนงาน สร้างมโนทัศน์ คำอธิบาย เพื่อตอบสถานการณ์ปัญหา นอกจากนี้ครูผู้สอนต้องคอยสังเกตและซักถามเพื่อตรวจสอบ และสร้างความเข้าใจอย่างลึกซึ้งให้กับนักเรียน โดยคอยซักถามถึงเหตุผลที่รองรับมโนทัศน์ คำอธิบายที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยในขั้นตอนที่ 4 นี้ครูผู้สอนต้องทำการสังเกตประเมินการทำกิจกรรม และทักษะการคิดของนักเรียน รวมทั้งคอยช่วยเหลือ ควบคุม ส่งเสริม และชี้แนวทางในการทำกิจกรรมให้กับนักเรียน

ขั้นตอนที่ 5 ตรวจสอบ ยอมรับและขยายองค์ความรู้ (Concept Examining)

ในขั้นตอนนี้เป็นการทำกิจกรรมเพื่อสำรวจ ตรวจสอบ และแลกเปลี่ยนมโนทัศน์ คำอธิบายที่สร้างขึ้นกับเพื่อนๆ และตรวจสอบความสอดคล้องกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับในปัจจุบัน โดยครูผู้สอนต้องให้โอกาสนักเรียนได้เสนอแนะมโนทัศน์ คำอธิบายของตนเอง เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน แล้วกระตุ้นให้นักเรียนได้ร่วมกันสำรวจตรวจสอบตัวเองว่ากระบวนการสืบเสาะที่ได้ปฏิบัติมา และมโนทัศน์ คำอธิบายที่ตนเองสร้างขึ้นนั้นยังมีจุดบกพร่องตรงไหน รวมทั้งตรวจสอบความสอดคล้องของมโนทัศน์ คำอธิบายที่นักเรียนสร้างขึ้นกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับในปัจจุบัน และทำการปรับปรุง แก้ไข เพื่อให้มโนทัศน์ คำอธิบายนั้นมีความสมบูรณ์และน่าเชื่อถือมากขึ้น และเป็นการทำความเข้าใจใหม่อีกครั้ง เพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งมากขึ้น นอกจากนี้ขั้นตอนนี้ยังเป็นการฝึกให้นักเรียนใช้ทักษะการคิดขั้นสูง ทั้งความคิดแก้ปัญหา คิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ เพื่อขยายและพัฒนา มโนทัศน์ คำอธิบายให้กว้าง และลึกมากขึ้น จนก่อให้เกิดความรู้ที่ลึกซึ้ง (deep knowledge) และเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย (meaningful learning) สำหรับนักเรียน โดยในขั้นตอนที่ 5 นี้ครูผู้สอนต้องทำการสังเกตประเมินการทำกิจกรรม ประเมินความรู้ และทักษะการคิด การแก้ปัญหาของนักเรียน รวมทั้งคอยช่วยเหลือ ควบคุม ส่งเสริม และชี้แนวทางในการทำกิจกรรมให้กับนักเรียน

ข้อเสนอแนะการใช้การใช้เอกสารประกอบการเรียนรู้ และคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS

เอกสารประกอบการเรียนรู้

เป็นเอกสารที่พัฒนาขึ้นอย่างสอดคล้องและตรงตามสาระมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และตัวชี้วัด โดยมีการนำเสนอในรูปแบบของการเชิญชวนผู้เรียนมาเรียนรู้ มาร่วมกันคิด วิเคราะห์ อภิปราย และลงมือปฏิบัติ ดังนั้นจึงมีสถานการณ์ต่างๆ บทความ และภาพประกอบมากมายทั้งที่เป็นภาพจริงและภาพการ์ตูนประกอบเพื่อกระตุ้นผู้เรียนให้มีความสนใจ ใฝ่รู้ใฝ่เรียน และได้เห็นวิธีการปฏิบัติ รวมทั้งสนุกสนาน เพลิดเพลินไปกับการเรียนในทุกขั้นตอน นอกจากนี้ยังมีคำถามเชิญชวนให้คิดแล้วยังได้เสนอแนะสิ่งต่างๆ อีก เช่น การใช้อุปกรณ์ ความรู้เพิ่มเติม การสืบค้นข้อมูล การสำรวจ การนำข้อมูลวิเคราะห์ และการสรุปผล

คู่มือการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS

เป็นเอกสารสำหรับครูผู้สอนที่จะใช้ศึกษาและวางแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นครูผู้สอนจึงจำเป็นต้องศึกษาในรายละเอียดของเรื่องต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. แนวคิดพื้นฐาน

นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ และมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และได้ค้นพบหรือสร้างองค์ความรู้ขึ้นมาได้ด้วยตนเอง ดังนั้นเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจเชิงลึกนั้น จึงต้องเน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งเมื่อนักเรียนนั้นสามารถเข้าใจใหม่โน้ตค้นได้โดยลึกซึ้งแล้ว นักเรียนก็จะสามารถนำเอาความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหา ซึ่งการแก้ปัญหาเพียงอย่างเดียวนั้นจำเป็นจะต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ควบคู่กันไปด้วย การแก้ปัญหาที่ดีจำเป็นต้องมองหาแนวคิดแนวทางในแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ ให้ที่เหมาะสมกับบริบทที่เปลี่ยนแปลงไป

2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ CPS

รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ แก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่างๆ ซึ่งเป็นการปลูกฝังให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและฝึกคิดควบคู่กันไป โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS แบ่งเป็น 5 ขั้นตอนคือ 1) กระตุ้นความสนใจ 2) ขั้นสำรวจ ตรวจสอบทำความเข้าใจปัญหา 3) ขั้นสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา 4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา และ 5) ตรวจสอบ ยอมรับและขยายองค์ความรู้

3. จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้

เพื่อที่จะทราบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนั้นจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือไม่ เพียงใดจึงจำเป็นต้องมีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน และเพื่อสามารถสนองเจตนารมณ์การเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนคิด ลงมือปฏิบัติด้วยกระบวนการหลากหลายเพื่อสร้างองค์ความรู้นั้น จะต้องเป็นการวัดและประเมินผลจากสภาพจริง และผู้สอนต้องตระหนักว่าการเรียนการสอนและการวัดผลประเมินผลเป็นกระบวนการเดียวกันและต้องวางแผนไปพร้อมๆ กัน

4. แนวปฏิบัติของการจัดการเรียนการสอน

แนวปฏิบัติของการจัดการเรียนการสอนนี้ ประกอบด้วยการปฏิบัติของผู้ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS หรือครูผู้สอน กลุ่มเป้าหมายของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS และระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอน

5. การเตรียมความพร้อม

การเตรียมความพร้อมของครูผู้สอนเกี่ยวกับสื่อ วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล

6. บทบาทครูผู้สอน

บทบาทและหน้าที่ของครูผู้สอนในการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

7. บทบาทนักเรียน

บทบาทของนักเรียนขณะดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

8. มาตรฐานสาระการเรียนรู้ และตัวชี้วัดชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

9. ผังมโนทัศน์

เพื่อการแจกแจงให้ครูผู้สอนทราบว่าในแต่ละหน่วยการเรียนรู้นี้นักเรียนจะได้เรียนรู้ในเรื่องอะไรบ้าง

10. จุดประสงค์การเรียนรู้

เป็นการกำหนดผลการเรียนรู้ที่คาดหวังตลอดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งจะประกอบด้วยองค์ความรู้ ความสามารถของผู้เรียน และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่คาดหวังว่าผู้เรียนจะเกิดหลังจากที่ได้ทำกิจกรรมนั้นๆ แล้ว

11. กิจกรรมการเรียนรู้

เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งที่ครูผู้สอนจะต้องให้ความสนใจ เพราะเป็นการเสนอแนะครูผู้สอนเกี่ยวกับกิจกรรม แนวความคิดหลัก จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ทำกิจกรรม การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การเตรียมล่วงหน้า การประเมินผลในแต่ละกิจกรรม การบูรณาการ

11.2 มาตรฐานสาระการเรียนรู้

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

11.2 ตัวชี้วัด

เป็นตัวชี้วัดของสาระการเรียนรู้ที่ 3 สารและสมบัติของสารในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย 7 ตัวชี้วัด

11.3 แนวความคิดหลัก

เป็นเนื้อหาสาระหลักของแต่ละกิจกรรมที่จะให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

11.4 จุดประสงค์การเรียนรู้

เป็นการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ในทุกกิจกรรม ซึ่งจะประกอบด้วยองค์ความรู้ ความสามารถของผู้เรียน และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่คาดหวังว่าผู้เรียนจะเกิดหลังจากที่ได้ทำกิจกรรมนั้นๆ แล้ว

11.5 สารการเรียนรู้

เป็นเนื้อหาสาระที่สรุปไว้ในแต่ละกิจกรรม เพื่อให้ครูผู้สอนได้นำไปสอนได้นำไปสอนหรือสรุปให้ผู้เรียนหลังจากทำกิจกรรมแล้ว

11.6 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

กระบวนการเรียนการสอนที่ใช้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นสามารถจัดได้หลายวิธี แต่ในที่นี้จะเน้นกระบวนการเรียนการสอนบนพื้นฐานรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS โดยจะประกอบด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน 5 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นกระตุ้นความสนใจ 2) ขั้นสำรวจตรวจสอบทำความเข้าใจปัญหา 3) ขั้นสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา 4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา และ 5) ตรวจสอบ ยอมรับและขยายองค์ความรู้ ซึ่งทั้ง 5 ขั้นนั้นจะสอดแทรกกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกการคิดสร้างสรรค์ควบคู่ไปกับการคิดอย่างมีเหตุมีผล โดยในแต่ละขั้นตอนนั้น ได้เสนอแนะเวลาที่ใช้โดยประมาณในแต่ละกิจกรรมไว้ ทั้งนี้ครูผู้สอนอาจจะเปลี่ยนแปลงได้ตามเหมาะสม

11.7 สื่อการเรียนรู้

เป็นข้อมูลที่รวบรวมไว้เพื่อครูผู้สอนจะได้ทราบว่า มีสื่อการเรียนรู้อะไรบ้างที่จะต้องนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งนี้ครูผู้สอนจะต้องพิจารณาเลือกใช้สื่อที่เหมาะสม สื่อบางอย่างสามารถสร้างขึ้นได้เอง สื่อบางอย่างเป็นสื่อที่ทุกโรงเรียนมีอยู่แล้ว นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์อื่นๆ ที่ครูผู้สอนหรือนักเรียนช่วยกันจัดหาจากแหล่งการเรียนรู้ในท้องถิ่น เช่น พืช สัตว์ หรือ ดินต่างๆ

11.8 การวัดผลประเมินผล

เป็นข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการที่ใช้ในการประเมินผลในแต่ละกิจกรรมที่ครูผู้สอนสามารถดัดแปลง ตามความเหมาะสมกับสภาพจริงในสถานการณ์จริง

11.9 เอกสารอ้างอิง

เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับครูและนักเรียนที่สามารถนำไปใช้ในการศึกษาเพิ่มเติมในหัวข้อต่างๆ

แนวปฏิบัติของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS

การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS ที่ส่งเสริมทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ มีแนวปฏิบัติดังนี้

1. ผู้ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS: ครูผู้สอนที่นำรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS ไปใช้ควรมีความเชื่อในความเชื่อพื้นฐานของรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS ศึกษาขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS ฝึกฝนเทคนิควิธีการสอน ประยุกต์และปรับใช้ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ และสิ่งแวดล้อมในสถานศึกษา ใฝ่ใจแสวงหาความรู้ในเรื่องต่าง ๆ และพัฒนาในการสอนไปพร้อมกับการเรียนรู้ของนักเรียน

2. กลุ่มเป้าหมาย: นักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายของรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS นี้คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 อย่างไรก็ตามครูผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นอื่น ๆ ได้ตามความเหมาะสม

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบCPS นี้เป็นจำนวน 27 คาบ

4. รูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS นี้ใช้ควบคู่กับแผนการเรียนรู้ ซึ่งมีเอกสารประกอบการเรียนรู้ และเอกสารครูผู้สอน

5. เพื่อให้การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS ประสบความสำเร็จสูงสุด ในการดำเนินการตามขั้นตอน ครูผู้สอนจำเป็นต้องศึกษากระบวนการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS ให้ละเอียดก่อนการดำเนินการ ดังนี้

- ศึกษาคู่มือรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS ว่าประกอบด้วยเอกสารต่าง ๆ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ เอกสารประกอบการเรียนรู้ และใบกิจกรรมประกอบการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งแบบประเมินต่าง ๆ

- ศึกษาเนื้อหาในเอกสาร ให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ก่อนจะดำเนินการใช้

- จัดเตรียมอุปกรณ์ และสิ่งแวดล้อมในชั้นเรียนที่เสนอแนะให้พร้อม ก่อนการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS

- การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS ใช้แผนการจัดการเรียนรู้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนจริงนั้น อาจปรับเปลี่ยนให้เกิดความเหมาะสมกับเวลา รายละเอียดของเนื้อหาสาระให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของนักเรียนได้

การเตรียมความพร้อม

กิจกรรมการเรียนการสอน ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS ที่ส่งเสริมทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ประกอบด้วยหน่วยการเรียนรู้ที่ออกแบบสื่อและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในหน่วยการเรียนรู้ และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลไว้ให้ครูผู้สอนสามารถนำไปใช้ได้ทันที หรืออาจนำไปปรับปรุงและเพิ่มเติมได้ตามความเหมาะสม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการเรียนการสอนมากที่สุด ครูผู้สอนควรเตรียมความพร้อมดังต่อไปนี้

การเตรียมสื่อการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนการสอนนี้ มุ่งเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ โดยนักเรียนเป็นผู้ลงมือทำกิจกรรมต่าง ๆ โดยมีแผนการเรียนรู้สำหรับครูผู้สอนใช้เป็นแนวทาง ครูผู้สอนจึงควรเตรียมสื่อและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ให้อยู่ในสภาพที่ใช้การได้ดี และมีจำนวนที่เพียงพอแก่นักเรียน โดยทำความเข้าใจแผนการเรียนรู้อย่างละเอียดและชัดเจน เตรียมเอกสารนักเรียน โดยทุกกิจกรรมจะประกอบไปด้วยใบกิจกรรมและเอกสารประกอบการเรียนรู้ พร้อมให้ครูผู้สอนได้แจกให้กับนักเรียน

การเตรียมเครื่องมือการวัดและประเมินผล

ครูผู้สอนต้องตระหนักว่าการเรียนการสอน และการวัดผลประเมินผลเป็นกระบวนการเดียวกัน จำต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่อง และเพื่อให้การวัดและประเมินผลได้สะท้อนความสามารถของนักเรียนอย่างแท้จริง ผลการประเมินควรได้มาจากแหล่งข้อมูลและวิธีการที่หลากหลาย อาทิเช่น การสังเกต การประเมินการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ การคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นการประเมินทักษะการปฏิบัติ เป็นต้น ดังนั้นครูผู้สอนควรเตรียมศึกษาวิธีการวัดและประเมินผลดังกล่าว เพื่อการเก็บข้อมูลอย่างตรงไปตรงมา และนำไปสู่การแปลผลและลงข้อสรุปที่สมเหตุสมผล

บทบาทของครูผู้สอน

ครูผู้สอนมีบทบาทในฐานะผู้อำนวยความสะดวก ดำเนินการดังนี้

การใช้กลวิธีสอน

1. ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ใช้วิธีการสอนที่ให้นักเรียนได้อภิปรายเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่สำคัญ วิธีการสอนเน้นให้นักเรียนได้มีการฝึกคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง

2. ขณะครูผู้สอนใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS นี้ควรสังเกตความสนใจ พฤติกรรมของนักเรียน ว่ามีความสนใจเรื่องใดเป็นพิเศษเพื่อเตรียมจัดแหล่งข้อมูลที่มีให้เพียงพอที่จะให้เลือกใช้ตามความสนใจของนักเรียน รวมทั้งประเมินว่านักเรียนได้แสดงให้เห็นว่าได้ฝึกทักษะต่างๆเพียงพอหรือไม่ เพื่อจะได้จัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมมากขึ้น

3. ใช้คำถามช่วยกระตุ้นนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ เกิดความเข้าใจในเรื่องที่กำลังเรียนรู้ และฝึกทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ รวมทั้งคำนึงถึงกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึก และทำกิจกรรมที่สอดคล้องกับลักษณะที่สำคัญของการเรียนรู้แบบสืบเสาะ(Inquiry)

4. รับฟังความคิดเห็นของนักเรียน และให้ความสำคัญต่อการแสดงความคิดเห็นของนักเรียน

5. อธิบายการทำกิจกรรมให้นักเรียนเข้าใจอย่างชัดเจน ด้วยภาษาที่เข้าใจ นุ่มนวลและให้กำลังใจ

6. คอยดูแลการทำกิจกรรมของนักเรียนให้เป็นไปในแนวทางที่ถูกต้อง เหมาะสม และอำนวยความสะดวกเพื่อให้ นักเรียนสามารถเรียนรู้จากการทำกิจกรรมได้

7. ช่วยนักเรียนสรุปประเด็นที่อภิปรายหลังทำกิจกรรม

การจัดบรรยากาศการเรียน

1. จัดแหล่งเรียนรู้ให้เพียงพอและตรงกับความสนใจของนักเรียน

2. จัดสิ่งแวดล้อมและบรรยากาศที่มีชีวิตชีวา สนับสนุนและจูงใจให้นักเรียนอยากค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมด้วยตนเองในสิ่งที่สนใจ

3. ส่งเสริมและสร้างโอกาสให้นักเรียนมีโอกาสดแสดงความคิดหรือนำเสนอความคิดและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกับผู้อื่นให้มากขึ้น ขณะเดียวกันก็พยายามลดบทบาทของครูจากการถ่ายทอดองค์ความรู้จากครูผู้สอนโดยตรงให้น้อยลงด้วย

4. ส่งเสริมให้นักเรียนมีอิสระในการสร้างแนวทางแก้ปัญหา และให้คุณค่าต่อแนวคิด ที่สร้างขึ้น

5. สร้างบรรยากาศของความเท่าเทียมกัน โดยให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมอย่างเท่าเทียมกันทุกคน

การเสริมแรงและการตอบสนองของครูผู้สอนต่อนักเรียน

ครูผู้สอนควรมีการให้รางวัลหรือชมเชยเมื่อผู้เรียนตอบคำถามหรือร่วมตอบข้อซักถามหรือเมื่อทำกิจกรรมได้ถูกต้อง เพื่อเป็นการสร้างแรงจูงใจ และเป็นกำลังใจให้แก่ผู้เรียน โดยเฉพาะนักเรียนในวัยนี้จะรู้สึกภูมิใจมากที่ได้รับคำชมเชย และการยอมรับจากครูผู้สอนและเพื่อน

บทบาทของนักเรียน

บทบาทนักเรียน ครูผู้สอนควรชี้แนะให้นักเรียนเข้าใจบทบาทและศักยภาพของตน ที่ควรแสดงออกมาในการทำกิจกรรม โดยเฉพาะการฝึกฝนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยควรให้นักเรียนปฏิบัติได้ในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาค้นคว้าทำงานเป็นกลุ่ม ร่วมกันตั้งปัญหา และสร้างแนวคิด แนวทางในการแก้ปัญหา มีบทบาทในการร่วมอภิปรายประเด็นปัญหาในชั้นเรียน

2. ศึกษาค้นคว้า หาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ รวมทั้งแสดงความคิดเห็น วางแผนออกแบบเพื่อทำการหาคำตอบของปัญหา รวมทั้งมีส่วนร่วมกับเพื่อนในการดำเนินการแก้ปัญหา

3. มีส่วนร่วมในการสร้างคำอธิบาย หรือคำตอบของปัญหา จากข้อมูล ร่องรอยหลักฐานที่ได้เก็บรวบรวมมา

4. ทำการศึกษา ค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งการเรียนรู้ต่างๆ และทำการสำรวจตรวจสอบคำอธิบายของตนเอง ตลอดจนทำการปรับปรุงแก้ไขคำอธิบายของตนเองให้สอดคล้องกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

5. มีส่วนร่วมในการนำเสนอผลงานในแต่ละขั้นของการทำกิจกรรม

เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และนำไปปฏิบัติ จึงได้แสดงบทบาทของครูผู้สอน และนักเรียนในแต่ละขั้นตอน ให้เห็นได้อย่างชัดเจน ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 แสดงบทบาทครูและนักเรียนตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS

ขั้นตอน	บทบาทครูผู้สอน	บทบาทนักเรียน
ขั้นตอนที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engaging) เป็นขั้นตอนการสร้างความสนใจของนักเรียนและสำรวจตรวจสอบ ทบทวน มโนทัศน์ ความรู้พื้นฐานเดิมที่เอื้อต่อการเรียนรู้มโนทัศน์ใหม่ of นักเรียน	● สร้างความสนใจ ● กระตุ้นให้นักเรียนได้ทบทวนมโนทัศน์เดิมที่เกี่ยวข้อง ● ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด และตอบคำถาม เพื่อเป็นการประเมินระดับความรู้พื้นฐานของนักเรียน ● ประเมินความเข้าใจของนักเรียน ถ้าพบว่ายังมีจุดบกพร่อง ก็ใช้คำถามเพื่อชี้แนะ และกำหนดทิศทางให้นักเรียน ● ชี้แจงจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนครั้งนี้	● มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน ● ตั้งคำถาม สังเกต และ อภิปราย ทบทวนองค์ความรู้พื้นฐานเดิมที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งหาความรู้เพิ่มเติมเพื่อหาคำตอบ ● อภิปรายเกี่ยวกับกิจกรรมต่างๆที่ได้รับมอบหมาย อย่างเต็มความสามารถ และตั้งคำถามที่ตนเองสงสัยเกี่ยวกับกิจกรรมที่ได้ทำ

ตาราง1 (ต่อ)

ขั้นตอน	บทบาทครูผู้สอน	บทบาทนักเรียน
	- แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการทำกิจกรรม - ฟัง สังเกต และประเมินนักเรียน	
ขั้นตอนที่ 2 สำรวจตรวจสอบทำความเข้าใจปัญหา (Problem Exploring) เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมเพื่อให้เกิดการตระหนักในสถานการณ์ปัญหา และทำความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหาให้ครอบคลุมทุกด้าน และทำการกำหนดขอบเขตของปัญหาให้ชัดเจน	- กำหนดสถานการณ์ ปัญหาให้กับนักเรียน - กระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดให้รอบด้าน คิดหลากหลาย - ให้เวลานักเรียนได้ทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา - กระตุ้นให้นักเรียนในกลุ่มย่อยได้ตั้งคำถามที่เป็นไปได้ให้มากที่สุด - เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนคำถามหรือข้อสงสัยกับเพื่อนในชั้นเรียน และกระตุ้นให้นักเรียนได้จัดกลุ่มของข้อคำถามให้เป็นหมวดหมู่ - ร่วมกับนักเรียนทั้งชั้นอภิปราย รวมทั้งใช้คำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนลงข้อสรุป เลือกคำถามหรือข้อสงสัยให้มีทิศทางที่เหมาะสมกับจุดประสงค์ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอน - อำนวยความสะดวก และเป็นທີ່ปรึกษาที่ดีให้กับนักเรียน - สังเกต การทำกิจกรรม และแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน แล้วทำการประเมิน การมีส่วนร่วม และทักษะการคิดของนักเรียน	- ทำงานเป็นกลุ่มย่อย เพื่อทำความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหา และใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับประสบการณ์ และกระบวนการอื่นๆเพื่อมองสถานการณ์ปัญหาให้รอบคอบ และตั้งคำถามที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาให้ได้มากที่สุด เพื่อเป็นการฝึกคิดให้หลากหลายสร้างสรรค์ - บันทึกคำถามหรือข้อสงสัยที่นักเรียนในกลุ่มได้สร้างขึ้น - ร่วมกันกับเพื่อนในชั้นเรียน อภิปราย แลกเปลี่ยนข้อคำถามที่สร้างขึ้น แล้วทำการ จัดกลุ่ม และอภิปราย ให้เหตุผลร่วมเพื่อหาคำถามที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหา เพื่อเป็นการฝึกคิดอย่างมีวิจารณญาณ - บันทึกคำถามหรือข้อสงสัยที่ได้จากการอภิปรายในแบบบันทึกกิจกรรม
ขั้นตอนที่ 3 สร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา (Solutions)	ให้เวลานักเรียนแต่ละกลุ่มย่อยได้ศึกษาค้นคว้า และอภิปรายเพื่อสร้างทางเลือกในการหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหา	ศึกษา ค้นคว้า และร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มย่อย โดยทำการสำรวจตนเอง ว่าเกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการหาคำตอบนั้นว่าตัวนักเรียนได้รู้

ตาราง1 (ต่อ)

ขั้นตอน	บทบาทครูผู้สอน	บทบาทนักเรียน
Creating) เป็นขั้นตอนของการจัดกิจกรรมเพื่อให้ นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยการสร้างทางเลือก วิธีการแก้สถานการณ์ปัญหาให้หลากหลาย และลงข้อสรุปเพื่อหาทางเลือก วิธีการในการหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหา	● สังเกต และประเมินการทำกิจกรรมของนักเรียนในกลุ่มย่อย โดยครูผู้สอนอาจต้องใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้ทบทวนมโนทัศน์เดิมว่า ส่วนไหนที่รู้แล้ว และต้องรู้ส่วนไหนเพิ่มเติมเพื่อใช้ตอบสถานการณ์ปัญหา ● กระตุ้นให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มย่อยได้คิดหาแนวทางแก้สถานการณ์ปัญหาที่หลากหลาย ● สังเกต และประเมินแนวทางที่นักเรียนสร้างขึ้น อาจต้องใช้คำถามช่วยชี้แนวทาง และกำหนดทิศทางเพื่อให้ นักเรียนสร้างทางเลือกที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น ● ให้โอกาสนักเรียนได้อภิปราย และแลกเปลี่ยนแนวทางที่ตนเองสร้างขึ้นกับเพื่อนๆในชั้นเรียน แล้วให้นักเรียนคิดจัดกลุ่ม เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสีย เพื่อร่วมกันลงข้อสรุปหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้สถานการณ์ปัญหา ● อำนวยความสะดวก และเป็นพี่ที่ปรึกษาที่ดีให้กับนักเรียน ● สังเกต การทำกิจกรรม และแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน แล้วทำการประเมิน การมีส่วนร่วม และทักษะการคิดของนักเรียน	● อะไรแล้วบ้างและต้องการที่จะรู้อะไร ● คิด และสร้างทางเลือกในการแก้สถานการณ์ปัญหาให้มากที่สุด เป็นการฝึกคิดสร้างสรรค์ ● บันทึกทางเลือกที่นักเรียนในกลุ่มได้สร้างขึ้น ● อภิปรายร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อแลกเปลี่ยน และระดมสมองคิด เปรียบเทียบ และตรวจสอบถึงวิธีการต่างๆที่ได้คิดมาเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย ● ประเมินทางเลือก และลงข้อสรุปร่วมกันเพื่อหาทางเลือก วิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการใช้หาคำตอบของสถานการณ์ปัญหา เพื่อเป็นการฝึกคิดอย่างมีวิจารณญาณ ● บันทึกวิธีการที่ได้จากการอภิปรายในแบบบันทึกกิจกรรม

ตาราง1 (ต่อ)

ขั้นตอน	บทบาทครูผู้สอน	บทบาทนักเรียน
ขั้นตอนที่ 4 วางแผน และ ดำเนินการ แก้ปัญหา (Plan Executing) เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมเพื่อฝึกการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยการคิดออกแบบ วางแผน และลงมือปฏิบัติ เพื่อรวบรวมข้อมูล ร่องรอย หลักฐาน และสร้างมโนทัศน์ คำอธิบายของสถานการณ์ปัญหาด้วยตนเอง	● ให้เวลา และกระตุ้นให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มย่อยได้ทำงานเป็นกลุ่ม ศึกษา ค้นคว้าเพิ่มเติมและออกแบบวางแผนกระบวนการสืบเสาะของตนเองเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ ● สังเกต และประเมินการทำกิจกรรมของนักเรียนในกลุ่มย่อย โดยครูผู้สอนอาจต้องใช้คำถามช่วยชี้แนวทาง และกำหนดทิศทางเพื่อให้ นักเรียนสร้างทางเลือกที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น ● ให้โอกาสนักเรียนได้แลกเปลี่ยนวิธีการของตนเองกับเพื่อนๆในชั้นเรียน แล้วอภิปราย ลงความเห็นหาวิธีที่เหมาะสม ● กระตุ้นนักเรียนในแต่ละกลุ่มย่อยให้มีการวางแผน แบ่งหน้าที่ และลงมือปฏิบัติกิจกรรม ● กระตุ้นให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มย่อยได้สร้างมโนทัศน์ คำอธิบายที่นักเรียนได้ค้นพบจากการทำกิจกรรมด้วยตนเอง ● ชักถามนักเรียนในกลุ่มย่อย เพื่อให้ นักเรียนได้อธิบาย ชี้แจง และแสดงหลักฐานอ้างอิง ถึงที่มาของคำอธิบายที่ตนเองสร้างขึ้น และเพื่อเป็นการสร้างความเข้าใจอย่างลึกซึ้งให้กับนักเรียน ● อำนวยความสะดวก และเป็นที่ปรึกษาที่ดีให้กับนักเรียน	● ทำงานเป็นกลุ่มย่อยเพื่อศึกษาค้นคว้า คิดทบทวนมโนทัศน์เดิม มาสัมพันธ์กับประสบการณ์ของตนเอง เพื่อนำมาสู่การออกแบบวางแผนวิธีการสืบเสาะเพื่อให้ได้คำตอบของสถานการณ์ปัญหา แล้วคิดออกแบบ วิธีการสืบเสาะหา คำตอบของสถานการณ์ปัญหาให้ได้มากที่สุดเป็นการฝึกคิดให้สร้างสรรค์ มีความหลากหลาย ● บันทึกการออกแบบ วางแผนที่นักเรียนในกลุ่มได้สร้างขึ้น ● ระดมสมอง อภิปรายร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อแลกเปลี่ยนถึงวิธีการที่นักเรียนจะสืบเสาะ เพื่อหา คำตอบของสถานการณ์ปัญหา แล้วทำการคิด เปรียบเทียบ ข้อดี ข้อเสีย และความเป็นไปได้ในการลงมือปฏิบัติของแต่ละวิธี และร่วมกันลงข้อสรุปหาวิธีที่เหมาะสมที่สุด เพื่อเป็นการฝึกคิดอย่างมีวิจารณญาณ ● บันทึกวิธีการที่ได้จากการอภิปรายในแบบบันทึกกิจกรรม ● ทำงานเป็นกลุ่มย่อยเพื่อ ออกแบบวางแผน แบ่งหน้าที่รับผิดชอบ และลงมือปฏิบัติกิจกรรมตามที่ได้วางแผนไว้ ● สร้างมโนทัศน์ คำอธิบาย เพื่อเป็น คำตอบของสถานการณ์ปัญหาโดยใช้ข้อมูลความรู้ หลักฐาน ร่องรอย

ตาราง1 (ต่อ)

ขั้นตอน	บทบาทครูผู้สอน	บทบาทนักเรียน
	● สังเกตการทำกิจกรรม และแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน แล้วทำการประเมิน การมีส่วนร่วม และทักษะการคิดของนักเรียน	ที่นักเรียนค้นพบจากการสืบเสาะสัมพันธ์กับความรู้พื้นฐาน มโนทัศน์เดิมที่นักเรียนมีอยู่ เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การสร้าง มโนทัศน์ คำอธิบายใหม่ ● ร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่มย่อยอภิปราย ตอบข้อซักถาม เพื่อตรวจสอบความเข้าใจมโนทัศน์ คำอธิบายที่กลุ่มของตนเองสร้างขึ้น ● บันทึกมโนทัศน์ คำอธิบายที่ได้สร้างขึ้นมา
ขั้นตอนที่ 5 ตรวจสอบ ยอมรับและขยาย องค์ความรู้ (Concepts Examining) เป็นขั้นตอนการทำกิจกรรมเพื่อสำรวจตรวจสอบ และแลกเปลี่ยนมโนทัศน์ คำอธิบายที่สร้างขึ้นกับเพื่อนๆ และตรวจสอบความสอดคล้องกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับในปัจจุบัน และเป็นขั้นของการขยายและพัฒนามโนทัศน์ ไปสู่สถานการณ์ใหม่	● เปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มย่อยนำเสนอ มโนทัศน์คำอธิบายที่สร้างขึ้น และแลกเปลี่ยนกับเพื่อนๆ ในชั้นเรียน ● ซักถามร่วมกับนักเรียนในชั้นเรียน เพื่อตรวจสอบความเข้าใจ และที่มาที่ไปของคำอธิบายนั้น รวมทั้งให้นักเรียนได้แสดงร่องรอย เอกสารหลักฐาน เพื่อยืนยันมโนทัศน์ คำอธิบายว่ามีเหตุผลรองรับ ● ให้โอกาสนักเรียน ได้ทำงานเป็นกลุ่มย่อยเพื่อสำรวจตรวจสอบมโนทัศน์ คำอธิบาย ของกลุ่มตนเองและเปรียบเทียบกับเพื่อนๆ แล้วคิดพิจารณาดูว่าวิธีการ กระบวนการ ตลอดจนมโนทัศน์ คำอธิบายที่ตนเองสร้างนั้น ยังไม่สมบูรณ์ หรือต้องปรับเปลี่ยนแก้ไขอย่างไร เพื่อให้สมบูรณ์มากขึ้น	● แต่ละกลุ่มย่อย นำเสนอคำอธิบาย มโนทัศน์ที่ตนเองสร้างขึ้น ● ร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียนอภิปราย ซักถาม ตอบข้อซักถาม และแลกเปลี่ยนเรียนรู้มโนทัศน์ คำอธิบายที่กลุ่มตนเองได้สร้างขึ้น ● บันทึกมโนทัศน์ของเพื่อนกลุ่มอื่นๆ ในแบบบันทึกกิจกรรม ● ทำงานเป็นกลุ่มย่อยเพื่อคิดพิจารณา เปรียบเทียบมโนทัศน์ของกลุ่มตนเองและมโนทัศน์ของกลุ่มอื่นๆ ว่ามีความสอดคล้องหรือแตกต่างในจุดใดบ้าง แล้วทำการสำรวจตรวจสอบ คิดพิจารณา ใ้ตรงตรง ถึงกระบวนการสืบเสาะและมโนทัศน์ คำอธิบายของกลุ่มตนเองอีกครั้ง ว่ามีจุดใดบ้างที่อาจมีข้อผิดพลาด หรือมีจุดบกพร่องตรงไหนที่ยังไม่สมบูรณ์ สมควรที่

ตาราง1 (ต่อ)

ขั้นตอน	บทบาทครูผู้สอน	บทบาทนักเรียน
	● สังเกต ประเมิน ช่วยชี้แนะและให้เวลานักเรียน ได้ไปศึกษา ค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อทำการตรวจสอบมโนทัศน์คำอธิบายของตนเองกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับในปัจจุบัน ● ร่วมกันกับนักเรียนในชั้นเรียนอภิปราย หาข้อสรุปเพื่อสร้างคำมโนทัศน์ คำอธิบายร่วมกัน ● กระตุ้นให้นักเรียนในชั้นเรียนได้ขยายมโนทัศน์ คำอธิบายและพัฒนาทักษะ โดยให้สถานการณ์ ปัญหาใหม่ๆ กับนักเรียน ● ตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนได้อธิบายเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน ● สังเกต และประเมินนักเรียนว่าเกิดการพัฒนา ขยาย และประยุกต์ใช้มโนทัศน์ คำอธิบายได้หรือไม่ ในกรณีที่ไม่เพียงพอหรือนักเรียนยังไม่พัฒนา อาจมอบหมายให้เป็นภาระงานสำหรับนักเรียน แล้วนำมาอภิปรายในกิจกรรมการเรียนการสอนครั้งต่อไป ● อำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเป็นที่ปรึกษาที่ดีให้กับนักเรียน ● สังเกต ประเมินความรู้ ทักษะการคิด และทักษะต่างๆของของนักเรียน	● จะแก้ไขและปรับเปลี่ยน หรือเพิ่มเติมให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น ● ทำงานเป็นกลุ่มย่อยเพื่อศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูล แหล่งการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ เพื่อใช้เป็นหลักฐานอ้างอิง และช่วยยืนยันมโนทัศน์ที่ได้สร้างขึ้นว่ามีความถูกต้องสมบูรณ์สอดคล้องกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่ยอมรับในปัจจุบัน ● ร่วมกันในกลุ่มย่อย แก้ไข ปรับปรุงมโนทัศน์ คำอธิบายของกลุ่มให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น แล้วทำการบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม ● ร่วมกับเพื่อนๆในชั้นเรียน และครูผู้สอน อภิปรายและลงข้อสรุปสร้างมโนทัศน์ คำอธิบายที่เหมาะสมกับการตอบสถานการณ์ปัญหา ● บันทึกมโนทัศน์ คำอธิบาย ของสถานการณ์ปัญหา ที่ได้จากการร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียน ● คิดแก้ปัญหา และศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่างๆเพิ่มเติมเพื่อนำมาใช้ในการแก้ไขสถานการณ์ปัญหาใหม่ ● ศึกษาเอกสารเพิ่มเติม และคิดหาทางแก้สถานการณ์ ปัญหาที่ได้รับจากภาระงาน และเตรียมพร้อมที่จะอภิปรายในการเรียนการสอนครั้งต่อไป

โครงสร้างเนื้อหา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1

ขอบข่ายสาระที่เกี่ยวข้อง สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

เนื้อหาสาระของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน อยู่ในสาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังนี้

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

1. ทดลองและจำแนกสารเป็นกลุ่มโดยใช้เนื้อสารหรือขนาดอนุภาคเป็นเกณฑ์ และอธิบายสมบัติของสารในแต่ละกลุ่ม

2. อธิบายสมบัติและการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร โดยใช้แบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคของสาร

3. ทดลองและอธิบายสมบัติความเป็นกรดเบส ของสารละลาย

4. ตรวจสอบค่า pH ของสารละลายและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

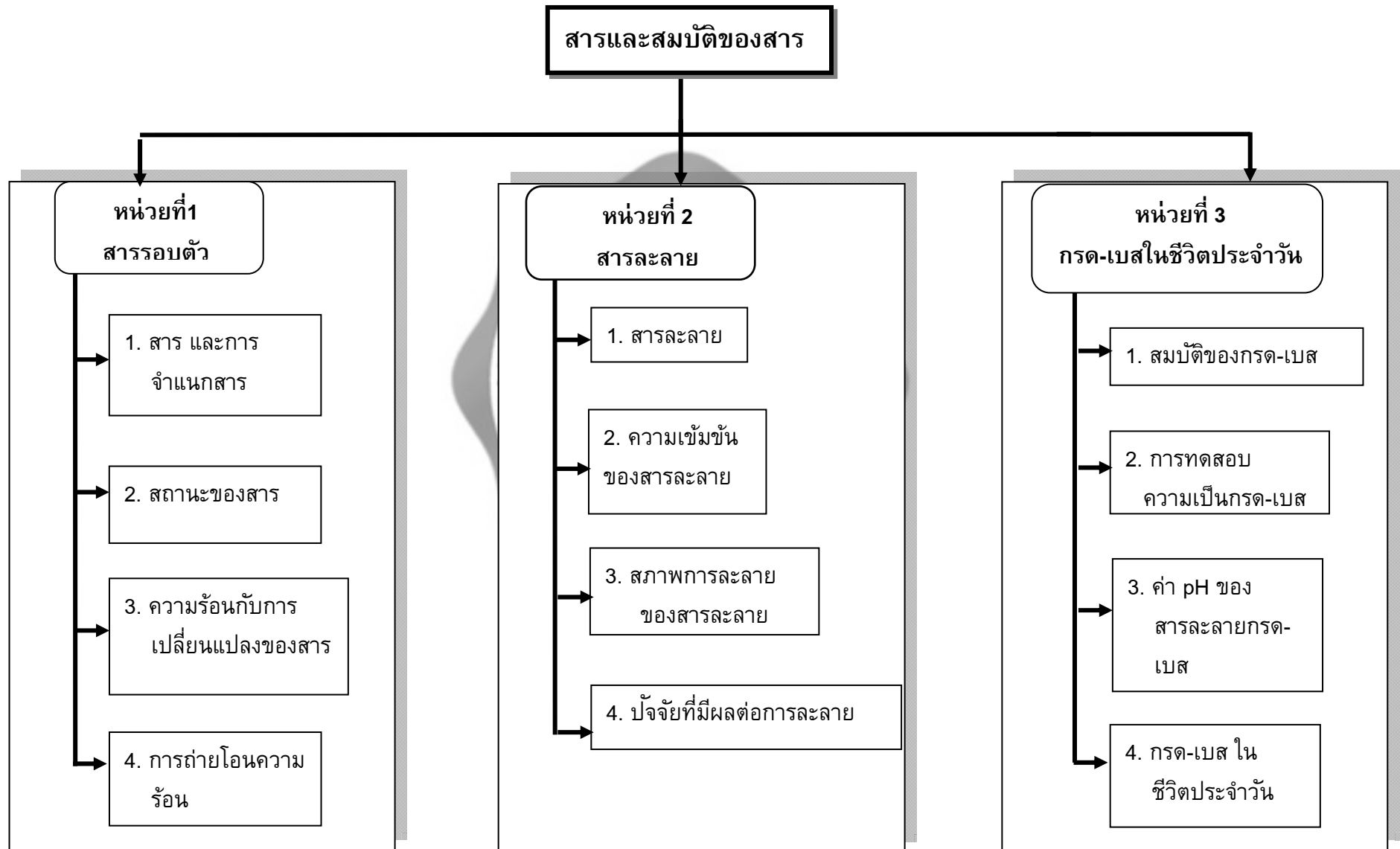
1. ทดลองและอธิบายวิธีเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นเป็นร้อยละ และอธิบายการนำความรู้เกี่ยวกับสารละลายไปใช้ประโยชน์

2. ทดลองและอธิบายการเปลี่ยนแปลงสมบัติมวลและพลังงานของสารเมื่อสารเปลี่ยนสถานะและการเกิดสารละลาย

3. ทดลองและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนสถานะ และการละลายของสาร

เวลาที่ใช้สอน 27 คาบ ดังนี้

แผนผังมโนทัศน์ของหน่วยการเรียนรู้



จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทดลอง ให้ความหมาย และอธิบายสมบัติ องค์ประกอบของของผสมที่เป็นเนื้อเดียว และของผสมที่เป็นเนื้อผสม
2. ทดลอง ให้ความหมาย อธิบายสมบัติ และจำแนกสาร เป็นสารแขวนลอย คอลลอยด์ และสารละลาย โดยการใช้เนื้อสารหรือขนาดอนุภาคของสารเป็นเกณฑ์
3. อธิบายสมบัติและการเปลี่ยนสถานะของสาร โดยใช้แบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคของสารในสถานะต่างๆ
4. ทดลองและอธิบายการเปลี่ยนแปลงสมบัติ มวลและพลังงานของสาร เมื่อสารเปลี่ยนสถานะ
5. ทดลองและอธิบายสมบัติของสารเกี่ยวกับจุดเดือด จุดหลอมเหลว
6. ทดลองและอธิบายการถ่ายโอนความร้อนโดยการนำ การพาและ การแผ่รังสี พร้อมทั้งยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์
7. ทดลอง ให้ความหมาย และอธิบายองค์ประกอบของสารละลาย ตัวทำละลาย ตัวถูกละลาย ความเข้มข้นของสารละลาย สภาพการละลายได้ในตัวทำละลายต่างๆได้
8. ทดลองและอธิบายวิธีเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นเป็นร้อยละ
9. ทดลองและอธิบายการเปลี่ยนแปลงสมบัติมวลและพลังงานของสารเมื่อสารเกิดการละลาย
10. อธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการละลาย
11. อภิปรายการนำความรู้เกี่ยวกับสารละลายไปใช้ประโยชน์
12. ทดลองและอธิบายสมบัติความเป็นกรดและเบส ของสารละลาย
13. ทดสอบและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่า พีเอช (pH) กับสมบัติความเป็นกรดและเบส ของสารละลายโดยใช้อินดิเคเตอร์
14. สืบค้นและอธิบายสมบัติของสารละลายกรดและสารละลายเบสที่ใช้ในชีวิตประจำวัน
15. อธิบายประโยชน์และผลกระทบของสารละลายกรด และสารละลายเบส

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ ที่ 3 เรื่อง กรด-เบสในชีวิตประจำวัน

เรื่อง ปฏิบัติการของสารละลายกรดและเบส

เวลา 100 นาที (2 คาบ)

1. มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1: เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ตัวชี้วัด

มฐ. ว3.1 ม.1/3 ทดลองและอธิบายสมบัติความเป็นกรดเบส ของสารละลาย

มฐ. ว3.1 ม.1/4 ตรวจสอบค่า pH ของสารละลายและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. แนวความคิดหลัก

การเติมสารละลายเบสลงในสารละลายกรด สารละลายที่ได้จะมีค่า pH สูงขึ้นหรือสารละลายมีค่าความเป็นกรดน้อยลง ส่วนการเติมสารละลายกรดลงในสารละลายเบส สารละลายที่ได้จะมีค่า pH ลดลงหรือสารละลายมีค่าความเป็นเบสน้อยลง โดยจะนำหลักการนี้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทดลองและอธิบายวิธีการปรับค่าความเป็นกรดและเบสของสารละลายโดยการเติมสารที่มีสมบัติตรงกันข้าม

2. ทดสอบและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับสมบัติของกรดและเบส ของสารละลาย โดยใช้อินดิเคเตอร์

5. สาระการเรียนรู้

1. การเติมสารละลายเบสลงในสารละลายกรด สารละลายที่ได้จะมีค่า pH สูงขึ้นหรือสารละลายมีค่าความเป็นกรดน้อยลง

2. การเติมสารละลายกรดลงในสารละลายเบส สารละลายที่ได้จะมีค่า pH ลดลงหรือสารละลายมีค่าความเป็นเบสน้อยลง

3. หลักการนี้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน เช่นการนำไปใช้ประโยชน์การปรับสภาพความเป็นกรด-เบสของดิน เช่นปรับสภาพดินเปรี้ยวโดยการเติมปูนขาวหรือขี้เถ้า หรือการทานยาลดกรดในกระเพาะอาหาร

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ CPS	เวลา (นาที)	กิจกรรม
ขั้นตอนที่ 1: รู้ความสนใจ	7	- ครูกระตุ้นนักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายเพื่อทบทวนความรู้เดิมด้วยการชมวีดิทัศน์ acid rain cartoon - นักเรียนอภิปรายสิ่งที่สังเกตเห็นโดยครูต้องพยายามชี้ให้นักเรียนได้อภิปรายถึง สารละลายกรด-เบส ผลกระทบจากฝนกรด สาเหตุ และวิธีป้องกันอุปถัมภ์นั้น - ครูประเมินผลการอภิปรายของนักเรียน โดยพิจารณาความรู้ความเข้าใจพื้นฐานของนักเรียน และร่วมกับนักเรียนอภิปรายและลงข้อสรุปเกี่ยวกับ สารละลายกรด-เบส โดยครูต้องพยายามเชื่อมโยงสิ่งที่นักเรียนได้สังเกตเห็น กับข้อสรุปที่ร่วมกันสร้างขึ้น - ครูอธิบายจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
ขั้นตอนที่ 2: สำรวจตรวจสอบทำความเข้าใจปัญหา	8	- นักเรียนอ่านบทความ โรคกระเพาะอาหาร : ยาลดกรด - ครูตั้งคำถามนำเพื่อให้นักเรียนได้คิดทบทวนถึงประสบการณ์ ความรู้เดิมของตนเองที่สอดคล้องกับสถานการณ์นั้น เช่น สภาพโดยทั่วไปของ กระเพาะอาหารเป็นอย่างไร ? กระเพาะอาหารมีหน้าที่ และทำงานอย่างไร? นักเรียนคิดว่าอะไรเป็นสาเหตุของโรคกระเพาะอาหาร? นักเรียนคิดว่ายาลดกรดทำงานอย่างไรเพื่อบรรเทาอาการโรคกระเพาะอาหาร? - ให้เวลา และ กระตุ้นนักเรียนมองปัญหาให้ครบทุกด้าน และตั้งคำถามที่นักเรียนสงสัย - นักเรียนร่วมกันอภิปรายร่วมกันถึงคำถามที่ตัวเองได้สร้างขึ้น โดยครูเขียนคำถามเหล่านั้นบนกระดาน แล้วหลังจากนั้นให้นักเรียนช่วยกันจัดกลุ่มคำถามที่ได้ตั้งขึ้นว่ามีอะไรบ้างที่เกี่ยวข้องกันบ้าง และช่วยกันอภิปรายและเลือกคำถามที่น่าสนใจและมีความเป็นไปได้เกี่ยวข้องกับจุดประสงค์ของการเรียนรู้
ขั้นตอนที่ 3 :สร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา	15	- แบ่งกลุ่มให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย ศึกษาเอกสารประกอบการเรียนรู้ และระดมสมองสร้างแนวคิดให้หลากหลายเพื่อตอบคำถามที่ได้จากการร่วมกันตั้งขึ้น - ครูใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนมุ่งไปสู่การหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการทำการศึกษา โดยเน้นที่การเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรด กับสารบางชนิด และครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนได้สำรวจตนเอง ว่าเกี่ยวกับเรื่องที่นักเรียนต้องการคำตอบนั้น ตัวนักเรียนได้รู้อะไรแล้วบ้าง ต้องการที่จะรู้อะไร แล้วช่วยกันระดมสมองหาวิธีว่าจะมีวิธีที่จะหาคำตอบได้ด้วยวิธีใดบ้าง - นักเรียนคิด เปรียบเทียบ และตรวจสอบถึงวิธีที่ได้คิดมาว่าแต่ละวิธีมีข้อดี ข้อเสีย และมีความเป็นไปได้เพียงใดในการนำมาซึ่งคำตอบ แล้วหาแนวคิดที่เหมาะสม
ขั้นตอนที่ 4: วางแผนและทำการแก้ปัญหา	45	- นักเรียนระดมสมอง แล้วร่วมกันอภิปรายถึง วิธีการที่เป็นไปได้สำหรับใช้หาคำตอบ - ครูประเมินนักเรียน โดยพิจารณาสิ่งที่นักเรียนได้อภิปรายว่ามีความเหมาะสมเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด โดยถ้านักเรียนแสดงความสามารถที่จะคิดออกแบบ วางแผนได้เอง ให้นักเรียนทำกิจกรรมในใบกิจกรรมที่ 3.3 เรื่องปฏิกิริยาของสารละลายกรด-เบส และถ้านักเรียนไม่สามารถที่จะคิดออกแบบ วางแผนได้เอง ให้นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 3.3/1เรื่องปฏิกิริยาของสารละลายกรด-เบส - ครูอธิบาย และสรุป เกี่ยวกับจุดประสงค์ของการทดลอง และวัสดุ อุปกรณ์ที่มี เพื่อที่จะให้นักเรียนสามารถเลือกใช้ในการทำการทดลองเพื่อตอบคำถาม - นักเรียนเปรียบเทียบ ข้อดี ข้อเสียของแต่ละวิธี และสร้างวิธีการทดลองเพื่อหา

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ CPS	เวลา (นาที)	กิจกรรม
		คำตอบร่วมกันทั้งชั้น - ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปวิธีการทั้งหมดอีกครั้งเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน โดยครูอาจจะเพิ่มเติมในบางส่วนที่คิดว่ายังไม่สมบูรณ์ลงในการทดลอง - นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผน แบ่งหน้าที่ และทำการทดลองร่วมกัน - นักเรียนลงมือทำการทดลอง บันทึกข้อมูล แล้วร่วมกัน ลงข้อสรุป และสร้างคำอธิบายจากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และทำใบกิจกรรมที่ 3.3 หรือใบกิจกรรมที่ 3.3/1
ขั้นตอนที่ 5: ตรวจสอบยอมรับและขยายองค์ความรู้	25	- นักเรียนแต่ละกลุ่มเตรียมนำเสนอผลงานที่ได้สร้างขึ้น - นักเรียนร่วมกันอภิปรายและแลกเปลี่ยนความรู้ที่ได้รับจากการทำการทดลอง และการสังเกต ร่วมกับเพื่อนทั้งห้อง (โดยครูพิจารณาเลือกกลุ่มที่แตกต่างกันไป) - นักเรียนสำรวจตรวจสอบกระบวนการทำงานของตนเองอีกครั้ง เพื่อหาจุดบกพร่องหรือจุดที่ผิดพลาดเพื่อทำการแก้ไข โดยศึกษาเปรียบเทียบเอกสารประกอบการเรียนรู้ เรื่องสารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวัน - กระตุ้นให้นักเรียนได้ต่อยอดองค์ความรู้โดยใช้กิจกรรม ตัวหนังสือล่องหน โดยครูร่วมกับนักเรียนร่วมกันสาธิตกิจกรรมตัวหนังสือล่องหน - มอบหมายงานให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม Detective Project: ตัวหนังสือล่องหน โดยการศึกษา ออกแบบ วางแผน ว่าตัวหนังสือล่องหนเกิดขึ้นได้อย่างไร (อาจมอบหมายเป็นการบ้านเพื่อให้นักเรียนมีเวลาศึกษาเพิ่มเติม) - นักเรียนได้พิจารณาไตร่ตรอง สำรวจตรวจสอบ ตั้งปัญหา หาแนวทางแก้ปัญหา ออกแบบ วางแผน ทดลอง และสร้างคำตอบของปัญหา - มอบหมายงานให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ทำงาน Detective Project: ตัวหนังสือล่องหนเป็นการบ้าน โดยครูต้องช่วยอำนวยความสะดวกในการเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมีที่นักเรียนต้องการใช้ เพื่อนำเสนอ และทำการทดลองในครั้งถัดไป โดยที่นักเรียนต้องแจ้งล่วงหน้า

7. สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

7.1 สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการเรียนรู้เรื่องกรด-เบส ในชีวิตประจำวัน
2. กิจกรรมที่ 3.3 เรื่องปฏิกิริยาของสารละลายกรด-เบส
3. อุปกรณ์และสารเคมีกิจกรรมที่ 3.3 เรื่องปฏิกิริยาของสารละลายกรด-เบส
4. วิดีทัศน์ acid rain cartoon
5. กิจกรรม Detective Project: ตัวหนังสือล่องหน
6. กิจกรรมตัวหนังสือล่องหน
7. อุปกรณ์และสารเคมีกิจกรรมตัวหนังสือล่องหน

7.2 แหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุดโรงเรียน

2. หนังสือแบบเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน สารและสมบัติของสาร และหนังสืออื่นๆ
3. อินเทอร์เน็ต

8. การวัดผลประเมินผล

วิธีการวัดและประเมินผล

1. ตรวจใบกิจกรรมที่ 3.3 เรื่องปฏิกิริยาของสารละลายกรด-เบส
2. ตรวจแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมที่ 3.3 เรื่องปฏิกิริยาของสารละลายกรด-เบส

เครื่องมือการวัดและประเมินผล

1. ใบกิจกรรมที่ 3.3 เรื่องปฏิกิริยาของสารละลายกรด-เบส
2. แบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมที่ 3.3 เรื่องปฏิกิริยาของสารละลายกรด-เบส

เกณฑ์การวัดและประเมินผล

เกณฑ์การวัด

1. คะแนนใบกิจกรรมที่ 3.3 10 คะแนน
2. คะแนนแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมที่ 3.3 10 คะแนน

เกณฑ์การประเมิน

1. นักเรียนต้องได้คะแนนใบกิจกรรม มากกว่าร้อยละ 80
2. นักเรียนต้องได้คะแนนแบบฝึกหัด มากกว่าร้อยละ 80

9. บันทึกหลังการสอน

.....

.....

.....

.....

10. เอกสารอ้างอิง

สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2549). หนังสือเรียน
 สาระการเรียนรู้พื้นฐาน สารและสมบัติของสาร. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ :คุรุสภาลาดพร้าว.

The Macmillan/ McGraw-Hill. (2008). *Science A Closer Look: Teacher's Edition*. USA:
 McGraw-Hill.

The National Academies: National Science Recourses Center.(2000). *Properties of Matter :
 Student Guide and Source Book*. North Carolina; USA : Carolina Biological Supply
 Company Burlington.

(ลงชื่อ).....ผู้สอน

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ ที่ 3 เรื่อง กรด-เบสในชีวิตประจำวัน

เรื่อง **Detective Project: ตัวหนังสือล่องหน**

เวลา 50 นาที (1 คาบ)

1. มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1: เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ตัวชี้วัด

-

3. แนวความคิดหลัก

สารละลายกรดและเบส จะมีการเปลี่ยนสีอินดิเคเตอร์ ที่ pH แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับ อินดิเคเตอร์ ที่เลือกใช้ เช่น เมทิลเรด เปลี่ยนสีจากแดงเป็นเหลืองที่ pH 4.2 – 6.3

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทดลองและอธิบายการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ที่ pH แตกต่างกันได้
2. ทำการสำรวจ ตรวจสอบ และนำความรู้เรื่องสารละลายกรด-เบส ไปใช้อธิบายสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้
3. มีทักษะในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

5. สาระการเรียนรู้

1. สารละลายกรดและสารละลายเบส มีคุณสมบัติการเปลี่ยนสีอินดิเคเตอร์ที่แตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดของอินดิเคเตอร์ และค่า pH ของสารละลาย
2. ฟีนอล์ฟทาลีน เป็นอินดิเคเตอร์ของกรด-เบสชนิดหนึ่ง โดยจะเปลี่ยนสีในช่วง pH 8.3 – 10.0 โดยจะเปลี่ยนจากไม่มีสี เป็นสีชมพู

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ CPS	เวลา (นาที)	กิจกรรม
ขั้นตอนที่ 1: รู้ความสนใจ	5	- ครูกระตุ้นนักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายเพื่อทบทวนความรู้เดิมด้วยการสาธิต กิจกรรมตัวหนังสือล่องหน - ให้นักเรียนอภิปรายสิ่งที่สังเกตเห็นโดยครูต้องพยายามชี้ให้นักเรียนได้อภิปรายถึงสารละลายกรด-เบส เช่นนักเรียนคิดว่าสถานการณ์นี้เกี่ยวข้องกับสารละลายกรด-เบสเรื่องใด? - ครูประเมินผลการอภิปรายของนักเรียน โดยพิจารณาความรู้ความเข้าใจของนักเรียน และร่วมกับนักเรียนอภิปรายและลงข้อสรุปเกี่ยวกับ สารละลายกรด-เบส โดยครูต้องพยายามเชื่อมโยงสิ่งที่นักเรียนได้สังเกตเห็น กับข้อสรุปที่ร่วมกันสร้างขึ้น - ครูอธิบายจุดประสงค์การเรียนรู้ครั้งนี้ให้ทราบให้นักเรียนทราบ
ขั้นตอนที่ 2:สำรวจตรวจสอบทำความเข้าใจปัญหา	7	- นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงาน Detective Project: ตัวหนังสือล่องหน โดยการยื่นประจำกลุ่มรอบห้องเรียน - นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอปัญหา หรือข้อสงสัยที่นักเรียนแต่ละกลุ่มสงสัย และปัญหาที่นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกนำมาศึกษา พร้อมให้เหตุผลประกอบด้วย - นักเรียนทั้งห้องร่วมกันอภิปรายร่วมกันถึงคำถามที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้น โดยครูเขียนคำถามเหล่านั้นบนกระดาน แล้วหลังจากนั้นให้นักเรียนช่วยกันจัดกลุ่มคำถามที่ได้ตั้งขึ้นว่ามีอะไรบ้างที่เกี่ยวข้องกันบ้าง และช่วยกันอภิปรายและเลือกคำถามที่น่าสนใจและมีความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับจุดประสงค์ของการเรียนรู้
ขั้นตอนที่ 3 :สร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา	8	- นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอทางเลือกที่นักเรียนสร้างขึ้นมากเพื่อแก้ปัญหา พร้อมให้เหตุผลประกอบด้วย - ครูผู้สอนสรุปแนวทางของแต่ละกลุ่ม แล้วเขียนบนกระดาน - นักเรียนร่วมกันคิด เปรียบเทียบ และตรวจสอบถึงวิธีที่ได้คิดมาว่าแต่ละวิธีมีข้อดี ข้อเสีย และมีความเป็นไปได้เพียงใดในการนำมาซึ่งคำตอบ แล้วร่วมกันหาแนวคิดที่เหมาะสมที่สุด
ขั้นตอนที่ 4: วางแผนและทำการแก้ปัญหา	20	- นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวทาง วิธีการที่แต่ละกลุ่ม ได้ออกแบบ วางแผน ไว้เพื่อใช้ในการสำรวจ ตรวจสอบ รวมถึงอธิบาย วิธีการ วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่เลือกใช้ ในการตรวจสอบ และหาคำตอบของปัญหา พร้อมให้เหตุผลประกอบด้วย - ครูผู้สอนสรุปวิธีการของแต่ละกลุ่ม แล้วเขียนบนกระดาน - นักเรียนร่วมกันคิด เปรียบเทียบ และตรวจสอบถึงวิธีการแต่ละวิธีที่ว่า มีข้อดี ข้อเสีย และมีความเป็นไปได้เพียงใดในการนำมาซึ่งคำตอบ แล้วร่วมกันหาแนวคิดที่เหมาะสมที่สุด - นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผน แบ่งหน้าที่ และลงมือทำการสำรวจ ตรวจสอบ หาคำตอบของปัญหา ตามวิธีการที่แต่ละกลุ่มได้ออกแบบวางแผนเอาไว้ - นักเรียน บันทึกข้อมูล แล้วร่วมกันลงข้อสรุป และทำกิจกรรม Detective Project: ตัวหนังสือล่องหน ให้เรียบร้อยและเตรียมข้อมูลเพื่อนำเสนอ

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ CPS	เวลา (นาที)	กิจกรรม
ขั้นตอนที่ 5: ตรวจสอบยอมรับและขยายองค์ความรู้	10	- นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อสรุปที่ได้จากการทำการสำรวจ ตรวจสอบ ที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ - นักเรียนร่วมกันอภิปรายและแลกเปลี่ยนความรู้ที่ได้รับจากการทำการทดลอง ร่วมกับเพื่อนทั้งห้อง - นักเรียนสำรวจตรวจสอบกระบวนการทำงานของตนเองอีกครั้ง เพื่อหาจุดบกพร่องหรือจุดที่ผิดพลาดเพื่อทำการแก้ไข โดยศึกษาเปรียบเทียบเอกสารประกอบการเรียนรู้ เรื่องกรด-เบสในชีวิตประจำวัน และข้อสรุปจากเพื่อนกลุ่มอื่นๆ - นักเรียน และครู ร่วมกันสรุปองค์ความรู้ และเฉลยกิจกรรม Detective Project: ตัวหนังสือล่องหน - กระตุ้นให้นักเรียนได้สรุปองค์ความรู้โดยการอภิปราย ตอบคำถามในเอกสารประกอบการเรียนรู้เรื่องกรด-เบสในชีวิตประจำวัน

7. สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

7.1 สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการเรียนรู้เรื่องกรด-เบส ในชีวิตประจำวัน
2. กิจกรรมที่เรื่อง ตัวหนังสือล่องหน
3. อุปกรณ์และสารเคมี ในกิจกรรมตัวหนังสือล่องหน
4. กิจกรรม Detective Project: ตัวหนังสือล่องหน
5. อุปกรณ์และสารเคมี กิจกรรม Detective Project: ตัวหนังสือล่องหน ที่นักเรียนต้องการ

7.2 แหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุดโรงเรียน
2. หนังสือแบบเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน สารและสมบัติของสาร และหนังสืออื่นๆ
3. อินเทอร์เน็ต

8. การวัดผลประเมินผล

วิธีการวัดและประเมินผล

1. ตรวจใบกิจกรรม Detective Project: ตัวหนังสือล่องหน
2. แบบฝึกหัดในเอกสารประกอบการเรียนรู้เรื่องกรด-เบสในชีวิตประจำวัน

เครื่องมือการวัดและประเมินผล

1. ใบกิจกรรม Detective Project: ตัวหนังสือล่องหน
2. แบบฝึกหัดในเอกสารประกอบการเรียนรู้เรื่องกรด-เบสในชีวิตประจำวัน

เกณฑ์การวัดและประเมินผล

เกณฑ์การวัด

1. คะแนนกิจกรรม Detective Project คิดเป็นคะแนนของทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

2. คะแนนแบบฝึกหัด 10 คะแนน

เกณฑ์การประเมิน

1. นักเรียนต้องได้คะแนนทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในระดับดี
2. นักเรียนต้องได้คะแนนแบบฝึกหัดมากกว่าร้อยละ 80

9. บันทึกหลังการสอน

.....

.....

.....

.....

10. เอกสารอ้างอิง

สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2549). หนังสือเรียน
สาระการเรียนรู้พื้นฐาน สารและสมบัติของสาร. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : กรุงเทพมหานคร.

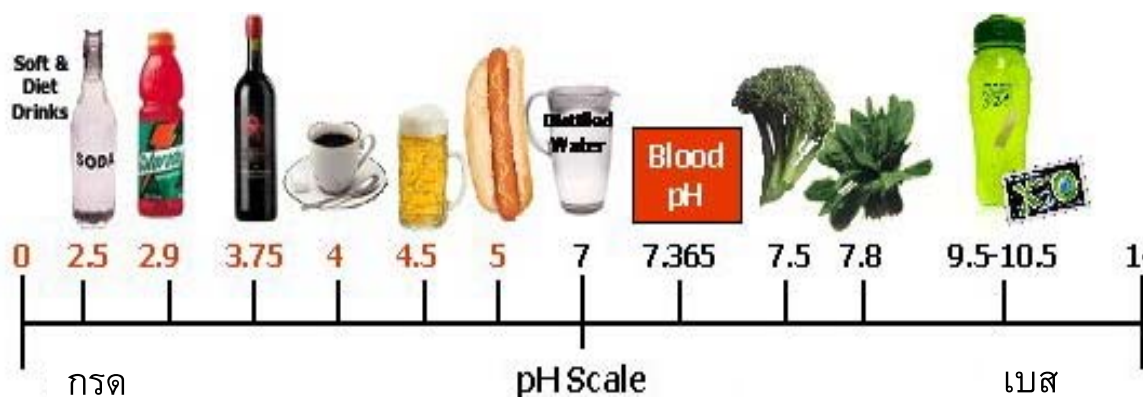
The Macmillan/ McGraw-Hill. (2008). *Science A Closer Look: Teacher's Edition*. USA:
McGraw-Hill.

(ลงชื่อ).....ผู้สอน

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....





ภาพที่ 3.1 แสดงความเข้มข้นกรด-เบสของสารต่างๆในชีวิตประจำวัน

(ที่มา : <http://image.wistatutor.com/content/feed/tvcs/phscale.jpg&imgrefurl>)

3.1 สารละลายกรด-เบส

กรด (Acid) มาจากภาษาละตินว่า acidus มีความหมายว่าเปรี้ยว กรด เป็นสารที่มีไฮโดรเจนอะตอมเป็นองค์ประกอบเมื่ออยู่ในน้ำจะแตกตัวให้ H^+ โดยจะมีรสเปรี้ยว มีสมบัติกัดกร่อนและมีสมบัติอื่นๆดังนี้

1. เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง
2. กรดมีรสเปรี้ยว แต่ไม่ควรชิม เพราะกรดบางชนิดเป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต
3. มีค่า pH น้อยกว่า 7
4. กรดทำปฏิกิริยากับโลหะได้แก๊สไฮโดรเจนซึ่งเป็นแก๊สที่เบา ติดไฟได้
5. กรดทำปฏิกิริยากับคาร์บอเนต เช่นหินปูน ทำให้หินปูนกร่อน และเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีสมบัติทำให้น้ำปูนใสขึ้น
6. นำไฟฟ้าได้ดี

ประเภทของสารละลายกรด

1. กรดอินทรีย์(Organic acid)

เป็นกรดที่ได้มาจากธรรมชาติ จากสิ่งมีชีวิต เช่น

- กรดแอสติก (acetic acid) หรือกรดน้ำส้ม เป็นกรดที่ได้จากการหมักแป้ง หรือน้ำตาลโดยใช้จุลินทรีย์ ซึ่งนิยมใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู

รูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS

กัญญารัตน์ โคจร



นักเรียนควรเลือกใช้ภาชนะใดในการบรรจุอาหารที่มีสมบัติเป็นกรด เพราะเหตุใด?



- กรดซิตริก(citric acid) หรือกรดมะนาว เป็นกรดที่อยู่ในผลไม้รสเปรี้ยว เช่น ส้ม
- กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) หรือวิตามินซี ที่อยู่ในผลไม้รสเปรี้ยว
- กรดอะมิโน (amino acid) เป็นกรดที่ใช้สร้างโปรตีน มักพบในเนื้อสัตว์ หรือพืชตระกูลถั่ว

2. กรดอนินทรีย์(Inorganic acid) เป็นกรดที่ได้มาจากแร่ธาตุ บางครั้งเรียกว่ากรดแร่(mineral acid) เช่น กรดกำมะถันหรือกรดซัลฟิวริก (sulphuric acid) กรดเกลือ (hydrochloric acid)

โดยทั่วไปการทดสอบชนิดของกรดนั้น เราจะทดสอบได้โดยใช้ สารละลายเงินเขียนไวโอเลต (น้ำยาป้ายปาก) โดยที่กรดอนินทรีย์ จะไม่เปลี่ยนสีของเงินเขียนไวโอเลต แต่กรดอนินทรีย์จะเปลี่ยนสีเงินเขียนไวโอเลตจากสีม่วง เป็นเขียวหรือน้ำเงิน



ภาพที่ 3.2 แสดงผลกระทบจากฝนกรดต่อต้นไม้

(ที่มา : <http://image.wistatutor.com>)

ฝนกรดสามารถทำลายคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในใบไม้ ถ้าฝนกรดตกลงมาและสะสมในใบไม้หลังจากน้ำจะช่วยให้สัตว์น้ำตาย หรือถ้าฝนกรดสะสมอยู่ในดิน จะทำให้ดินมีสมบัติเป็นกรดซึ่ง ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชแห้งตายได้

สารละลายกรดส่วนมากจะอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ และพืช โดยเฉพาะกรดจากแร่ธาตุ เช่น กรดเกลือ กรดกำมะถัน กรดไนตริก มักจะเป็นกรดที่รุนแรง ทำปฏิกิริยากับสิ่งต่างๆ ได้รวดเร็ว และมีฤทธิ์กัดกร่อน จึงเป็นอันตรายถ้าถูกเสื้อผ้า ผิวหนัง หรือเนื้อเยื่อของร่างกาย กรดที่ได้จากพืชถึงแม้จะใช้ปรุงแต่งอาหารได้ แต่ถ้าบริโภคเข้าไปมากก็เป็นอันตรายได้ จึงควรใช้แต่พอเหมาะ นอกจากนี้ยังมีน้ำส้มสายชูปลอมบางชนิดที่ทำมาจากน้ำผสมกรดกำมะถัน ถ้าบริโภคเข้าไปจะเป็นอันตรายต่อร่างกายจึงควรทดสอบให้แน่ใจก่อนนำมาบริโภค

นอกจากนี้ยังมีการสึกกร่อนของพื้นผิววัสดุ และอาคารที่สร้างด้วยหินปูน หินอ่อน หรือเหล็ก รวมทั้งยานพาหนะที่ทำจากเหล็ก

เนื่องจากฝนกรด (Acid rain) น้ำฝนที่มีสมบัติเป็นกรดเล็กน้อยเนื่องจากมีคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่ในสารมลพิษ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์จากโรงงานอุตสาหกรรมและท่อไอเสียรถยนต์ ทำให้น้ำฝนเป็นกรดมากขึ้นจนอยู่ในระดับสามารถกัดกร่อนโลหะและทำลายสิ่งก่อสร้างที่มีหินปูนเป็นองค์ประกอบ

นอกจากนี้ การใช้สารละลายกรดอย่างไม่ระมัดระวัง ยังส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมด้วย เช่น เมื่อนำมาใช้ล้างพื้นหรือสุขภัณฑ์แล้ว หากปล่อยทิ้งสู่แหล่งน้ำ จะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้น หรือสารละลายกรดทำลายพื้นบ้านที่เป็นหินปูน ปูนขาว ทำให้พื้นบ้านชำรุดได้ง่าย ดังนั้น การใช้สารละลายกรดจึงต้องใช้ให้ถูกวิธี และอ่านคำแนะนำให้เข้าใจก่อนใช้

ฝนกรด (Acid Rain) เป็น

ปรากฏการณ์ธรรมชาติ อันเกิดมาจากมลภาวะทางอากาศ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดมาจากการกระบวนการผลิตไฟฟ้าและอุตสาหกรรมทั่วไปของมนุษย์ ซึ่งมักจะเกิดมาจากการเผาผลาญเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน แก๊สธรรมชาติ และน้ำมัน จนทำให้เกิดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ และเมื่อแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์เข้าสู่บรรยากาศแล้วจะไปทำปฏิกิริยากับไอน้ำและสารเคมีอื่นๆ ในบรรยากาศ ก่อให้เกิดกรดซัลฟูริก กรดไนตริก และสารมลพิษอื่น ๆ ประเภทไนเตรดและซัลเฟต โดยสารต่างๆ เหล่านี้อาจละลายตัวลงไปในฝน หิมะ หมอก หรือแม้แต่ในรูปของฝุ่นผงละออง แล้วตกลงมาพร้อมกัน

ความเสียหายที่เกิดจากฝนกรดนั้นมีอยู่ด้วยกันอย่างมากมาย เช่น หากฝนกรดละลายปุ๋ยในดิน ก็จะทำให้พืชเติบโตช้า และหากไหลลงสู่แหล่งน้ำ ก็จะทำให้แหล่งน้ำนั้นๆ ไม่เอื้ออำนวยที่จะให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณนั้นสามารถใช้ชีวิตอยู่ได้



ภาพที่ 3.3 แสดงผลกระทบจากฝนกรด

(ที่มา : <http://story.yenta4.com>)

(บน) ฝนกรดจะกัดกร่อนสิ่งก่อสร้างที่ทำจากหินอ่อน หินปูน
(ล่าง) ผลกระทบจากฝนกรดที่กัดกร่อนใบพืชจนเป็นรู ทำให้พืชไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ พืชจึงตายในที่สุด

นอกจากนี้ หากฝนกรดจับตัวรวมกับ

หมอก จนกลายเป็นหมอกควันพิษที่ทำอันตรายกับระบบทางเดินหายใจ และอาจรุนแรงถึงชีวิตได้ หากมีมากถึงระดับหนึ่ง เป็นต้น

ที่มา: <http://story.yenta4.com/AcidBaseLearning/category/Acid-Base>

เบส (Base)

คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน(OH^-) ออกมา เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดจะได้เกลือกับน้ำหรือได้เกลืออย่างเดียว

สารที่ใช้ในบ้านที่มีสมบัติเป็นเบส ได้แก่

ผงฟู (โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต)

น้ำปูนใส (แคลเซียมไฮดรอกไซด์) น้ำขี้เถ้า

น้ำสบู่ ผงซักฟอก ยาสระผม น้ำยาเช็ดกระจก

สารละลายบู่ยู่เรีย สารละลายโซดาไฟ เป็นต้น

โดยสารที่เป็นเบสมีสมบัติดังนี้

1. เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน
2. เมื่อเบสทำปฏิกิริยากับกรดจะได้เกลือและน้ำ
3. มีรสฝาด มีค่า pH มากกว่า 7
4. เมื่อถูกับฝ่ามือจะรู้สึกสั่นมือ
5. นำไฟฟ้าได้ดี
6. ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมไนเตรดแล้ว

เกิดฟองแก๊สมีกลิ่นฉุน คือ แก๊สแอมโมเนีย

7. ทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมแล้วเกิดฟองแก๊ส

ทำให้อะลูมิเนียมผุกร่อน

8. ทำปฏิกิริยากับไขมันหรือน้ำมันของพืช

หรือสัตว์จะได้สารประเภทสบู่



ภาพที่ 3.4 (บน) ขวดน้ำดื่มรสชาตตามธรรมชาติ

(กลาง) ขวดน้ำดื่มรสชาตตามธรรมชาติ

(ล่าง) ขวดน้ำดื่มรสชาตตามธรรมชาติ

(ที่มา : <http://www.wchallnatural.com.au>)

สารที่ใช้ในการบริโภคหลายชนิดมีฤทธิ์เป็นเบส เช่น ผงฟู น้ำปูนใส ซึ่งนำมาใช้ในการปรุงแต่งอาหารได้ ถ้าใช้ในปริมาณน้อยๆ จะไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย แต่ถ้าใช้ในปริมาณมากๆ ก็เป็นอันตรายได้ เบสบางชนิด เช่น โซดาไฟ โซดาซักผ้า มีฤทธิ์รุนแรง จึงควรใช้ด้วยความระมัดระวังและควรเก็บไว้ในที่ๆ ปลอดภัย

การใช้สารละลายเบสอย่างไม่ระมัดระวัง เช่น ทิ้งเบสที่มีฤทธิ์รุนแรงลงสู่พื้นดิน หรือแหล่งน้ำโดยตรง จะทำลายสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้น นอกจากนี้ ยังทำให้สภาพของดินและน้ำเสื่อมโทรมไป

ดังนั้น สารเคมีที่เป็นกรดหรือเบสที่เหลือจากการใช้แล้ว ควรจะเก็บไว้ในภาชนะที่ปลอดภัย และ
ทิ้งในที่จัดไว้ เพื่อจะได้นำไปทำลายให้ถูกวิธี ก่อนใช้ต้องศึกษาสมบัติความเป็นเบส ว่าเป็นอันตรายมากน้อย
แค่ไหน วิธีใช้ วิธีเก็บรักษา และการทำลายทิ้ง เพื่อประโยชน์ต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม



- เหตุใดจึงไม่หิยมิใช้ขวด พลาสติก บรรจุน้ำส้มสายชู?

- ถ้าต้องการทดสอบว่า น้ำส้มสายชูที่เราได้รับประทาน เป็นน้ำส้มสายชูแท้ หรือ

น้ำส้มสายชูปลอม จะมีวิธีการทดสอบอย่างไร?

- ถ้าใช้กระดาษลิตมัสทดสอบ สาร A แล้วพบว่า มีการเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสเป็นสีแดง แสดงว่าสารชนิด
นี้มีองค์ประกอบของไอออนชนิดใด?

- อาหารที่ห้กเรียมรับประทานชนิดใดมีกรดเป็้องค์ประกอบและมีกรดชนิดใด?

3.2 การตรวจสอบสารละลายกรด-เบส

นอกจากกระดาษลิตมัส ยังมีสารที่ใช้ทดสอบความเป็นกรด-เบสของสารละลาย เรียกว่า อินดิเค-
เตอร์สำหรับกรด-เบส (**Acid-Base Indicator**) โดยการเปลี่ยนแปลงสีในสารละลายกรดและสารละลาย
เบสจะไม่เหมือนกัน โดยกระดาษลิตมัสก็จัดเป็นอินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบสชนิดหนึ่ง โดยอินดิเคเตอร์ส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ มีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อน

กระดาษลิตมัส เป็นกระดาษที่ใช้สำหรับการทดสอบสมบัติความเป็นกรด-เบส-กลาง ของสาร เราสามารถผลิตกระดาษลิตมัสได้เองโดยนำกระดาษสีชาวลงไปแช่น้ำคั้นดอกอัญชันจะได้กระดาษลิตมัสมีสีน้ำเงิน หากนำไปแช่น้ำคั้นดอกเฟื่องฟ้าสีชมพูจะได้กระดาษลิตมัสสีแดง เมื่อตากแห้งก็สามารถนำทดสอบความเป็นกรด-เบส-กลาง



ภาพที่ 3.5 (บก) ผงลิตมัส ซึ่งสกัดได้จากไลเคนส์

(กลาง) กระดาษลิตมัส

(ล่าง) การทดสอบสารละลายด้วยกระดาษลิตมัส

ไฮโดรเจนออกไซด์ ที่พืชสาหร่ายทำให้เกิดผลกรด

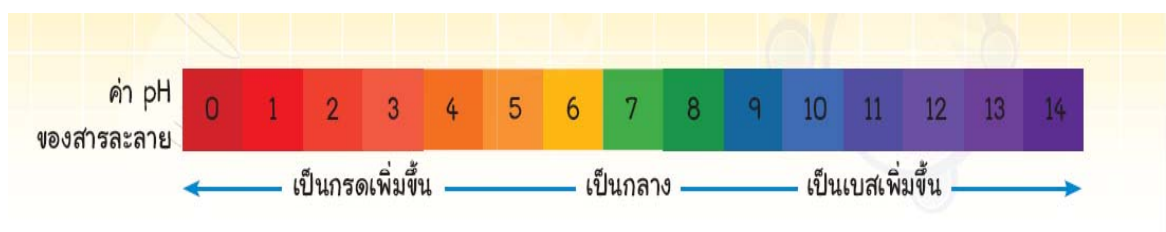
(ที่มา: <http://www.aksorn.com/lib/default.php?>)

ผลการทดสอบความเป็นกรด-เบส ของสารด้วยอินดิเคเตอร์ชนิดต่างๆ ตามที่กล่าวมาข้างต้นนั้นสามารถบอกได้เพียงว่าเป็นกรดหรือเบส แต่ยังไม่สามารถระบุได้ว่าสารใดมีสมบัติกรดหรือเบสมากกว่ากัน การบอกระดับความเป็นกรด-เบส ของสารนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) ซึ่งเกิดจากไฮโดรเจนที่แตกตัวออกมาจากการรวมตัวกับน้ำกับสารละลายที่เป็นกรดจะมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนมากกว่าสารละลายเบส การระบุระดับความเป็นกรด-เบสของสารละลายมักใช้ค่า pH (potential of Hydrogen ion) ซึ่งค่านี้มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน

สารละลายที่มี pH ต่ำกว่า 7 จะมีสมบัติเป็นกรด

สารละลายที่มี pH เท่ากับ 7 จะมีสมบัติเป็นกลาง

สารละลายที่มี pH มากกว่า 7 จะมีสมบัติเป็นเบส



ภาพที่ 3.6 แสดง ค่า pH ของสาร (ที่มา: <http://www.aksorn.com/lib/default.php?>)

ตามที่กล่าวมา อินดิเคเตอร์สามารถเปลี่ยนสีในสารละลายกรด และสารละลายเบสที่ไม่เหมือนกัน และอินดิเคเตอร์แต่ละชนิดจะเปลี่ยนสีที่ pH แตกต่างกันไป ข้อมูลแสดงช่วงการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์บางชนิดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดง ช่วง pH ของการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์

อินดิเคเตอร์	ช่วง pH ที่เปลี่ยน	สีที่เปลี่ยน
เมทิลออเรนจ์	3.2 – 4.4	แดง – เหลือง
เมทิลเรด	4.2 – 6.3	แดง – เหลือง
ลิตมัส	5.0 – 8.0	แดง – น้ำเงิน
บรอมไทมอลบลู	6.0 – 7.6	เหลือง – น้ำเงิน
ฟีนอลเรด	6.8 – 8.4	เหลือง – แดง
ฟีนอล์ฟทาลีน	8.3 – 10.0	ไม่มีสี – ชมพูเข้ม

ตัวอย่างการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ เช่น ถ้าเติมเมทิลออเรนจ์ลงในสารละลาย pH น้อยกว่า 3.2 จะได้สารละลายสีแดง แต่ถ้าสารละลายมี pH มากกว่า 4.4 จะได้สารละลายสีเหลือง และถ้าสารละลายมี pH ระหว่าง 3.2 – 4.4 จะได้สารละลายสีส้ม จะเห็นได้ว่าอินดิเคเตอร์ชนิดหนึ่งๆ จะใช้บอกค่า pH ของสารละลายได้อย่างคร่าวๆเท่านั้น ในกรณีที่เติมเมทิลออเรนจ์ลงในสารละลายแล้วได้สารละลายสีเหลือง แสดงว่ามี pH ตั้งแต่ 4.4 ขึ้นไป ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งกรด กลาง หรือ เบส ดังนั้นการหาค่า pH ของสารละลายจึงต้องทดสอบด้วยการใช้อินดิเคเตอร์หลายๆชนิด แล้ววิเคราะห์ pH ของสารละลายจากสีของอินดิเคเตอร์แต่ละชนิด



ถ้าเติมสารละลายเมทิลเรดลงในน้ำอัดลม pH = 3 จะได้สารละลายสีอะไร และถ้าเปลี่ยนอินดิเคเตอร์เป็นฟีนอล์ฟทาลีน จะได้สารละลายสีอะไร?

นอกจากอินดิเคเตอร์ดังกล่าวแล้ว เรายังสามารถสกัดสีจากส่วนของดอกไม้หรือใบไม้ของพืชมาใช้เป็นอินดิเคเตอร์ได้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงอินดิเคเตอร์จากพืช

ชนิดของพืช	ช่วง pH ที่เปลี่ยน	สีที่เปลี่ยน
อัญชัญ (ม่วง)	1 – 3	แดง – ม่วง
กระเจี๊ยบ	6 – 7	แดง – เขียว
ขมิ้นชัน	6 – 7, 11 – 12	เหลือง – ส้ม ส้ม – น้ำตาล
ชบาซ้อน	7 – 8	แดง – เขียว
ดาวเรืองเหลือง	9 -10	ไม่มีสี – เหลือง
กล้วยไม้	10 – 11	ไม่มีสี – เหลือง
ทองกวาว	11- 12	เหลืองเขียว – แดง



ภาพที่ 3.7 แสดงดอกไม้บางชนิดที่นำมาใช้เป็นอินดิเคเตอร์
(ที่มา : <http://www.dnr.state.wi.us>)

การหาค่า pH ของสารละลายโดยใช้อินดิเคเตอร์หลายชนิดทำได้ไม่สะดวก จึงมีการนำอินดิเคเตอร์หลายชนิด ซึ่งเปลี่ยนสีในช่วง pH ต่างๆ มาผสมกันในสัดส่วนที่เหมาะสมได้เป็น ยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ (Universal Indicator) ซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์ที่นำมาทดสอบค่า pH ได้ค่าที่ละเอียดมากขึ้นช่วง pH ยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ ที่ทดลองสามารถบอกความเป็นกรดและเบสได้ชัดเจน ทำให้เราสามารถใช้คุณสมบัติความเป็นกรดและเบสดังกล่าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดในชีวิตประจำวันได้

การระบุค่า pH อย่างละเอียดถูกต้องทำได้โดยใช้เครื่องมือวัดที่เรียกว่า pH มิเตอร์ โดยจะสามารถบอกค่า pH เป็นตัวเลขที่หน้าปัด ได้ค่า pH ที่มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น

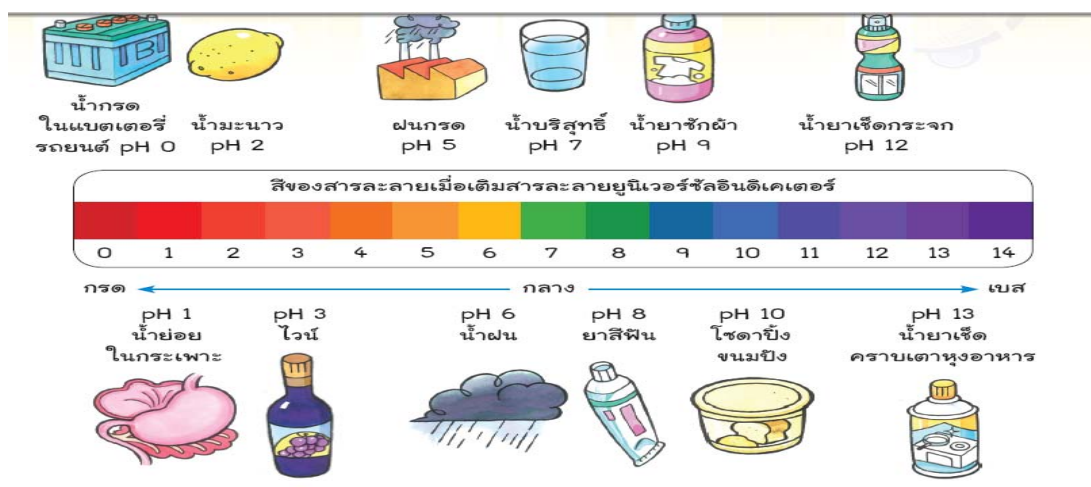


ภาพที่ 3.8 แสดง ก. ยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์



ข. pH มิเตอร์

(ที่มา : <http://www.dnr.state.wi.us/org/es/science/lc/outreach/bodresource>)



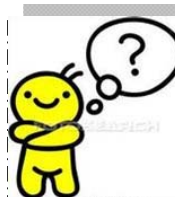
ภาพที่ 3.9 แสดง ค่า pH ของสารต่างๆ (ที่มา : <http://www.dnr.state.wi.us>)

สารต่างๆรอบตัวเรานั้นมีค่า pH เฉพาะตัว นอกจากนี้สารละลายในร่างกายของเราก็มีค่า pH ที่แตกต่างกันด้วย ดังข้อมูลในตารางที่ 3 และ 4 ตารางที่ 3 แสดง pH ของสารรอบตัวบางชนิด

สาร	pH
น้ำมะนาว	2.8 – 3.4
น้ำส้มสายชู	2.5 – 3.5
น้ำอัดลม	3.0 – 4.0
น้ำส้ม	3.0 – 4.0
มะเขือเทศ	3.8 – 4.0
น้ำกาแฟ	4.8 – 5.2
น้ำฝน	5.5 – 6.0
นมสด	6.4 – 7.0
ไข่แดง	7.8 – 8.2
น้ำทะเล	7.8 – 8.2
ยาลดกรด	9.0 – 9.5

ตารางที่ 4 แสดง pH ของสารละลายในร่างกายมนุษย์

สาร	pH
น้ำย่อยในกระเพาะอาหาร	1.6 – 2.5
ปัสสาวะ	5.5 – 7.0
น้ำลาย	6.2 – 7.4
เลือด	7.35 – 7.45
น้ำดี	7.8 – 8.6



www.dnr.state.wi.us

เป็นกรดหรือเบส เพราะเหตุใด?

มีกล่องวิเศษที่นักเรียนรับประทาน
กระเพาะไต่ดาว นักเรียนคิดว่า
ปัสสาวะของนักเรียนจะมีค่า pH เท่าไหร่

โรคกระเพาะอาหาร : ยาลดกรด

โดย พ.รศ.รัชพงศ์ เวียงเจริญ (ที่มา : <http://www.thaiclinic.com>)

โรคกระเพาะอาหารหมายถึงภาวะที่มีแผลเยื่อบุกระเพาะ และลำไส้ถูกทำลายถึงขั้นที่เรียกว่าโรคกระเพาะ แต่สามารถพบได้ทั้งที่กระเพาะและลำไส้

สาเหตุของการเกิดโรคกระเพาะมีมากมาย แต่เชื่อกันว่าสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากมีกรดในกระเพาะอาหารมาก และเยื่อบุกระเพาะอาหารอ่อนแอ

1. การหลั่งกรดผิดปกติในกระเพาะอาหาร
2. กรรมพันธุ์ พบว่าเกิดกับคนในครอบครัวเดียวกันได้บ่อย ๆ

เชื่อกันได้บ่อย ๆ

3. บุหรี่ ทำให้มีการผลิตกรดในกระเพาะอาหารมากขึ้น

4. ยา บางอย่าง มี ผลทั้งระคายเคืองกระเพาะอาหารโดยตรงและทำให้กลไกการป้องกันในกระเพาะอาหารเสียไป ได้แก่ ยาแอสไพริน

5. ความเครียดความกังวล ทำให้มีการหลั่งกรดมากขึ้น

สำหรับโรคของกระเพาะอาหารที่พบบ่อยคือ โรคแผลในกระเพาะอาหาร ซึ่งพบในประชากรวัยทำงาน และพบในชายมากกว่าหญิง อาการสำคัญคือ มีอาการปวดท้องบริเวณลิ้นปี่ มักจะสัมพันธ์กับการกินอาหาร อาการจะดีขึ้นเมื่อรับประทานยาลดกรด หรือ พบบ่อยอาการมีไข้จุกเสียด อาจจะเป็ช่วงแรกไม่พบบ่อยก็หายไป แล้วเป็ใหม่ โดย

การทายาลดกรดส่วนมากจะทาก่อนหรือหลังอาหารเป็นเวลาหาๆประมาณ 1-2 ชั่วโมง เนื่องจากการรับประทานยาลดกรดในกระเพาะอาหาร มีเหตุผลพิเศษ คือ ทำให้หน้าท้องในกระเพาะไม่เป็กรดแรงเกินไป ซึ่งการทำเช่นนี้จะมีผลช่วยให้กรดในกระเพาะอาหารไประคายเคืองหรือกัดกระเพาะอาหารน้อยลง ซึ่งช่วงก่อนหรือหลังอาหาร 1-2 ชั่วโมง เป็ช่วงที่กระเพาะอาหารว่าง มีการหลั่งกรดออกมาในปริมาณมาก ยาลดกรดจึงสามารถทำลายกรดหรือลดกรดได้ ถ้าหากไปกินยาอื่นพร้อมกับอาหารแล้ว อาจจะไม่มีประโยชน์อันใดเลย เพราะยาจะถูกผสมปนกับอาหารหมด

อย่าเข้าใจผิดคิดว่า ยาลดกรดช่วยป้องกันหรือรักษาโรคแผลในกระเพาะอาหาร เพราะยาลดกรดเป็เพียงยาที่ช่วยบรรเทาอาการปวด จุกเสียด แน่นท้อง อันเนื่องมาจากกรดสูงในกระเพาะอาหารมากเกินไปเท่านั้น ส่วนการเลี้ยงปญหากรดสูงในกระเพาะอาหารมากเกินไป ก็สามารถทำได้โดยการดื่มเหล้า สูบบุหรี่ หลีกเลี่ยงการกินอาหารรสจัด ไม่กินจุกจิกมากเกินไป กินให้เป็เวลา พักผ่อนให้เพียงพอ ไม่สูบบุหรี่หรือยาเสพติดมากเกินไป โดยมิได้ปรึกษาแพทย์หรือเภสัชกร



ภาพที่ 3.10 แสดงแผลในกระเพาะอาหาร (ที่มา : <http://www.thaiclinic.com>)

3.3 สารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวัน

ในแต่ละวันเราต้องใช้สารละลายกรด - เบส หลายชนิด บางชนิดอยู่ในอาหารที่เรารับประทาน เราใช้สารละลายกรด - เบส ในการทำความสะอาด เครื่องใช้ ของใช้ พื้นห้องน้ำ สุขภัณฑ์ สารที่ทำให้ความสะอาดร่างกายบางชนิดมีสมบัติเป็นเบส

สารละลายหลายชนิดในร่างกายของเราก็มีคุณสมบัติเป็นกรด - เบส เช่น น้ำย่อยในกระเพาะอาหารของคนเรามี pH อยู่ใน ช่วง 1.6 - 2.5 ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรด เพื่อทำหน้าที่ย่อยโปรตีน ในแต่ละวันเราต้องใช้สารทำความสะอาดเพื่อกำจัดฝุ่นละออง เหงื่อไคล และสิ่งสกปรกออกจากผิวหนังๆแต่ละส่วนของร่างกายจึงใช้ สารทำความสะอาดแตกต่างกัน เช่น

- ใช้แชมพูทำความสะอาดเส้นผม
- ใช้สบู่ทำความสะอาดผิวหนัง



ที่มา : <http://www.scherrtech.com>

บางคนใช้สารทำความสะอาดที่กับใบหน้าโดยเฉพาะ นอกจากประสิทธิภาพในกำจัดสิ่งสกปรกแล้ว สมบัติอื่นๆของสารทำความสะอาดที่ใช้กับร่างกาย เช่น กลิ่น สี รวมทั้งความเป็น กรด - เบส ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่เราต้องคำนึงถึงด้วยเมื่อจะเลือกซื้อสารทำความสะอาดกับร่างกายในสมัยก่อน สารทำความสะอาดที่ผสมอยู่ในแชมพูส่วน เมื่อสระผมด้วยน้ำกระด้างจึงเกิดไคลสบู่ออกตามเส้นผม คนในสมัยก่อนจึงนิยมขมิ้นผสมด้วยน้ำมะกรูดหรือน้ำมะนาวเพื่อกำจัดไคลสบู่ออกจากเส้นผมนั่นเอง ปัจจุบันนี้ใช้สารสังเคราะห์ซึ่งมีสมบัติเป็นสารลดแรงตึงผิวที่สามารถกำจัดสิ่งสกปรกออกจากเส้นผมได้ดีกว่าสบู่มาก นอกจากนี้ยังอาจเติมสารปรับค่า pH กลิ่น สี ให้น่าใช้และเติมสาร ที่ทำให้เนื้อแชมพูขึ้น

การใช้สารรอบตัวโดยเฉพาะสารที่มีสมบัติกัดกร่อน เช่น กรด - เบส นอกจากจะคำนึงถึงสมบัติของสารที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการใช้แล้ว ยังจะต้องคำนึงถึงผลของการใช้สารที่ อาจมีต่อสิ่งมีชีวิตอื่นและสิ่งแวดล้อมด้วย จึงควรศึกษาสมบัติของสาร วิธีใช้ และวิธีป้องกันอันตรายอย่างถูกต้อง

สารละลายกรด - เบสในชีวิตประจำวัน

สารละลายกรด - เบสในชีวิตประจำวันมีอยู่มากมาย ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังนี้
รูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS

กัญญารัตน์ โคจร

1. สารประเภททำความสะอาด

- บางชนิดมีสมบัติเป็นเบส เช่น สบู่ ผงซักฟอก น้ำยาล้างจาน
- บางชนิดมีสมบัติเป็นกรด เช่น น้ำยาล้าง ห้องน้ำ และเครื่องสุขภัณฑ์

2. สารที่ใช้ทางการเกษตร ได้แก่ ปุ๋ย

- บางชนิดมีสมบัติเป็นเบส เช่น ยูเรีย
- บางชนิดมีสมบัติเป็นกรด เช่น แอมโมเนียมคลอไรด์
- บางชนิดมีสมบัติเป็นกลาง เช่น โพแทสเซียมไนเตรด

3. สารปรุงแต่งอาหาร

- บางชนิดก็มีสมบัติเป็นเบส เช่น น้ำปูนใส น้ำขี้เถ้า
- บางชนิดมีสมบัติเป็นกรด เช่น น้ำส้มสายชู น้ำมะนาว
- บางชนิดมีสมบัติเป็นกลาง เช่น เกลือแกง น้ำตาลทราย

4. ยารักษาโรค

- บางชนิดก็มีสมบัติเป็นเบส เช่น ยาแอสไพริน
- บางชนิดก็มีสมบัติเป็นกรด เช่น ยาสดกรด ยาธาตุ

5. เครื่องสำอาง

- บางชนิดมีสมบัติเป็นกลาง เช่น น้ำหอม ยารักษาสิวฝ้า



ห้ภริยาคิดว่าถ้าสารในโลกนี้
ไม่มีคุณสมบัติความขี้
กรด-บส จะส่งผลต่อการ

คำถามชีวิตของมนุษย์อย่างไรร ?

[illegible]

ภาพที่ 3.11 แสดง กรดและเบสในชีวิตประจำวัน (ที่มา: <http://www.scherrtech.com>)

กรดเป็นสารที่มีพิษต่อมนุษย์และสัตว์ เพราะมีฤทธิ์ในการกัดกร่อน เช่น สามารถกัดกร่อนผิวหนังให้เกิดการอักเสบและถ้าสูดดมเอาไอของกรดเข้าไปจะเป็นพิษต่อระบบหายใจ ดังนั้น ในการใช้สารที่มีฤทธิ์เป็น

กรดในชีวิตประจำวันจะต้องใช้อย่างระมัดระวัง โดยเฉพาะภาชนะที่นำมาบรรจุสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น น้ำส้มสายชู น้ำมะนาว น้ำมะขามเปียก ควรใช้ภาชนะที่เป็นแก้วหรือกระเบื้องเคลือบ ไม่ควรใช้ภาชนะบรรจุที่เป็นโลหะและพลาสติกโดยเด็ดขาด

นอกจากนี้การใช้สารปรุงแต่งอาหารให้มีรสเปรี้ยว เราต้องแน่ใจว่าสารนั้นไม่มีอันตราย ทั้งนี้ เป็นเพราะผู้ผลิตบางรายได้นำกรดกำมะถันซึ่งเป็นกรดที่มีฤทธิ์กัดกร่อนสูงมาทำให้เจือจางด้วยน้ำ แล้วปลอมปนนำมาขายแทนน้ำส้มสายชู เมื่อผู้บริโภคเข้าไปจะทำให้สารเคลือบฟันถูกกัดกร่อน กระเพาะอาหารและลำไส้จะถูกกรดกัดกร่อนเป็นแผล ดังนั้น การใช้มะขามหรือน้ำมะนาวมาปรุงแต่งรสเปรี้ยวของอาหาร แทนน้ำส้มสายชูจะมีความปลอดภัยมากกว่า

สำหรับเบสต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง และใช้ให้ถูกวิธี เช่น ผงซักฟอกใช้ซักล้างเสื้อผ้า ไม่ควรนำผงซักฟอกมาใช้ล้างจาน ชาม ถ้วยแก้ว กระทะ หม้อบรรจุอาหาร เพราะอาจจะมีสารตกค้างจากผงซักฟอก ซึ่งเป็นอันตรายเมื่อบริโภคเข้าไปและไม่ควรนำมาใช้สระผม เพราะเบสในผงซักฟอกกัดกร่อนหนังศีรษะ และเส้นผมได้

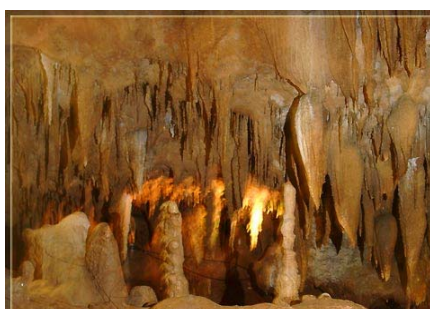


หากมีความจำเป็ที่
ต้องการสัมผัสกับสาร
ละลายกรดหรือเบส
ห้กเรี่ยฯ จะมีวิธีป้องกัน

อ้หตรายได้อย่างไร?

Wunsa (Acid rain)

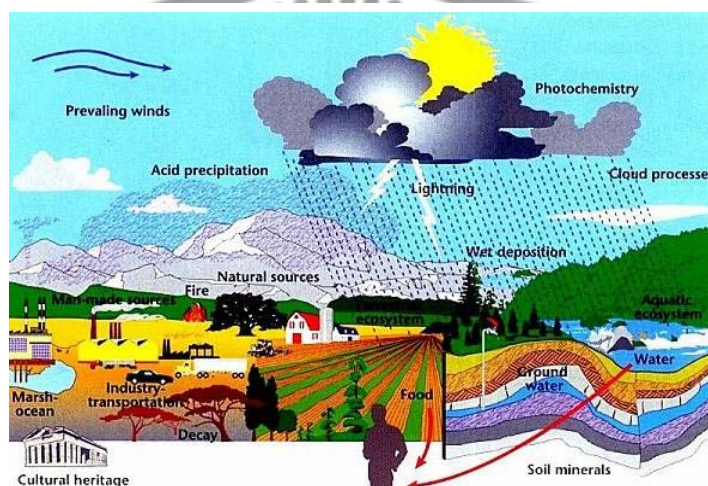
เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติอันเกิดเนื่องมาจากมลภาวะทางอากาศ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดมาจากการกระบวนการผลิตไฟฟ้าและอุตสาหกรรมทั่วไปของมนุษย์ โดยฝนกรดก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ต่อสภาพแวดล้อมมากมาย



ฝนกรดเป็นผลมาจากแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfur dioxide: SO_2) และไนโตรเจนออกไซด์ (nitrogen oxide: NO) โดยแก๊สทั้งสองชนิดนี้มักจะเกิดจากการเผาผลาญเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน แก๊สธรรมชาติและน้ำมัน แก๊สทั้งสองชนิดนี้จะทำ

ปฏิกิริยากับน้ำ (water: H_2O) และสารเคมีอื่น ๆ ในชั้นบรรยากาศเพื่อก่อให้เกิดกรดซัลฟิวริก (sulfuric acid: H_2SO_4) , กรดไนตริก (nitric acid: HNO_3) และสารมลพิษอื่น ๆ แก๊สเหล่านี้มักจะทำปฏิกิริยากับสารเคมีจะส่งผล ทำให้อากาศรอบอ่าวอากาศร้อนขึ้นทำให้เกิดมลพิษทางอากาศเมื่อไปโดนกับออกซิเจน อาจถูกกระแสลมพัดพาไปหลายร้อยกิโลเมตร และมักจะกลับสู่พื้นโลกโดยฝน หิมะ หมอก หรือแม้แต่ในรูปแบบฝนกรดเอง

ความเสียหายอันเกิดมาจากฝนกรดได้แพร่ขยายไปทั่วอเมริกาเหนือ ยุโรป ญี่ปุ่น จีน และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ฝนกรดจะละลายปุ๋ยในดิน ทำให้พืชเติบโตช้า เมื่อไหลลงแหล่งน้ำ ก็จะทำให้แหล่งน้ำนั้นๆ ไม่เอื้ออำนวยให้สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ได้ หรือแม้แต่ในเมืองเอง ฝนกรดก็ก่อให้เกิดปัญหากับสิ่งก่อสร้างต่างๆ หรืออาจจะจับตัวรวมกับหมอกก่อให้เกิดหมอกควันพิษ (smog) ที่ทำอันตรายกับระบบทางเดินหายใจ และอาจรุนแรงถึงชีวิตได้หากมีมากถึงระดับหนึ่ง



ภาพที่ 3.13 รูปแสดง การเกิดฝนกรด (ที่มา : <http://www.wikidict.de/de/toplist/th>)

ผลกระทบจากฝนกรด

ฝนกรดจะทำปฏิกิริยาเคมีกับวัตถุใด ๆ ที่มันสัมผัส กรดคือสารเคมีใด ๆ ที่ทำปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ โดยจะจ่ายอะตอมไฮโดรเจน (hydrogen: H) ออกไป ความเป็นกรดของสารใด ๆ เกิดจากการที่มีอะตอมไฮโดรเจนอิสระมากมายเกิดขึ้นจากการละลายสารนั้น ๆ ในน้ำ การวัดค่าสารที่เป็นกรดเราใช้มาตรา pH เป็นหน่วยในการวัด โดยจะมีค่าเป็นไปได้ตั้งแต่ 0 ถึง 14 การที่สารใด ๆ นั้นจะเป็นกรดได้นั้นหมายถึงสารนั้น ๆ จะต้องมีความ pH ตั้งแต่ 1 ถึง 6 โดยค่ายิ่งน้อยเท่าไร หมายถึงยิ่งเป็นกรดแก่เท่านั้น ในทางกลับกัน สารที่มีความ pH ตั้งแต่ 8 ถึง 14 เราจะเรียกว่าเบส (bases หรือ alkalis) โดยสารเหล่านี้จะทำการรับอะตอมไฮโดรเจนแทน น้ำบริสุทธิ์มีค่า pH เป็น 7 กล่าวคือไม่ได้เป็นกรด และเป็นเบส เราเรียกสารแบบนี้ว่า สารที่เป็นกลาง โดยทั่วไปแล้วถ้าฝน หิมะ หรือหมอกที่มีความ pH น้อยกว่า 5.6 เรา

จะถือว่าฝน หิมะ หรือหมอก เหล่านี้เป็นพืช เมื่อใดก็ตามที่กรรวมตัวกับเบส เบสจะทำให้ความเป็นกรดลดน้อยลงมาได้ ซึ่งฝนในบรรยากาศปกติจะมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน ๆ อยู่แล้ว มักจะทำปฏิกิริยากับเบสอื่น ๆ ในธรรมชาติทำให้เกิดสมดุลขึ้น แต่เมื่อใดก็ตามที่ปริมาณกรดในบรรยากาศเพิ่มขึ้น จึงทำให้สมดุลตรงนี้เสียหายไป จึงทำให้เกิดความเสียหายต่าง ๆ กับสภาพแวดล้อมมากมาย ตั้งแต่ดิน น้ำ สัตว์ต่าง ๆ รวมไปถึงสิ่งก่อสร้างของมนุษย์

ผลกระทบที่มีต่อดิน

ฝนกรดจะทำการละลายและพัดพาปุ๋ยและสารอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของต้นไม้ไป นอกจากนี้แล้วอาจจะยังละลายสารพิษอื่น ๆ ที่มีอยู่ทั่วไปในดิน เช่นอะลูมิเนียม (aluminum: Al) และปรอท (mercury: Hg) โดยพัดพาสารเหล่านี้ลงไปในแหล่งน้ำ ก่อให้เกิดอันตรายกับระบบนิเวศในน้ำต่อไป)



ภาพที่ 3.14 ฝนกรดกับปุ๋ย

(ที่มา: <http://www.thaigoodview.com>)

ผลกระทบที่มีต่อต้นไม้

นอกจากต้นไม้จะได้รับผลกระทบจากการที่สารอาหารในดินถูกชะล้างไปแล้ว ฝนกรดเหล่านี้ยังเป็นอันตรายต่อใบของพืชด้วย โดยการกัดกร่อนใบ ทำให้เกิดรูโหว่ ทำให้พืชขาดความสามารถในการผลิตอาหารจากการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis: ความสามารถในการสร้างอาหารของพืชโดยใช้น้ำ ออกซิเจน และแสงเป็นวัตถุดิบ) นอกจากนี้แล้วเชื้อโรคต่าง ๆ อาจทำอันตรายกับพืชได้โดยเข้าผ่านทางแผลที่ใบ ทำให้ต้นไม้อ่อนแอต่อสภาวะอื่นๆ อีกมากมายไม่ว่าจะเป็นความร้อน ความเย็น ให้น้ำยืนต้นตายจากรากขึ้นไปถึงใบ เพราะแร่ธาตุในดิน เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส เป็นต้น โดนชะล้างจากฝนกรด ทำให้ต้นไม้ไม่มีแร่ธาตุจะใช้



ภาพที่ 3.15 ฝนกรดทำให้ต้นไม้ตาย

(ที่มา: <http://ga.water.usgs.gov/edu>)

ผลกระทบต่อการเกษตร

สำหรับปัญหาเกี่ยวกับพืชผลทางการเกษตรถือได้ว่าน้อยกว่าที่พืชในป่าทั่วไปได้รับ เพราะโดยทั่วไปปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตรมีความสามารถในการรองรับกรดได้มากกว่าปกติเล็กน้อยอยู่แล้ว อย่างไรก็ตามเกษตรกรควรตรวจสอบสภาพของดินอย่างสม่ำเสมอ หากบางพื้นที่ประสบปัญหาสภาพดินเป็นกรดสามารถเติมปูนขาวลงไปในดินเพื่อให้เกิดสมดุลได้โดยไม่ต้องมีผลข้างเคียงใด ๆ การเจริญเติบโตของพืชจะไม่ออกมาเป็นไปตามธรรมชาติจะมีการขยายพันธุ์ที่รวดเร็วเกินไปเป็นจำนวนมากคล้ายกับหวั่นโซ่อาหาร

ผลกระทบต่อแหล่งน้ำ

เมื่อฝนกรดตกลงมาและถูกดูดซึมลงสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ ได้โดยง่าย น้ำบริสุทธิ์ในธรรมชาติทั่วไปมักเป็นกรดอ่อน ๆ หรือเบสอ่อน ๆ โดยค่า pH จะอยู่ที่ประมาณ 6 – 8 อย่างไรก็ตามฝนกรดอาจทำให้ค่า pH ในแหล่งน้ำบางแหล่งลดลงต่ำกว่านั้น ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้น ๆ รวมไปถึงความสามารถในการละลายออกซิเจนในน้ำที่ลดน้อยลง เมื่อน้ำไม่สามารถละลายออกซิเจนไว้ได้ สิ่งมีชีวิตใต้น้ำก็ไม่สามารถหายใจได้ตามปกติจึงต้องล้มตายไป ก่อให้เกิดผลกระทบโดยตรงกับระบบนิเวศน์ โดยสิ่งมีชีวิตทั่วไปจะเริ่มล้มตายเมื่อค่า pH เริ่มลดลงต่ำกว่า 6.0 ไซปลาจะไม่สามารถฟักออกเป็นตัวได้เมื่อค่า pH ลดลงถึง 5.0 และเมื่อใดก็ตามที่ค่า pH ของน้ำลดลงต่ำกว่า 4.5 แหล่งน้ำจะไม่สามารถดำรงสิ่งมีชีวิตใดๆ ได้อีก

สัตว์บกเองก็เชื่อว่าจะไม่ได้รับผลกระทบจากแหล่งน้ำที่เป็นกรด หอยทากที่อาศัยอยู่ใกล้แหล่งน้ำที่เป็นกรดจะเกิดปัญหากับเปลือกหอยของมัน ทำให้เปลือกไม่แข็งแรง และเมื่อนกกินหอยทากเหล่านี้เข้าไป ส่งผลให้นกขาดสารแคลเซียม ก่อให้เกิดปัญหาเปลือกไขบางในนกบางชนิดอีกด้วย

ผลกระทบที่มีต่อสิ่งปลูกสร้างของมนุษย์



ภาพที่ 3.16 แสดงรูปปั้นที่โดนฝนกรดกัดกร่อน

(ที่มา : <http://www.scherrtech.com>)

ความเสียหายจากฝนกรดที่ปราสาทลินคอล์นในอังกฤษ ทำให้เกิดก้อนปูนปูดขึ้นมาจากเนื้อหินและปัญหาตามมาคือเกิดปลวกขึ้นตามไม้จากสิ่งปลูกสร้างของมนุษย์ ฝนกรดอาจทำความเสียหายอย่างรุนแรงกับสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ของมนุษย์ โดยสิ่งที่เห็นได้ชัดที่สุดคือปูนที่ถูกฝนกรด ละลายออกมา ทำให้เกิดความเสียหายที่ยากจะซ่อมแซมได้ในบางกรณี ซึ่งสิ่งนี้กำลังเป็นปัญหาใหญ่ในการปกป้องสิ่งปลูกสร้างเก่า ๆ และสถานที่สำคัญของประวัติศาสตร์ของมนุษยชาติ

ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์

แหล่งน้ำที่เป็นกรดไม่ก่อให้เกิดปัญหากับมนุษย์เท่าไรนัก ไม่มีปัญหาอะไรถ้าเราจะว่ายน้ำในทะเลสาบที่เป็นกรด แต่อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่สำคัญไม่ได้อยู่ที่ความเป็นกรดของน้ำ หากแต่เป็นเพราะสารพิษที่ละลายมาจากดินลงสู่แหล่งน้ำต่างหาก ในสวีเดน มีทะเลสาบมากกว่าหนึ่งหมื่นแห่งที่ได้รับผลกระทบจากฝนกรด ทำให้มีสารปรอทละลายอยู่เป็นจำนวนมาก ประชาชนบริเวณแถบนั้นได้รับการเตือนโดยทางการไม่ให้รับประทานปลาที่จับมาจากแหล่งน้ำเหล่านั้น

สำหรับในอากาศ กรดเหล่านี้อาจรวมตัวกับสารเคมีอื่น ๆ ก่อให้เกิดหมอกควันที่เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจและทำให้หายใจได้ลำบากโดยเฉพาะกับคนที่มีโรคหอบหืด หรือโรคทางเดินหายใจอื่นๆ อยู่แล้ว อาการอาจกำเริบรุนแรงจนถึงแก่ชีวิตได้

ฝนกรด และสภาวะโลกร้อน

เป็นที่น่าแปลกใจที่ฝนกรดกลับมีประโยชน์ให้กับสิ่งแวดล้อมในจุดนี้ สารซัลเฟตที่ละลายอยู่ในบรรยากาศสามารถที่จะสะท้อนแสงอาทิตย์ออกไปจากโลกได้ ทำให้ความร้อนของโลกนั้นเพิ่มขึ้นช้าลง นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่ามลภาวะฝนกรดสามารถช่วยชะลอจุดวิกฤตของสภาวะโลกร้อนออกไปได้หลายสิบปีเลยทีเดียว



ภาพที่ 3.17 แสดงผลกระทบจากฝนกรด

(ที่มา: <http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi3/air-energy/rainac.htm>)

การแก้ไขและป้องกันปัญหาฝนกรด

การลดปัญหาฝนกรดสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยวิธีการลดปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ที่จะเข้าสู่บรรยากาศจากโรงงานไฟฟ้า ยานพาหนะ และโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป วิธีที่ง่ายที่สุดคือการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลโดยการประหยัดพลังงาน ไม่ว่าจะเป็นใครก็สามารถช่วยโลกด้วยวิธีนี้ได้ การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ ประหยัดพลังงาน การใช้ระบบขนส่งมวลชน เหล่านี้ล้วนเป็นวิธีการลดปัญหาฝนกรดได้อย่างชะงักก็เดียว

การลดปัญหาเมื่อเกิดฝนกรดขึ้นแล้วก็นับว่าได้ผลเช่นกัน ที่นอร์เวย์และสวีเดน ปัญหาเหล่านี้ได้ถูกแก้ไขโดยการเติมปูนขาวลงในแหล่งน้ำต่าง ๆ และยังมีการเติมปูนขาวลงในถังเก็บน้ำเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายกับท่อประปา ในตัวเมืองเอง การใช้สีหรือสารอื่น ๆ ที่สามารถป้องกันฝนกรดได้เคลือบทาไว้บนสิ่งปลูกสร้างก็สามารถลดปัญหาได้อย่างชะงัด

คำถามท้ายบท



1. ให้อธิบายวิธีทำเครื่องขยาย / หักข้อความที่กล่าวถูกต้อง
เครื่องขยาย x หักข้อความที่กล่าวไม่ถูกต้อง?

- 1.1 กรดทุกชนิดรับประทานได้
- 1.2 เบสทำปฏิกิริยากับไขมันแล้วได้สบู่
- 1.3 ไอออนทุกชนิดทำปฏิกิริยากับเบสได้กับไฮดรอกไซด์
- 1.4 ระดับความเป็นกรดเพิ่มขึ้นค่า pH จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย
- 1.5 กรดที่รับประทานได้ต้องไม่เปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์

2. จงบอกคุณสมบัติของกรด?

3. หยาล้างห้องครัวและเครื่องสุขภัณฑ์ ทำมาจากปฏิกิริยาของสารชนิดใด?

4. ถ้าทำการทดลองแล้วพบว่า สาร A เปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์จากสีม่วงเป็นสีเขียว สาร A ควรเป็นสารจำพวกใด?

5. จงใช้สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาของ กรด-เบสในชีวิตประจำวัน?



ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้

ใบกิจกรรมที่ 3.3

เรื่อง : ปฏิบัติของสารละลายกรด-เบส

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. ทดลองและอธิบายวิธีการปรับค่าความเป็นกรดและเบสของสารละลายโดยการเติมสารที่มีสมบัติตรงกันข้าม
2. ทดสอบและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับสมบัติของกรดและเบส ของสารละลาย โดยใช้อินดิเคเตอร์

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 0.1 mol/dm^3
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก สารละลายกรดซัลฟิวริก 0.1 mol/dm^3
3. น้ำมะนาว วิตามินซี น้ำส้มสายชู
4. สารละลายผงซักฟอก สบู่ ยาลดกรด
5. กระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ กระดาษลิตมัส เมทิลเรด ฟีนอล์ฟทาลีน
6. กระดาษฟิคา
7. กระดาษทรายแบบละเอียดและแบบหยาบ
8. ถาดหลุมพลาสติก
9. กระบอกตวงขนาด 10 cm^3
10. แท่งแก้วคนสาร
11. หลอดทดลองขนาดเล็กขนาด 10 cm^3 และที่วางหลอดทดลอง
12. หลอดหยดสาร
13. บีกเกอร์ ขนาด 50 cm^3

ขั้นตอนการทำการทดลอง

1. นักเรียนตั้งคำถาม และ อภิปรายเพื่อออกแบบ วางแผน และลงมือปฏิบัติทำการทดลองตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้
2. นักเรียนแต่ละกลุ่ม เขียนบันทึก วัสดุ อุปกรณ์ที่เลือกใช้ วิธีการทำการทดลอง และทำการทดลอง พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง
3. นักเรียนตอบคำถาม และเตรียมนำเสนอผลงาน



การทำกิจกรรม

ข้อสงสัย



ทางเลือกที่ได้สร้างขึ้นเพื่อหาคำตอบของปัญหา

วิธีการแก้ปัญหา

อุปกรณ์ที่เลือกใช้

วิธีการ



บันทึกผลการทดลอง

ข้อสรุปจากการทดลอง/คำตอบ/คำอธิบายที่นักเรียนสร้างขึ้น





จุดบกพร่องและ ข้อแก้ไข

คำอธิบาย/คำตอบที่ถูกต้องของข้อสงสัย (ปฏิกิริยาของสารละลายกรดและเบส)



ใบกิจกรรมที่ 3.3/1
เรื่อง: ปฏิบัติการของสารละลายกรด-เบส

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. ทดลองและอธิบายวิธีการปรับค่าความเป็นกรดและเบสของสารละลายโดยการเติมสารที่มีสมบัติตรงกันข้าม
2. ทดสอบและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับสมบัติของกรดและเบส ของสารละลาย โดยใช้อินดิเคเตอร์

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 0.1 mol/dm^3
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก สารละลายกรดซัลฟิวริก 0.1 mol/dm^3
3. น้ำมะนาว วิตามินซี น้ำส้มสายชู
4. สารละลายผงซักฟอก สบู่ ยาลดกรด
5. กระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ กระดาษลิตมัส เมทิลเรด ฟีนอล์ฟทาลีน
6. กระดาษนาฬิกา
7. กระดาษทรายละเอียดและแบบหยาบ
8. ถาดหลุมพลาสติก
9. กระบอกตวงขนาด 10 cm^3
10. แท่งแก้วคนสาร
11. หลอดทดลองขนาดเล็กขนาด 10 cm^3 และที่วางหลอดทดลอง
12. หลอดหยดสาร
13. ปีกเกอร์ ขนาด 10 cm^3

ขั้นตอนการทำการทดลอง

1. นักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อทำความเข้าใจถึงวิธีการที่ได้ออกแบบวางแผนไว้เพื่อทำการทดลองเพื่อหาคำตอบของปัญหา
2. นักเรียนและครูผู้สอนจัดเตรียมอุปกรณ์ และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้วางแผน แบ่งหน้าที่ ลงมือปฏิบัติทำการทดลอง
3. นักเรียนลงมือปฏิบัติตามขั้นตอนที่แต่ละกลุ่มได้วางแผน โดยอาจจะยึดหลักโดยทั่วไป ดังนี้





3.1 ใส่สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 20 หยด ลงในหลอดทดลองที่ 1 ตรวจสอบ pH ของสารละลายด้วยกระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ บันทึกผล

3.2 ตรวจสอบ pH ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ด้วยกระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ บันทึกผล

3.3 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 5 หยด ลงไปในหลอดทดลองที่ 1 ตรวจสอบ pH ของสารละลายด้วยกระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ บันทึกผล

3.4 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ครั้งละ 5 หยด ลงไปในหลอดทดลองที่ 1 จนครบ 25 หยด ตรวจสอบ pH ของสารละลายด้วยกระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ทุกครั้งที่ได้เติม บันทึกผล

3.5 ทำการทดลองซ้ำ แต่เปลี่ยนเป็นเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

4. นักเรียนทำการเก็บอุปกรณ์ และสรุปผลการทดลอง

5. นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง และสร้างคำอธิบาย

การทำกิจกรรม

ข้อสงสัย

.....

.....

.....

.....

.....

ทางเลือกที่ได้สร้างขึ้นเพื่อหาคำตอบของปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



ตารางบันทึกผลการทดลอง

สารละลายตัวอย่างและค่า pH		จำนวนหยดของสารละลาย		ค่า pH ของ สารละลายผสม
สาร	ค่า pH	ไฮโดรคลอริก	โซเดียมไฮดรอกไซด์	
กรดไฮโดรคลอริก (HCl)		20	5	
		20	10	
		20	15	
		20	20	
		20	25	
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)		5	20	
		10	20	
		15	20	
		20	20	
		25	20	

ข้อสรุปจากการทดลอง/ คำตอบ/คำอธิบายที่นักเรียนสร้างขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



จุดบกพร่องและ ข้อแก้ไข

คำอธิบาย/คำตอบที่ถูกต้องของข้อสงสัย (ปฏิกิริยาของสารละลายกรดและเบส)



คำถามท้ายกิจกรรม



1. เพราะเหตุใดเมื่อเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มไปเรื่อยๆ ของยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์จึงเปลี่ยนไป?

.....

.....

.....

2. การเติมสารละลายกรดลงในสารละลายเบส และการเติมสารละลายเบสลงในสารละลายกรด เกิดการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร?

.....

.....

.....

3. การตรวจสอบสมบัติของสารละลายกรดที่เติมสารละลายเบสลงไป ค่า pH ที่เกิดขึ้นเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพราะเหตุใด?

.....

.....

.....

4. นักเรียนคิดว่าการเติมสารละลายเบสลงไปในการเติมสารละลายกรด เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 40 หยด จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพราะเหตุใด จงอธิบาย?

.....

.....

.....

5. จากความรู้จากกิจกรรมนี้ สามารถนำไปใช้กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง?

.....

.....

.....

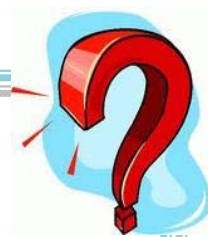


กิจกรรมร่วมด้วยช่วยกันคิด: กรด-เบสกับการดำรงชีวิต

คำชี้แจง...ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า ถ้าสารในโลกนี้ไม่มีสมบัติเป็นกรด-เบส ทุกชนิดเป็นกลาง จะส่งผลต่อการดำรงชีวิตหรือไม่ อย่างไร?
โดยให้อภิปราย ให้หลากหลายและมากที่สุด

A large rectangular box with a decorative border, containing horizontal dotted lines for writing. The border is drawn with a thick black line, and the interior is filled with horizontal dotted lines. The box is designed for students to write their answers to the discussion question.

กิจกรรม ตัวหนังสือล่องหน



จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. นักเรียนสามารถนำความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส มาใช้แก้ปัญหา และอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่มีในชีวิตประจำวันได้
2. นักเรียนมีพัฒนาการทางด้านทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่ดีขึ้น

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. สารละลายแอมโมเนีย
2. ฟีนอล์ฟทาลีน
3. กระดาษสี A4
4. ขวดสเปรย์
5. กระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ และ กระดาษลิตมัส
6. พู่กัน
7. แท่งแก้วคนสาร
8. บีกเกอร์ ขนาด 50 cm³
9. วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีอื่นๆที่นักเรียนต้องการ



ขั้นตอนการทำการทดลอง

1. นักเรียนและครูร่วมกันสาธิตกิจกรรมตัวหนังสือล่องหน โดย
 - 1.1 เขียนข้อความที่ต้องการลงในกระดาษกระดาษสี A4 ด้วยสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน แล้วรอให้แห้ง แล้วนำไปติดโชว์
 - 1.2 เตรียมสารละลายแอมโมเนียใส่ในขวดสเปรย์
 - 1.3 ให้นักเรียนทำการสเปรย์สารลงบนกระดาษกระดาษสี A4 ตัวหนังสือก็จะปรากฏออกมา แล้วระยะหนึ่งตัวหนังสือนั้นก็หายไปในอีกครั้ง
2. นักเรียน สังเกต และตั้งข้อสงสัยเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม นักสืบน้อย (Detective Project) โดยนักเรียนต้องทำการนำเสนอผลงานและทำกิจกรรมเพื่อแก้ปัญหาตามที่แต่ละกลุ่มได้วางแผนไว้ หลังจากที่ยื่นกรด-เบส เสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มต้องทำการแจ้งรายละเอียดของวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ต้องใช้ล่วงหน้าก่อนอย่างน้อย 1 วัน ก่อนทำกิจกรรม

กิจกรรม นักสืบน้อย (*Detective Project*): ตัวหนังสือล่องหน

รายชื่อสมาชิกในกลุ่ม

โรงเรียน..... วันที่.....

1.ชื่อ..... เลขที่..... ชั้น.....

2.ชื่อ..... เลขที่..... ชั้น.....

3.ชื่อ..... เลขที่..... ชั้น.....

4.ชื่อ..... เลขที่..... ชั้น.....

5.ชื่อ..... เลขที่..... ชั้น.....

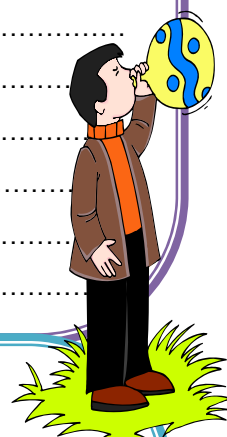
คำชี้แจง

- งานชิ้นนี้ใช้เวลาเพียงไม่กี่ชั่วโมงเพื่อใช้ทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
- ให้นักเรียนอ่านโจทย์ให้เข้าใจก่อนลงมือทำ ซึ่งนักเรียนจะได้คะแนนสูงสุดถ้าตอบได้มากที่สุด และมีเหตุผลประกอบความคิดที่เป็ของตัวเอง หรือตอบในสิ่งที่แตกต่างจากคนอื่นให้ครอบคลุมในทุกด้าน
- คำตอบจากการตอบคำถามนี้จะไม่ส่งผลใดต่อกิจกรรมของนักเรียนในชิ้นนี้
- กรุณาตอบคำถามด้วยความรู้ที่ตนเองมีอยู่ และไม่ต้องสนใจกับการวาดรูป แต่กรุณาให้ความสนใจกับแนวความคิดและการอธิบาย



ข้อที่ 4

จากสถานการณ์ปัญหาข้างต้น ให้เกียรติขอออกแบบวางแผนการทำงานให้หลากหลาย เพื่อให้
เกียรติสรุปว่าแผนงานใดที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ



ข้อที่ 5

จากสถานการณ์ปัญหาข้างต้น ที่เกษตรกรได้ตั้งปัญหา ขาดความรู้ทางแก้ปัญหา และขอแบบบวาง
แบบการทำงานมาแล้ว ให้เกษตรกรทำการลงมือแก้ปัญหา

ខ្លឹមសារ



หลักการ และวิธีการ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



วิธีการทดลอง/พิสูจน์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

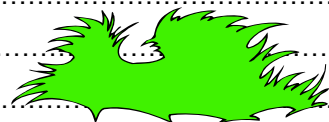
.....

.....

.....

.....

ผลการทดลอง



คำอธิบาย กิจกรรมตัวหึ่งเพื่อห้องห%



Detective Project

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย



ตัวอย่างเครื่องมือวิจัยชุดที่1: แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

.....

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบนี้มีทั้งหมด 30 ข้อ ให้เวลาทำ 45 นาที
2. ข้อสอบชุดนี้มี 2 ตอน แบ่งเป็นตอนที่ 1 แบบปรนัยชนิดเลือกตอบที่มีตัวเลือก 4 ตัว ก. ข. ค. และ ง. จำนวน 25 ข้อ และตอนที่ 2 แบบอัตนัยให้นักเรียนเขียนอธิบายอีก จำนวน 5 ข้อ
3. ในตอนที่ 1 ให้นักเรียนพิจารณาคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ ดังตัวอย่าง

ข้อ	ก	ข	ค	ง
0			X	

ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ชัดเจนเครื่องหมาย = ทับคำตอบเดิม แล้วจึงทำ เครื่องหมายกากบาท (X) ตัวเลือกใหม่ ดังตัวอย่าง

ข้อ	ก	ข	ค	ง
0		X	X	

4. ในตอนที่ 2 ข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ ให้นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบให้ชัดเจนลงในช่องว่างที่กำหนดให้
5. ห้ามขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ ลงในแบบทดสอบฉบับนี้เป็นอันขาด หากต้องการทดเลขให้ทำลงในกระดาษที่แจกให้
6. ให้นักเรียนส่งคืนแบบทดสอบและกระดาษคำตอบให้กรรมการคุมสอบทันทีเมื่อหมดเวลา
7. ให้เขียนชื่อนามสกุล ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้เรียบร้อย

ตอนที่ 1

1. ข้อใดต่อไปนี้ไม่ใช่สาร?

- ก. อากาศ ข. ควัน ค. ความร้อน ง. ไขมัน

2. สาร A มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ข้อสรุปใด ไม่ถูกต้อง?

- ก. สาร A เป็นสารเนื้อผสม ข. สาร A เป็นสารละลาย
ค. สาร A ประกอบด้วยสารเพียงชนิดเดียว ง. สาร A ประกอบด้วยสารมากกว่าหนึ่งชนิด

3. ตารางแสดงสมบัติของสาร A และ B เป็นดังนี้

สาร	จุดหลอมเหลว ($^{\circ}\text{C}$)	จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	ความหนาแน่น (g/cm^3)	การละลายน้ำ
A	12	148	1.2	ไม่ละลาย
B	20	160	1.1	ละลาย

จากข้อมูล วิธีการใดสะดวกและรวดเร็วในการตรวจสอบว่าเป็นสาร A หรือสาร B?

- ก. ตรวจสอบจุดหลอมเหลว ข. ตรวจสอบจุดเดือด
ค. ตรวจสอบความหนาแน่น ง. ตรวจสอบการละลายน้ำ

4. ข้อใดกล่าวถูกต้อง?

- I : ของแข็งมีปริมาตรและรูปร่างคงที่
II : ของเหลวมีปริมาตรคงที่แต่รูปร่างไม่คงที่
III : แก๊สมีรูปร่างและปริมาตรที่ไม่คงที่
IV : ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ต้องการที่อยู่
ก. I, II, IV ถูก ข. II, III, IV ถูก
ค. I, II, III ถูก ง. I, II, III, IV ถูก

5. ในขณะที่น้ำแข็งกลายเป็นน้ำ มวลของน้ำจะแตกต่างกับมวลของน้ำแข็งอย่างไร ถ้าปริมาตรของน้ำและน้ำแข็งคงที่?

- ก. น้ำมีน้ำหนักมากกว่าน้ำแข็ง ข. น้ำกับน้ำแข็งมีน้ำหนักเท่ากัน
ค. น้ำมีน้ำหนักน้อยกว่าน้ำแข็ง ง. ไม่สามารถระบุได้

6. เมื่อนำน้ำใส่ในช่องแช่แข็งของตู้เย็น ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วหลังจากนั้นนำลูกโป่งไปครอบไว้ที่ปากขวด แล้วนำขวดนี้ออกมาตั้งทิ้งไว้ข้างนอกตู้เย็น จะมีการเปลี่ยนแปลงกับลูกโป่งอย่างไร?

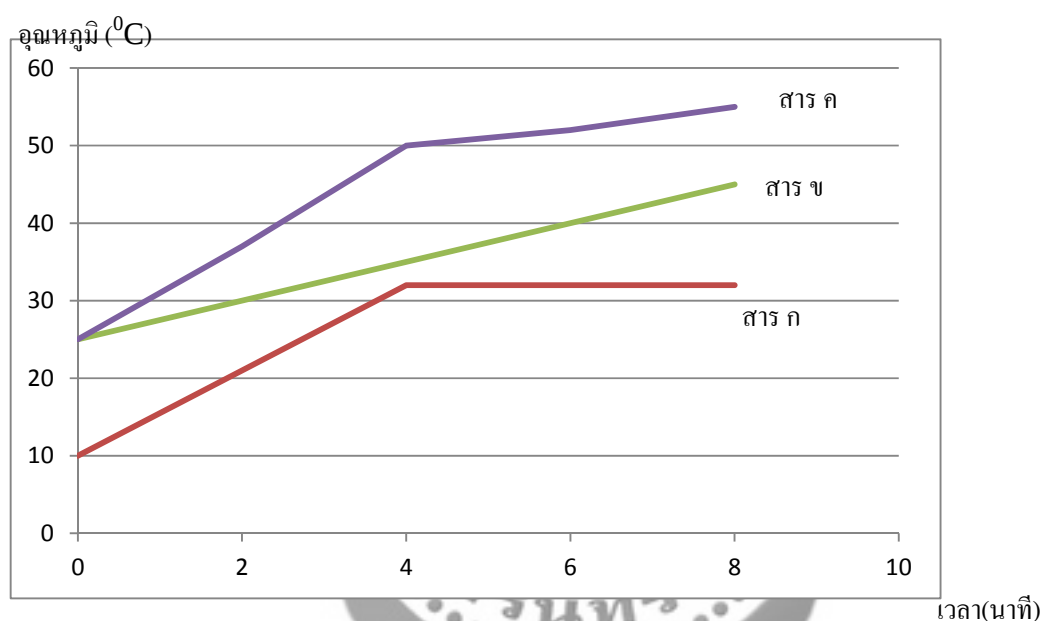
- ก. ลูกโป่งจะแฟบลง ข. ลูกโป่งจะพองขึ้น
ค. ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ง. ลูกโป่งจะพองแล้วแฟบลง

ตอนที่ 2

26. จากการทดลองหาจุดเดือดของสารละลาย 3 ชนิด ได้ผลการทดลองดังกราฟข้างล่าง

ให้นักเรียนลองตั้งสมมุติฐานว่าสารทั้ง 3 ชนิดควรเป็นสารอะไร และออกแบบการทดลอง พร้อมทั้งสรุปผลการทดลอง และอธิบายว่าทำไมผลการทดลองที่ได้จึงเป็นเช่นนั้น?

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาในการหาจุดเดือดของสารทั้ง 3 ชนิด



สมมุติฐาน.....

.....

.....

ออกแบบการทดลอง.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง.....

.....

.....

อธิบายผลการทดลอง.....

.....

.....

ตัวอย่างเครื่องมือวิจัยชุดที่ 2 : แบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น/ห้อง.....
โรงเรียน.....วันที่.....

คำชี้แจง

- แบบทดสอบนี้ใช้เพื่อวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน ให้นักเรียนอ่านคำชี้แจงให้เข้าใจก่อนลงมือทำ โดยแบบทดสอบชุดนี้จะเป็นข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกัน
- แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 5 ข้อ ให้เวลาทำ 30 นาที ซึ่งนักเรียนจะได้คะแนนสูงสุดถ้าตอบได้อย่างหลากหลาย ครบคลุม มากวิธี และมีเหตุผล แนวคิดที่เป็นของตัวเอง หรือตอบในสิ่งที่แตกต่างจากคนอื่น
- คำตอบจากการตอบคำถามนี้จะไม่ส่งผลใดๆต่อระดับคะแนนของนักเรียนในชั้นเรียน
- จงตอบคำถามด้วยความรู้ที่ตนเองมีอยู่ และไม่ต้องใส่ใจกับการวาดรูป แต่กรุณาให้ความสนใจกับแนวความคิดและการอธิบาย

ตัวอย่างเครื่องมือวิจัยชุดที่ 3: แบบประเมินการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ด้วยตนเอง

คำชี้แจง

ข้อความต่อไปนี้เป็นข้อความที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทั่วไป ที่เกิดขึ้นในการทำงาน บางข้อความจะบรรยายเกี่ยวกับความรู้สึกของนักเรียนต่อวิชาวิทยาศาสตร์

หลังจากที่นักเรียนได้อ่านข้อความต่างๆ อย่างละเอียดแล้ว ให้นักเรียนคิด และตัดสินใจเลือกข้อความที่ตรงกับพฤติกรรม และ ความรู้สึกของนักเรียนว่าตรงกับพฤติกรรมของนักเรียนมากที่สุด โดยให้นักเรียน ทำเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด

ชื่อ นามสกุล.....เลขที่.....
ชั้น/ห้อง.....
โรงเรียน.....

ข้อความ	บ่อย ๆ	บางครั้ง	ไม่เคย
1. ฉันชอบทำงานกับคนที่มีความคิดทั่วไป มากกว่าคนที่มีความคิดแปลกๆ ใหม่ๆ			
2. ฉันไม่มั่นใจว่าการตัดสินใจของฉันถูกต้อง			
3. ฉันเชื่อมั่นในศักยภาพของตนเองเสมอ			
4. ฉันชอบที่จะเรียนรู้ในสิ่งใหม่ๆ			
5. ฉันมักจะรู้สึกเสียใจกับการตัดสินใจของตนเอง			
6. เพื่อนๆ มักบอกว่าฉันมีความคิดที่แปลกใหม่ น่าสนใจเสมอ			
7. ฉันชอบที่จะทำงานให้เสร็จเร็วๆ ไม่ชอบคิดอะไรให้มากมาย			
8. ฉันจะมีความมั่นใจในการตัดสินใจมากขึ้นเมื่อได้รับคำแนะนำจากคนอื่น			
9. ฉันอยากมีอิสระในการทำงานอย่างเต็มที่			
10. เมื่อฉันมีแนวทางในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ฉันจะตัดสินใจเลือกทางเลือกได้ยากขึ้น			
11. เมื่อฉันได้ตัดสินใจแล้ว ฉันจะมุ่งมั่นทำเฉพาะสิ่งนั้นให้ดีที่สุด			
12. ฉันมั่นใจและกล้าตัดสินใจด้วยตัวของฉันเอง			
13. เมื่อมีปัญหา ฉันจะมองปัญหาในหลากหลายด้านเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหาที่แปลกใหม่			
14. ฉันจะรู้สึกลังเล และไม่มั่นใจทุกครั้งเมื่อฉันต้องตัดสินใจ			
15. ฉันมักจะคิดซ้ำไปซ้ำมา ก่อนตัดสินใจ			
16. ฉันมีความมั่นใจเสมอในการคิดตัดสินใจในงานที่ทำ			
17. ฉันคิดว่าการคิดแก้ปัญหาเป็นสิ่งที่เครียด ไม่สนุก			
18. ฉันสนใจในสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ			
19. ฉันชอบให้คนอื่นตัดสินใจแทน			
20. ถ้าฉันพบว่าวิธีที่คนอื่นทำง่ายกว่าที่ฉันทำ ฉันมักจะเปลี่ยนไปทำตาม			

ตัวอย่างเครื่องมือวิจัยชุดที่ 4 : แบบวัดทักษะการคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์

ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น/ห้อง.....
โรงเรียน.....วันที่.....

คำชี้แจง

- แบบทดสอบนี้เป็นแบบทดสอบเพื่อใช้ความคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์ มีลักษณะคำถามเป็นสถานการณ์ให้นักเรียนเขียนอธิบาย
- ให้นักเรียนอ่านโจทย์ให้เข้าใจก่อนลงมือทำ ซึ่งนักเรียนจะได้คะแนนสูงสุดถ้าตอบได้มากวิธี และมีเหตุผลเป็นแนวคิดที่เป็นของตัวเอง หรือตอบในสิ่งที่แตกต่างจากคนอื่น
- นักเรียนมีเวลาในการตอบคำถามแต่ละข้อ ข้อละ 5 นาที เมื่อหมดเวลาจะได้ยินสัญญาณจากครูผู้คุมสอบ ให้นักเรียนหยุด และ เตรียมทำข้อต่อไป
- คำตอบจากการตอบคำถามนี้จะไม่ส่งผลใดๆต่อระดับคะแนนของนักเรียนในชั้นเรียน
- กรุณาตอบคำถามด้วยความรู้ที่ตนเองมีอยู่ และไม่ต้องใส่ใจกับการวาดรูป แต่กรุณาให้ความสนใจกับแนวความคิดและการอธิบาย
- แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมดจำนวน 4 ข้อ ให้เวลาทำทั้งหมด 20 นาที ให้นักเรียนเขียนตอบให้มากที่สุด ทั้งให้มีความหลากหลาย และแปลกใหม่ที่สุดในเวลาที่ได้กำหนดให้ ตัวอย่างเช่น

ข้อ 0 : ที่บ้านนักเรียนนั้นมีกระป๋องเปล่าอยู่เป็นจำนวนมาก นักเรียนจะสามารถนำกระป๋องไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไรบ้าง?

คำตอบ

1. ใช้ปลูกต้นไม้

2. ตกแต่งให้สวยงามแล้วใช้เป็นกระป๋องอมสิน ฯลฯ

ข้อที่ 1

ในปัจจุบันนี้มีการตื่นตัวเป็นอย่างมากในการศึกษาและสำรวจเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ในอวกาศ โดยที่หลายๆประเทศมี ความพยายามที่จะส่งยานอวกาศออกไปสำรวจนอกโลก นับตั้งแต่ความสำเร็จครั้งแรกในการสำรวจอวกาศเกิดขึ้นในปีค.ศ.1969 หลังจากนั้น การสำรวจอวกาศก็มีความก้าวหน้า และพัฒนาขึ้นเรื่อยๆ และเมื่อเร็วๆนี้ประเทศเพื่อนบ้านของเรา เช่น ประเทศจีนก็ได้มีความพยายามที่จะส่งยานอวกาศออกไปนอกโลกด้วยเช่นกัน และเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2548 ก็มีรายงานว่า สาธารณรัฐประชาชนจีน ประสบความสำเร็จในการส่งยานอวกาศ “เสินโจว 6” (Shenzhou VI) พร้อมผู้ควบคุมขึ้นสู่อวกาศ และเดินทางกลับสู่พื้นโลกอย่างปลอดภัย ในวันที่ 17 ตุลาคม 2548 ซึ่งถือเป็นความสำเร็จในการส่งยานอวกาศ พร้อมมนุษย์ครั้งที่ 2 ของจีน หลังจากประสบความสำเร็จในการส่งยานอวกาศพร้อมมนุษย์ครั้งแรก (เสินโจว 5) เมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2546 ซึ่งถึงแม้ว่าการส่งยานอวกาศออกไปสำรวจนอกโลกในแต่ละครั้ง จะต้องลงทุนมากมายมหาศาล แต่ก็คุ้มค่ากับการลงทุน เพราะในแต่ละครั้งที่มีการส่งยานอวกาศออกไป จะทำให้เราได้เรียนรู้สิ่งใหม่ๆ ซึ่งส่งผลดีต่อการพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยีเป็นอย่างมาก (ที่มา:<http://www.neutron.rmutphysics.com>)



ในฐานะที่นักเรียนได้เรียนวิทยาศาสตร์ และถือได้ว่าเป็นบุคคลหนึ่งที่จะสามารถช่วยพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านนี้ได้ นักเรียนคิดว่าถ้านักเรียนมีโอกาสได้เดินทางออกไปกับยานอวกาศไปยังอวกาศ และดาวดวงอื่นๆได้ นักเรียนจะตั้งคำถามอะไรบ้าง เพื่อทำการศึกษาและพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จงตอบให้ได้มากที่สุด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างเครื่องมือวิจัยชุดที่ 5 : แบบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

ข้อความต่อไปนี้เป็นข้อความที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ บางข้อความจะเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ บางข้อความจะเกี่ยวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ บางข้อความจะบรรยายเกี่ยวกับความรู้สึกของนักเรียนต่อวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนอาจจะเห็นด้วยกับบางข้อความหรือไม่เห็นด้วยกับบางข้อความ

หลังจากที่นักเรียนได้อ่านข้อความต่างๆ อย่างละเอียดแล้ว ให้นักเรียนตัดสินใจว่า นักเรียนเห็นด้วยกับข้อความนั้นหรือไม่ ถ้าเห็นด้วย ให้นักเรียนตัดสินใจว่าเห็นด้วยอย่างยิ่ง หรือเพียงเห็นด้วย หรือถ้านักเรียนไม่เห็นด้วยกับข้อความนั้น ให้นักเรียนตัดสินใจว่าไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง หรือเพียงไม่เห็นด้วย หรือในบางข้อความนักเรียนอาจจะมีความเห็นเป็นกลาง หรือไม่สามารถตัดสินใจได้ จากนั้นให้นักเรียนทำเครื่องหมายถูก (/) ลงในช่องที่เป็นจริงตามความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด

ชื่อ นามสกุล.....เลขที่.....
 ชั้น/ห้อง.....
 โรงเรียน.....

ข้อความ	เห็น ด้วย อย่าง ยิ่ง	เห็น ด้วย	เป็น กลาง	ไม่ เห็น ด้วย	ไม่เห็น ด้วย อย่าง ยิ่ง
1. ฉันเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยความสนุกสนาน					
2. ทุกสิ่งที่เราต้องการรู้ สามารถหาคำตอบได้จากวิทยาศาสตร์					
3. การรับฟังแนวความคิดใหม่เป็นเรื่องไร้ประโยชน์หากทุกคนไม่เห็นด้วยกับ แนวคิดนั้น					
4. นักวิทยาศาสตร์มักจะสนใจที่จะหาคำอธิบายเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ					
5. หากมีนักวิทยาศาสตร์คนหนึ่งกล่าวว่าความคิดนั้นถูกต้อง นักวิทยาศาสตร์ คนอื่น ๆ ก็จะเห็นด้วยกับความคิดนั้น					
6. นักวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการฝึกฝนอย่างดีเท่านั้นที่จะสามารถเข้าใจ วิทยาศาสตร์ได้					
7. เราสามารถทราบคำตอบของคำถามของเราได้ จากการถาม นักวิทยาศาสตร์					
8. คนส่วนใหญ่ไม่สามารถเข้าใจวิทยาศาสตร์					
9. เครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่แสดงถึงควมมีคุณค่าของ วิทยาศาสตร์ได้					
10. นักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถหาคำตอบของทุกคำถามได้เสมอไป					
11. เมื่อนักวิทยาศาสตร์มีคำอธิบายเกี่ยวกับสิ่งหนึ่ง ๆ ได้ดีแล้ว พวกเขาก็ไม่ พยายามที่จะหาคำอธิบายที่ดีกว่านั้นอีก					
12. คนส่วนใหญ่สามารถเข้าใจวิทยาศาสตร์ได้					
13. การค้นหาคำตอบทางวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องน่าเบื่อ					
14. งานเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องยากสำหรับฉัน					
15. นักวิทยาศาสตร์ค้นพบกฎที่สามารถบอกพวกเราได้อย่างถูกต้องเกี่ยวกับ สิ่งที่จะเกิดขึ้นในธรรมชาติ					
16. ความคิดทางด้านวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้					
17. คำถามทางวิทยาศาสตร์สามารถหาคำตอบได้ด้วยการสังเกตสิ่งต่าง ๆ					
18. นักวิทยาศาสตร์ที่ดีย่อมพร้อมที่จะเปลี่ยนแนวความคิดเขาได้					
19. คำถามบางคำถามไม่สามารถตอบได้โดยวิทยาศาสตร์					
20. นักวิทยาศาสตร์ควรมีจินตนาการเพื่อสร้างสรรค์แนวความคิดใหม่ ๆ					

เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

ความคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการคิดค้นหาความรู้ และทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆ โดยอาศัยสังเกตและสร้างคำถามเพื่อหาคำตอบ ในมุมมองที่แตกต่างหลากหลาย เพื่อศึกษา และทำความเข้าใจกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยสามารถวัดได้จากพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกใน 3 ด้าน คือ

ความคิดคล่อง หมายถึง ความคิดที่สามารถคิดออกมาได้อย่างรวดเร็วในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือสถานการณ์หนึ่งๆ ได้หลากหลายแนวทาง โดยสามารถวัดได้จากการนับปริมาณความคิดที่คิดได้ในเรื่องหนึ่งๆ

ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความคิดที่ถูกนำมาจัดเป็นหมวดหมู่ มีหลักเกณฑ์ที่น่าเชื่อถือ ซึ่งถือเป็นการหลีกเลี่ยงความคิดซ้ำซ้อน และเพิ่มคุณภาพของความคิด และเป็นพื้นฐานที่นำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์ที่มีคุณภาพ ซึ่งวัดได้จาก การพิจารณาการจัดประเภทคำตอบของนักเรียนให้เป็นหมวดหมู่ตามทิศทางที่แตกต่างกันไป

ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความคิดที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำแบบใคร เป็นความคิดที่ได้มาจากการใช้จินตนาการ และความรู้มาดัดแปลงให้เกิดความคิดใหม่ ที่แตกต่างออกไป โดยวัดได้จากความแปลกใหม่ของแนวคิดที่มี โดยการหาร้อยละของความถี่จากคำตอบที่ได้ทั้งหมด

เกณฑ์การให้คะแนน

การให้คะแนนจะเป็นการคิดให้คะแนนจากผลรวมของ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และ ความคิดริเริ่ม

1. ความคิดคล่อง ได้จากการนับจำนวนของคำตอบทั้งหมด โดยไม่คำนึงว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับของคนอื่นหรือไม่ โดยให้พิจารณาดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนนที่ได้
- ไม่ตอบ หรือ ไม่มีคำตอบที่เป็นไปได้	0 คะแนน
- คำตอบที่เป็นไปได้ จำนวน 1-2 คำตอบ	1 คะแนน
- คำตอบที่เป็นไปได้ จำนวน 3-5 คำตอบ	2 คะแนน
- คำตอบที่เป็นไปได้ จำนวน มากกว่า 5 คำตอบ	3 คะแนน

2. ความคิดยืดหยุ่น ได้จากการพิจารณาการจัดประเภทของคำตอบที่แตกต่างกัน ของนักเรียนแต่ละคน โดยให้พิจารณา ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนนที่ได้
- ไม่ตอบ หรือ ไม่มีคำตอบที่เป็นไปได้	0 คะแนน
- มีประเภทของคำตอบที่เป็นไปได้ จำนวน 1-2 ประเภท	1 คะแนน
- มีประเภทของคำตอบที่เป็นไปได้ จำนวน 3-5 ประเภท	2 คะแนน
- มีประเภทของคำตอบที่เป็นไปได้ มากกว่า 5 ประเภท	3 คะแนน

3. ความคิดริเริ่ม ได้จากการหาร้อยละของความคิดจากคำตอบที่ได้ทั้งหมด ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนนที่ได้
- ไม่ตอบ หรือ คำตอบที่มีร้อยละของคะแนนความถี่ มากกว่า ร้อยละ 10	จำนวนคำตอบคูณด้วย 0
- คำตอบที่มีร้อยละของคะแนนความถี่ ร้อยละ 5 -10	จำนวนคำตอบคูณด้วย 1
- คำตอบที่มีร้อยละของคะแนนความถี่ น้อยกว่า ร้อยละ 5	จำนวนคำตอบคูณด้วย 2

เกณฑ์การให้คะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

คำชี้แจง

การคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรม ความสามารถในการคิดค้นหาความรู้ และทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆ โดยใช้ทักษะการคิดแก้ปัญหา โดยอาศัยสังเกตและสร้างคำถาม เพื่อหาคำตอบ ในมุมมองที่แตกต่างหลากหลาย เพื่อศึกษา และทำความเข้าใจกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยสามารถวัดได้จากพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกใน 4 ด้าน คือ

ความคิดคล่อง หมายถึง ความคิดที่สามารถคิดออกมาได้อย่างรวดเร็วในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือ สถานการณ์หนึ่งๆ ได้หลากหลายแนวทาง โดยสามารถวัดได้จากการนับปริมาณความคิดที่คิดได้ใน เรื่องหนึ่งๆ

ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความคิดที่ถูกนำมาจัดเป็นหมวดหมู่ มีหลักเกณฑ์ที่น่าเชื่อถือ ซึ่งถือ เป็นการหลีกเลี่ยงความคิดซ้ำซ้อน และเพิ่มคุณภาพของความคิด และเป็นพื้นฐานที่นำไปสู่ความคิด สร้างสรรค์ที่มีคุณภาพ ซึ่งวัดได้จาก การพิจารณาการจัดประเภทคำตอบของนักเรียนให้เป็นหมวดหมู่ ตามทิศทางที่แตกต่างกันไป

ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความคิดที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำแบบใคร เป็นความคิดที่ได้มาจากการใช้ จินตนาการ และความรู้มาดัดแปลงให้เกิดความคิดใหม่ ที่แตกต่างออกไป โดยวัดได้จากความแปลกใหม่ ของแนวคิดที่มี โดยการหาร้อยละของความคิดจากคำตอบที่ได้ทั้งหมด

ความคิดอย่างมีเหตุผล หมายถึง ความคิดที่เป็นเหตุเป็นผล ที่เป็นพื้นฐานในการคิด หรือต่อยอด ความคิดอื่นๆ ซึ่งต้องสอดคล้อง สนับสนุน ส่งเสริมให้ความคิดอื่นๆถูกต้อง และน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

เกณฑ์การให้คะแนน

- **ข้อที่ 1-4** เป็นการคิดให้คะแนนจากผลรวมของ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม รวมทั้งคำตอบและเหตุผลประกอบ

1. ความคิดคล่อง ได้จากการนับจำนวนของคำตอบทั้งหมด โดยไม่คำนึงว่าคำตอบนั้น จะซ้ำกับของคนอื่นหรือไม่ ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนนที่ได้
- ไม่ตอบ หรือ ไม่มีคำตอบที่เป็นไปได้	0 คะแนน
- คำตอบที่เป็นไปได้ จำนวน 1-2 คำตอบ	1 คะแนน
- คำตอบที่เป็นไปได้ จำนวน 3-5 คำตอบ	2 คะแนน
- คำตอบที่เป็นไปได้ จำนวน มากกว่า 5 คำตอบ	3 คะแนน

2. ความคิดยืดหยุ่น ได้จากการพิจารณาการจัดประเภทของคำตอบที่แตกต่างกัน ของนักเรียนแต่ละคน ไม่ว่าประเภทของคำตอบนั้นจะซ้ำกับประเภทของคำตอบคนอื่นหรือไม่ ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนนที่ได้
- ไม่ตอบ หรือ ไม่มีคำตอบที่เป็นไปได้	0 คะแนน
- มีประเภทของคำตอบที่เป็นไปได้ จำนวน 1 ประเภท	1 คะแนน
- มีประเภทของคำตอบที่เป็นไปได้ จำนวน 2 ประเภท	2 คะแนน
- มีประเภทของคำตอบที่เป็นไปได้ มากกว่า 2 ประเภท	3 คะแนน

3. ความคิดริเริ่ม ได้จากการหาร้อยละของความถี่จากคำตอบที่ได้ทั้งหมด ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนนที่ได้
- ไม่ตอบ หรือ คำตอบที่มีร้อยละของคะแนนความถี่ มากกว่า ร้อยละ 10	จำนวนคำตอบคูณด้วย 0
- คำตอบที่มีร้อยละของคะแนนความถี่ ร้อยละ 5 -10	จำนวนคำตอบคูณด้วย 1
- คำตอบที่มีร้อยละของคะแนนความถี่ น้อยกว่า ร้อยละ 5	จำนวนคำตอบคูณด้วย 2

4. คิดอย่างมีเหตุผล ได้จากการพิจารณาเหตุผลประกอบการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนนที่ได้
- ไม่ตอบ หรือ ไม่ให้เหตุผลประกอบ	0 คะแนน
- คำตอบที่เลือกไม่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และไม่มีเหตุผลประกอบการตัดสินใจ	1 คะแนน
- คำตอบที่เลือกเหมาะสมเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา ไม่มีเหตุผลประกอบการตัดสินใจหรือให้เหตุผลที่ไม่สอดคล้อง	2 คะแนน
- คำตอบที่เลือกเหมาะสมเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา และมีเหตุผลประกอบการตัดสินใจ	3 คะแนน

● **ข้อที่ 5** พิจารณา ในด้านต่างๆ 2 ด้าน ดังนี้

ชั้นงาน จะพิจารณาจาก ความแปลกใหม่ของแนวคิดสุดท้ายที่นำมาใช้ในการตอบโจทย์ และแก้ปัญหาเพื่อผลิตเป็นชั้นงาน ตลอดจนการพิจารณาชั้นงานถึงความสอดคล้องของตัวชั้นงานและแนวคิดที่ใช้ในการสร้างชั้นงานการเลือกวัสดุ อุปกรณ์ รายละเอียด ของชั้นงาน ในขั้นนี้จะพิจารณา

1. ความคิดคล่อง พิจารณาจากวัสดุ อุปกรณ์ โดยพิจารณาการจัดประเภทของคำตอบที่แตกต่างกัน ของนักเรียนแต่ละคน ไม่ว่าประเภทของคำตอบนั้นจะซ้ำกับประเภทของคำตอบคนอื่นหรือไม่ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนนที่ได้
- ไม่ตอบ หรือ ไม่มีคำตอบที่เป็นไปได้	0 คะแนน
- มีวัสดุ อุปกรณ์ จำนวน 1 ประเภท	1 คะแนน
- มีวัสดุ อุปกรณ์ จำนวน 2 ประเภท	2 คะแนน
- มีวัสดุ อุปกรณ์ มากกว่า 2 ประเภท	3 คะแนน

2. ความคิดยืดหยุ่น พิจารณาจากหลักการ วิธีการ ของการสร้างผลิตภัณฑ์ โดยการจัดประเภทของหลักการที่แตกต่างกัน

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนนที่ได้
- ไม่ตอบ หรือ ไม่มีคำตอบที่เป็นไปได้	0 คะแนน
- มีประเภทของหลักการที่เป็นไปได้ จำนวน 1 ประเภท	1 คะแนน
- มีประเภทของหลักการที่เป็นไปได้ จำนวน 2 ประเภท	2 คะแนน
- มีประเภทของหลักการที่เป็นไปได้ มากกว่า 2 ประเภท	3 คะแนน

3. ความคิดริเริ่ม โดยยึดจากการหาร้อยละของความถี่จากลักษณะของผลิตภัณฑ์โดยพิจารณาจากคำตอบที่ได้ทั้งหมด ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนนที่ได้
- ไม่ตอบหรือคำตอบที่มีร้อยละของคะแนนความถี่ มากกว่า ร้อยละ 10	จำนวนคำตอบคุณด้วย 0
- คำตอบที่มีร้อยละของคะแนนความถี่ ร้อยละ 5 -10	จำนวนคำตอบคุณด้วย 1
- คำตอบที่มีร้อยละของคะแนนความถี่ น้อยกว่า ร้อยละ 5	จำนวนคำตอบคุณด้วย 2

4. การคิดอย่างมีเหตุผล พิจารณาการใช้งาน ในด้านนี้จะพิจารณาจากการออกแบบทดสอบชิ้นงานว่าสามารถนำไปใช้งานได้จริง และสามารถแก้ปัญหา ตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้จริง เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยพิจารณาดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนนที่ได้
- ไม่มีชิ้นงาน	0 คะแนน
- ชิ้นงานไม่สามารถใช้งานได้จริง	1 คะแนน
- ชิ้นงานสามารถใช้งานได้จริง แต่ไม่สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ครบทุกข้อ	2 คะแนน
- ชิ้นงานสามารถนำไปใช้งานได้จริง และบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ตั้งไว้	3 คะแนน

Appendix C:

(In Thai)

- ตารางผลการประเมินความเหมาะสมส่วนประกอบของโครงสร้างรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS โดยผู้เชี่ยวชาญ
- ตารางผลการประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบของโครงสร้างรูปแบบการเรียนรู้แบบ CPS โดยผู้เชี่ยวชาญ
- ตารางผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ
- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ตารางแสดงค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อ และ ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
- ตารางแสดงค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินตนเองด้านการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดทักษะการคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์
- ตารางแสดงค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดทักษะการคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์
- ตารางแสดงคะแนน ระดับความรู้พื้นฐานของนักเรียน กลุ่มทดลอง

ตาราง 2 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้

ข้อที่	ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{X}$	S.D.	แปลผล (ระดับความเหมาะสม)
		1	2	3	4	5			
1	หลักการของรูปแบบการเรียนรู้เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ปฏิบัติจริง	5	5	5	5	4	4.8	0.45	มากที่สุด
2	จุดมุ่งหมายของรูปแบบการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติจริง	5	4	5	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
3	จุดมุ่งหมายของรูปแบบการเรียนรู้เหมาะสมกับความต้องการของสังคมปัจจุบัน	5	5	5	5	5	5.0	0.00	มากที่สุด
4	จุดมุ่งหมายของรูปแบบการเรียนรู้เหมาะสมสำหรับนักเรียน	5	4	5	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
5	เนื้อหาของรูปแบบการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของรูปแบบการเรียนรู้	5	4	5	5	4	4.6	0.55	มากที่สุด
6	เนื้อหาของรูปแบบการเรียนรู้เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ของนักเรียน	5	5	5	5	4	4.8	0.45	มากที่สุด
7	กระบวนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของรูปแบบการเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.0	0.00	มากที่สุด
8	กระบวนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมสำหรับเนื้อหาของรูปแบบการเรียนรู้	5	4	5	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
9	สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.0	0.00	มากที่สุด
10	การวัดและการประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้	5	4	5	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
11	การวัดและการประเมินผลเหมาะสมสำหรับนักเรียน	5	4	5	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
12	ระยะเวลาการเรียนรู้เหมาะสมกับการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.8	0.45	มากที่สุด

หมายเหตุ

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของคะแนนความเหมาะสมของส่วนประกอบของโครงร่างหลักสูตรให้ความหมายดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	4.51 – 5.00	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย	3.51 – 4.50	หมายถึง	เหมาะสมมาก
คะแนนเฉลี่ย	2.51 – 3.50	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.51 – 2.50	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.50	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

ตาราง 3 ผลการประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการเรียนรู้

ข้อที่	ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม Σ R	IOC	แปลผล
		1	2	3	4	5			
1	หลักการของรูปแบบการเรียนรู้กับจุดมุ่งหมายของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2	หลักการของรูปแบบการเรียนรู้กับกระบวนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3	จุดมุ่งหมายของรูปแบบการเรียนรู้กับเนื้อหาของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4	จุดมุ่งหมายของรูปแบบการเรียนรู้กับกระบวนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5	จุดมุ่งหมายของรูปแบบการเรียนรู้กับการวัดและการประเมินผล	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6	เนื้อหาสาระกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
7	เนื้อหาสาระกับสื่อการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
8	เนื้อหาสาระกับการวัดและการประเมินผล	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
9	การจัดการเรียนรู้กับสื่อการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
10	การจัดการเรียนรู้กับการวัดและการประเมินผล	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

ตาราง 4 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม ΣR	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
แผนการเรียนรู้ที่ 1								
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและเป้าหมาย ของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับ จุดประสงค์การเรียนรู้และเป้าหมายของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3. สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ และภาระงานเหมาะสมกับกระบวนการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5. การวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรม จัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6. การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
แผนการเรียนรู้ที่ 2								
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและเป้าหมาย ของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับ จุดประสงค์การเรียนรู้และเป้าหมายของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3. สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ และภาระงานเหมาะสมกับกระบวนการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5. การวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรม จัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6. การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
แผนการเรียนรู้ที่ 3								
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและเป้าหมาย ของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับ จุดประสงค์การเรียนรู้และเป้าหมายของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3. สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมการ								

ตาราง 4 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม ΣR	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
เรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ และภาระงานเหมาะสมกับ กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5. การวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการจัด กิจกรรมจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6. การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
แผนการเรียนรู้ที่ 4								
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและเป้าหมาย ของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับ จุดประสงค์การเรียนรู้และเป้าหมายของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3. สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ และภาระงานเหมาะสมกับกระบวนการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5. การวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการจัด กิจกรรมจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6. การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
แผนการเรียนรู้ที่ 5								
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและเป้าหมาย ของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับ จุดประสงค์การเรียนรู้และเป้าหมายของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3. สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ และภาระงานเหมาะสมกับกระบวนการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5. การวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรม จัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6. การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

ตาราง 5 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ หน่วยการเรียนรู้ที่ 2

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม ΣR	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
แผนการเรียนรู้ที่ 1								
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและเป้าหมาย ของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับ จุดประสงค์การเรียนรู้และเป้าหมายของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3. สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ และภาระงานเหมาะสมกับ กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5. การวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการจัด กิจกรรมจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6. การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
แผนการเรียนรู้ที่ 2								
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและเป้าหมาย ของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับ จุดประสงค์การเรียนรู้และเป้าหมายของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	0	4	0.8	สอดคล้อง
3. สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ และภาระงานเหมาะสมกับ กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5. การวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการจัด กิจกรรมจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6. การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
แผนการเรียนรู้ที่ 3								
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและเป้าหมาย ของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับ จุดประสงค์การเรียนรู้และเป้าหมายของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3. สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมการ								

ตาราง 5 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม ΣR	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
เรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ และภาระงานเหมาะสมกับ กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5. การวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการจัด กิจกรรมจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6. การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
แผนการเรียนรู้ที่ 4								
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและเป้าหมาย ของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับ จุดประสงค์การเรียนรู้และเป้าหมายของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3. สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ และภาระงานเหมาะสมกับ กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเนื้อหา	1	1	1	1	0	4	0.8	สอดคล้อง
5. การวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการจัด กิจกรรมจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6. การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	1	0	4	0.8	สอดคล้อง
แผนการเรียนรู้ที่ 5								
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและเป้าหมาย ของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับ จุดประสงค์การเรียนรู้และเป้าหมายของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3. สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ และภาระงานเหมาะสมกับ กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5. การวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการจัด กิจกรรมจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6. การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

ตาราง 6 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม ΣR	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
แผนการเรียนรู้ที่ 1								
1.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและเป้าหมายของ รูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับ จุดประสงค์การเรียนรู้และเป้าหมายของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3. สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ และภาระงานเหมาะสมกับกระบวนการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5. การวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรม จัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6. การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
แผนการเรียนรู้ที่ 2								
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและเป้าหมายของ รูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับ จุดประสงค์การเรียนรู้และเป้าหมายของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3. สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ และภาระงานเหมาะสมกับกระบวนการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5. การวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรม จัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6. การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
แผนการเรียนรู้ที่ 3								
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและเป้าหมายของ รูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับ จุดประสงค์การเรียนรู้และเป้าหมายของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3. สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

ตาราง 6 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม ΣR	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
4. กิจกรรมการเรียนรู้ และภาระงานเหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5. การวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6. การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
แผนการเรียนรู้ที่ 4								
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและเป้าหมายของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเป้าหมายของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3. สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ และภาระงานเหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5. การวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6. การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
แผนการเรียนรู้ที่ 5								
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและเป้าหมายของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเป้าหมายของรูปแบบการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3. สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ และภาระงานเหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5. การวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6. การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

ตาราง 7 ผลการประเมินความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียนรู้ รายหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้	ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{X}$	S.D.	แปลผล (ระดับความ เหมาะสม)
		1	2	3	4	5			
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1	1. เนื้อหามีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
	2. เนื้อหาส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจเชิงลึกใน มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
	3. เนื้อหามีความชัดเจน สอดแทรกเนื้อหาที่ฝึก ทักษะการคิดให้กับนักเรียน	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
	4. ความยากของเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียนระดับ มัธยมศึกษาตอนต้น	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
	5. ปริมาณเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2	1. เนื้อหามีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
	2. เนื้อหาส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจเชิงลึกใน มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
	3. เนื้อหามีความชัดเจน สอดแทรกเนื้อหาที่ฝึก ทักษะการคิดให้กับนักเรียน	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
	4. ความยากของเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียนระดับ มัธยมศึกษาตอนต้น	5	5	5	5	4	4.8	0.45	มากที่สุด
	5. ปริมาณเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	5	5	5	5	4	4.8	0.45	มากที่สุด
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3	1. เนื้อหามีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
	2. เนื้อหาส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจเชิงลึกใน มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
	3. เนื้อหามีความชัดเจน สอดแทรกเนื้อหาที่ฝึก ทักษะการคิดให้กับนักเรียน	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
	4. ความยากของเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียนระดับ มัธยมศึกษาตอนต้น	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
	5. ปริมาณเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด

หมายเหตุ

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของคะแนนความเหมาะสมของส่วนประกอบของโครงสร้างหลักสูตรให้ความหมายดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	4.51 – 5.00	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย	3.51 – 4.50	หมายถึง	เหมาะสมมาก
คะแนนเฉลี่ย	2.51 – 3.50	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.51 – 2.50	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.50	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

ตาราง 8 ผลการแบบประเมินความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียนรู้

ข้อ ที่	ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{X}$	S.D.	แปลผล (ระดับความ เหมาะสม)
		1	2	3	4	5			
1	ภาพประกอบมีความเหมาะสมและน่าสนใจ	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
2	การลำดับเนื้อหาสื่อความหมาย เข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
3	ภาษาที่ใช้เข้าใจง่ายและถูกต้องเหมาะสม	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
4	การจัดเนื้อหาส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึก	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
5	การจัดเนื้อหากระตุ้นให้ผู้เรียนฝึกทักษะการคิด แก้ปัญหา และทักษะการคิดสร้างสรรค์	5	4	5	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
6	เนื้อหาในเอกสารการเรียนรู้มีประโยชน์	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
7	เอกสารการเรียนรู้ที่จัดทำขึ้นสามารถนำไปใช้ได้จริง	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด

หมายเหตุ

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของคะแนนความเหมาะสมของส่วนประกอบของโครงร่างหลักสูตรให้ความหมายดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	4.51 – 5.00	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย	3.51 – 4.50	หมายถึง	เหมาะสมมาก
คะแนนเฉลี่ย	2.51 – 3.50	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.51 – 2.50	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.50	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผล ประเมินผล

1.แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.1 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง 9 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อสอบ ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
1	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
2	1	1	0	0	1	3	0.6	ผ่าน
3	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
4	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
5	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
6	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
7	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
8	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
9	1	1	1	1	0	4	0.8	ผ่าน
10	1	1	0	0	1	3	0.6	ผ่าน
11	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
12	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
13	1	1	0	1	1	4	0.8	ผ่าน
14	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
15	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
16	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
17	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
18	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
19	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
20	1	1	0	0	1	3	0.6	ผ่าน
21	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
22	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
23	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
24	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
25	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
26	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
27	1	0	1	1	1	4	0.8	ผ่าน
28	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
29	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
30	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน

หมายเหตุ

- การแปลผลค่าของคะแนนมีความหมายดังนี้
 - 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบนั้นสามารถวัดตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
 - 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นสามารถวัดตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
 - 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบนั้นไม่สามารถวัดตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
- ข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จัดว่าเป็นข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ

1.2 การหาค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง 10 แสดงค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อ และ ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตอนที่ 1แบบเลือกตอบ

ข้อสอบข้อที่	IOC	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	1.00	0.67	0.24
2	0.80	0.48	0.67
3	1.00	0.70	0.56
4	0.60	0.54	0.58
5	0.80	0.35	0.44
6	0.80	0.48	0.47
7	1.00	0.35	0.31
8	0.80	0.50	0.51
9	1.00	0.59	0.42
10	1.00	0.57	0.40
11	0.60	0.73	0.56
12	1.00	0.24	0.54
13	1.00	0.43	0.70
14	0.80	0.56	0.53
15	1.00	0.56	0.72
16	0.80	0.50	0.77
17	1.00	0.48	0.77
18	0.80	0.70	0.37

ตาราง 10 (ต่อ)

ข้อสอบข้อที่	IOC	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
19	1.00	0.52	0.52
20	1.00	0.41	0.80
21	0.60	0.29	0.53
22	1.00	0.43	0.56
23	1.00	0.28	0.42
24	1.00	0.41	0.37
25	1.00	0.72	0.67

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตอนที่ 1 เท่ากับ 0.79

ตอนที่ 2 แบบเขียนตอบ

Item No.	IOC	p	r
1	1.00	0.34	0.52
2	1.00	0.48	0.35
3	1.00	0.76	0.56
4	1.00	0.35	0.64

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตอนที่ 2 เท่ากับ 0.94

หมายเหตุ

- นักเรียนที่ทำข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีจำนวน 98 คน
- ข้อสอบที่ใช้ได้หมายถึง ข้อสอบข้อนั้นมีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

2.แบบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

2.1 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ตาราง 11 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

สถานการณ์ ปัญหาที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
1	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
2	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
3	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
4	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
5	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน

หมายเหตุ

- การแปลผลค่าของคะแนนมีความหมายดังนี้
 - 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบนั้นสามารถวัดตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
 - 0 หมายถึง ไม่แน่ว่าข้อสอบนั้นสามารถวัดตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
 - 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบนั้นไม่สามารถวัดตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
- ข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จัดว่าเป็นข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ตาราง 12 แสดงค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

สถานการณ์ที่ (ข้อที่)	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผล
1	0.34	0.31	นำไปใช้ทดลองจริง
2	0.38	0.63	นำไปใช้ทดลองจริง
3	0.47	0.34	นำไปใช้ทดลองจริง
4	0.37	0.37	นำไปใช้ทดลองจริง
5	0.51	0.53	นำไปใช้ทดลองจริง

ค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบเท่ากับ 0.69

หมายเหตุ

- ข้อสอบที่ใช้ได้หมายถึง ข้อสอบข้อนั้นมีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป
- จำนวนผู้ตอบหรือนักเรียนที่ทำแบบทดสอบชุดนี้มีจำนวน 98 คน

3. แบบประเมินตนเองด้านการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

3.1 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินตนเองด้านการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ตาราง 13 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินตนเองด้านการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
1	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
2	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
3	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
4	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
5	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
6	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
7	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
8	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
9	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
10	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
11	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
12	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
13	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
14	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
15	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
16	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
17	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
18	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
19	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
20	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
21	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน

ตาราง 13 (ต่อ)

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
22	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
23	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
24	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
25	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
26	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
27	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
28	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
29	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
30	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน

หมายเหตุ

- การแปลผลค่าของคะแนนมีความหมายดังนี้
 - 1 หมายถึง เห็นใจว่าข้อสอบนั้นสามารถวัดตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
 - 0 หมายถึง ไม่เห็นใจว่าข้อสอบนั้นสามารถวัดตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
 - 1 หมายถึง เห็นใจว่าข้อสอบนั้นไม่สามารถวัดตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
- ข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จัดว่าเป็นข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ

4. แบบวัดทักษะการคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์

4.1 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดทักษะการคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์

ตาราง 14 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดทักษะการคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์

สถานการณ์ ปัญหาที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
1	1	1	1	-1	1	3	0.6	ผ่าน
2	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
3	1	1	1	1	1	5	1	ผ่าน
4	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน

หมายเหตุ

- การแปลผลค่าของคะแนนมีความหมายดังนี้
 - 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบนั้นสามารถวัดตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
 - 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นสามารถวัดตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
 - 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบนั้นไม่สามารถวัดตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
- ข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จัดว่าเป็นข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ

4.2 ความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดทักษะการคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์

ตาราง 15 แสดงค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และ ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะการคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์

สถานการณ์ที่ (ข้อที่)	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผล
1	0.25	0.28	นำไปใช้ทดลองจริง
2	0.37	0.33	นำไปใช้ทดลองจริง
3	0.62	0.44	นำไปใช้ทดลองจริง
4	0.33	0.54	นำไปใช้ทดลองจริง

ค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบเท่ากับ 0.56

หมายเหตุ

- ข้อสอบที่ใช้ได้หมายถึง ข้อสอบข้อนั้นมีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป
- จำนวนผู้ตอบหรือนักเรียนที่ทำแบบทดสอบชุดนี้มีจำนวน 98 คน

Appendix D:

- การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น การวิเคราะห์ตัวแปรร่วม
(Analysis of Covariance: ANCOVA)



การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น การวิเคราะห์ตัวแปรร่วม

1) การตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติ

ตาราง 17 แสดงค่าความโด่งและความเบ้

เครื่องมือประเมินผล	ลักษณะ/ด้าน	ค่าความเบ้	ค่าความโด่ง
แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ภาพรวม (Overall)	.046	-.693
	Level1: Recall and Reproduction	-.158	-.382
	Level2: Skills and Concepts	-.122	-.034
	Level3: Strategic Thinking	.210	-.533
	Level4: Extended Thinking	-.123	-.093
แบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	ภาพรวม (Overall)	.186	-.648
	ความยืดหยุ่น (Fluency)	-.141	-.717
	ความหลากหลาย (Flexibility)	.040	-.484
	ความคิดริเริ่ม (Originality)	.994	.149
	การให้เหตุผล(Reasonability)	-.083	-.251
แบบประเมินตนเองด้านการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์		-.022	-.655
แบบวัดทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์	ภาพรวม (Overall)	.852	.476
	ความยืดหยุ่น (Fluency)	.072	-.104
	ความหลากหลาย (Flexibility)	.506	-.047
	ความคิดริเริ่ม (Originality)	.340	.644
แบบประเมินเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์	ภาพรวม (Overall)	.245	-.017
	S1:Scientific theories are subject to change	.142	.546
	S2:Scientific explanation is based on observation and experimentation	-.189	.361
	S3: Scientific manner	-.094	.401
	S4:Science is an idea-generating activity	-.239	-.640
	S5: Scientific progression requires public support	.008	-.505
	S5:Scientific work	.407	.017

2) การตรวจสอบ ความแปรปรวนเอกพันธ์ของประชากร (homogeneity of variances)

ตาราง 18 แสดงผลการตรวจสอบความแปรปรวนเอกพันธ์ของประชากร

Test	Aspects	df1	df2	F	p
แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ภาพรวม (Overall)	1	92	0.565	.454
	Level1: Recall and Reproduction	1	92	0.676	.413
	Level2: Skills and Concepts	1	92	1.470	.228
	Level3: Strategic Thinking	1	92	2.477	.119
	Level4: Extended Thinking	1	92	0.001	.979
แบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	ภาพรวม (Overall)	1	92	0.306	.581
	ความยืดหยุ่น (Fluency)	1	92	0.016	.899
	ความหลากหลาย (Flexibility)	1	92	0.046	.830
	ความคิดริเริ่ม (Originality)	1	92	0.189	.665
	การให้เหตุผล(Reasonability)	1	92	0.495	.483
แบบประเมินตนเองด้านการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์			92	2.060	.155
แบบวัดทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์	ภาพรวม (Overall)	1	92	2.807	.097
	ความยืดหยุ่น (Fluency)	1	92	0.068	.957
	ความหลากหลาย (Flexibility)	1	92	6.277	.014
	ความคิดริเริ่ม (Originality)	1	92	0.505	.479
แบบประเมินเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์	ภาพรวม (Overall)	1	92	0.106	.745
	S1:Scientific theories are subject to change	1	92	0.543	.463
	S2:Scientific explanation is based on observation and experimentation	1	92	0.130	.719
	S3: Scientific manner	1	92	2.123	.148
	S4:Science is an idea-generating activity	1	92	2.411	.124
	S5: Scientific progression requires public support	1	92	0.835	.363
	S5:Scientific work	1	92	0.361	.549

3) การตรวจสอบความสัมพันธ์แบบเส้นตรงระหว่าง ตัวแปรร่วมและตัวแปรตาม

ตาราง 19 แสดงผลของการตรวจสอบความสัมพันธ์แบบเส้นตรงระหว่าง ตัวแปรร่วมและตัวแปรตาม

Test	Aspects	df	F	p
แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ภาพรวม (Overall)	1	7.689*	.007
	Level1: Recall and Reproduction	1	3.991*	.048
	Level2: Skills and Concepts	1	3.956*	.049
	Level3: Strategic Thinking	1	8.648*	.004
	Level4: Extended Thinking	1	8.345*	.005
แบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	ภาพรวม (Overall)	1	3.877	.052
	ความยืดหยุ่น (Fluency)	1	3.947	.051
	ความหลากหลาย (Flexibility)	1	7.076*	.009
	ความคิดริเริ่ม (Originality)	1	9.055*	.002
	การให้เหตุผล(Reasonability)	1	4.816*	.030
แบบประเมินตนเองด้านการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์			4.721*	.035
แบบวัดทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์	ภาพรวม (Overall)	1	5.696*	.019
	ความยืดหยุ่น (Fluency)	1	11.279*	.001
	ความหลากหลาย (Flexibility)	1	3.805	.057
	ความคิดริเริ่ม (Originality)	1	3.997*	.046
แบบประเมินเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์	ภาพรวม (Overall)	1	3.986*	.049
	S1:Scientific theories are subject to change	1	4.281*	.045
	S2:Scientific explanation is based on observation and experimentation	1	4.634*	.037
	S3: Scientific manner	1	4.004*	.048
	S4:Science is an idea-generating activity	1	4.394*	.042
	S5: Scientific progression requires public support	1	5.205*	.022
	S5:Scientific work	1	4.783*	.031

* $p < .05$

4) การตรวจสอบการมีความสัมพันธ์เหมือนกันทุกกลุ่ม (Homogeneity of regression) ระหว่างตัวแปรร่วมและตัวแปรตาม

ตาราง 20 ผลการตรวจสอบการมีความสัมพันธ์เหมือนกันทุกกลุ่ม (Homogeneity of regression)

Test	Aspects	df	F	p
แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	Learning model * Total	1	0.036	.850
	Learning model * Level1: Recall and Reproduction	1	2.138	.147
	Learning model * Level2: Skills and Concepts	1	0.119	.731
	Learning model * Level3: Strategic Thinking	1	4.265	.065
	Learning model * Level4: Extended Thinking	1	0.028	.867
แบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	Learning model * Total	1	1.479	.227
	Learning model * Fluency	1	0.932	.337
	Learning model * Flexibility	1	3.150	.079
	Learning model * Originality	1	0.000	.988
	Learning model * Reasonability	1	1.012	.317
แบบประเมินตนเองด้านการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	Learning model * Creative Problem Solving Self Assessment Form	1	.085	.771
แบบวัดทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์	Learning model * Total	1	0.077	.782
	Learning model * Fluency	1	3.620	.060
	Learning model * Flexibility	1	0.512	.476
	Learning model * Originality	1	0.154	.695
แบบประเมินเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์	Learning model * Total	1	0.291	.591
	Learning model * S1:Scientific theories are subject to change	1	1.248	.267
	Learning model * S2:Scientific explanation is based on observation and experimentation	1	0.289	.592
	Learning model * S3: Scientific manner	1	0.417	.520
	Learning model * S4:Science is an idea-generating activity	1	0.720	.398
	Learning model * S5: Scientific progression requires public support	1	1.205	.275
	Learning model * S5:Scientific work	1	1.532	.219

Appendix E:

- The pictures of learning atmosphere and activities
- Examples of students' tasks

The pictures of learning atmosphere and activities



นักเรียนให้ความสนใจกับสถานการณ์ปัญหา



นักเรียน ร่วมกันอภิปราย ระดมสมอง ทำงานเป็นกลุ่ม



นักเรียนร่วมกันออกแบบ วางแผน ในการทำกิจกรรม



นักเรียนแบ่งหน้าที่ และร่วมกันทำกิจกรรม



นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสร้างคำอธิบายจากข้อมูล หลักฐานที่เก็บรวบรวม



นักเรียนส่งตัวแทนนำเสนอผลงาน คำอธิบายที่สร้างขึ้น และแลกเปลี่ยนเรียนรู้องค์ความรู้ร่วมกัน

Examples of students' tasks

B.B.K

คำชี้แจง จงนำภาพทางความคิดลงในตารางให้ถูกต้องตามประเภทของสมบัติของสาร ชื่อกลุ่ม _____

สารละลาย	องค์ประกอบ	ตัวละลาย	ตัวถูกละลาย
น้ำเกลือ	น้ำ + เกลือ	เกลือ	น้ำ
น้ำเชื่อม	น้ำ + น้ำตาลทราย	น้ำตาลทราย	น้ำ
น้ำโซดา	น้ำ + แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	คาร์บอนไดออกไซด์	น้ำ
น้ำ	ทองคำ 35% + ทองแดง 60% + เงิน 5%	ทองคำ	เงิน
ทองเหลือง	ทองแดง 60% + สังกะสี 40%	สังกะสี	ทองแดง
แก๊สของดี	ไฮโดรเจน 70% + ไนโตรเจน 10% + อื่นๆ 20%	ไฮโดรเจน	ไนโตรเจน
อากาศ	ไนโตรเจน 78.08% + ออกซิเจน 20.25% + อาร์กอน 0.93% + คาร์บอนไดออกไซด์ 0.03% + อื่นๆ 0.01%	ออกซิเจน	ไนโตรเจน

หน้าภาพหน้าสุดท้าย | สารเคมี | วิชาเคมี | 2

W.K.S

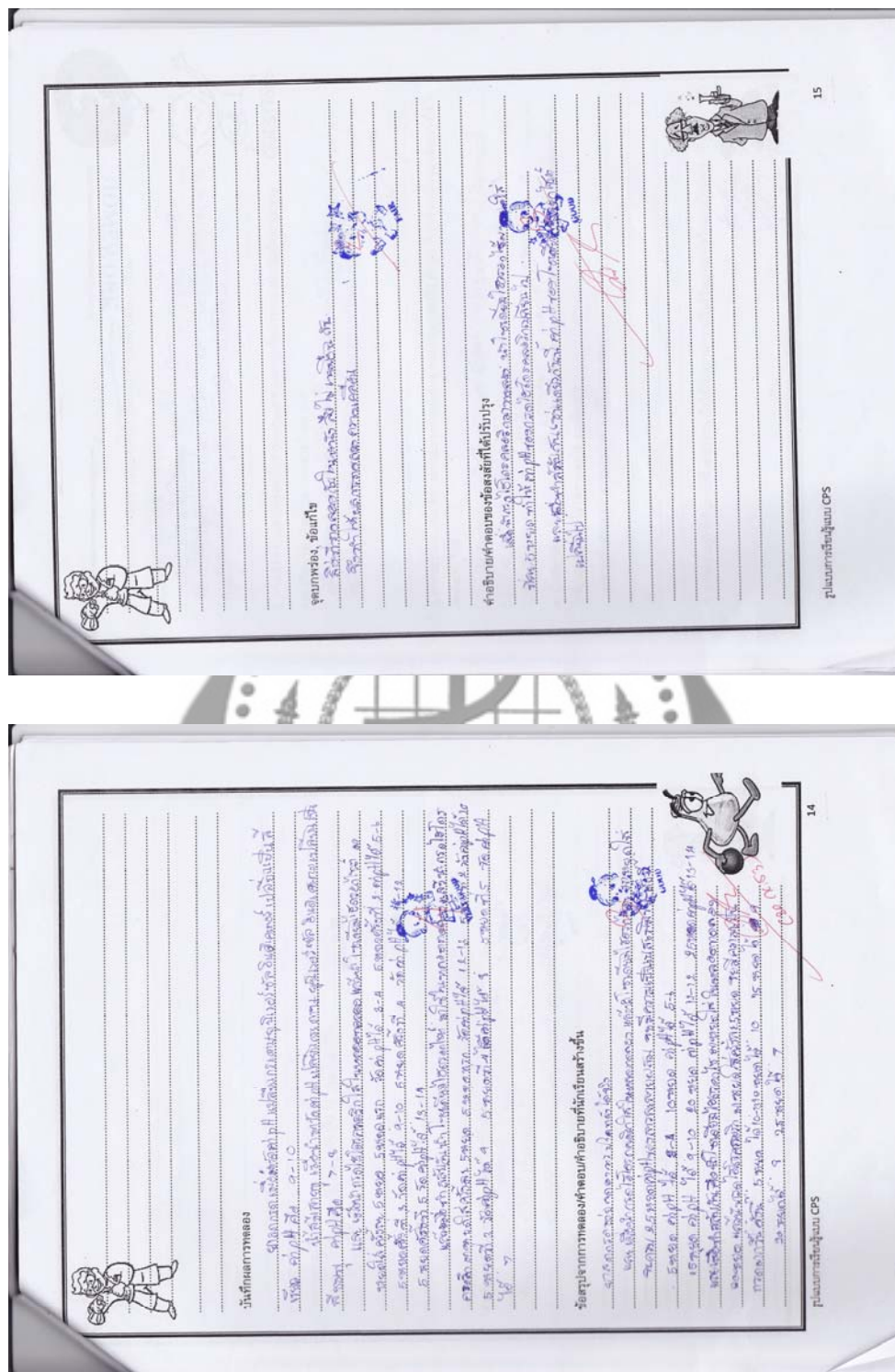
คำชี้แจง จงนำภาพทางความคิดลงในตารางให้ถูกต้องตามประเภทของสมบัติของสาร ชื่อกลุ่ม _____

สมบัติทางกายภาพ	สมบัติทางเคมี
การเปลี่ยนแปลงสถานะ การเปลี่ยนแปลงสี การเปลี่ยนแปลงกลิ่น การเปลี่ยนแปลงรสชาติ	การเกิดสารใหม่ การเกิดสารใหม่ การเกิดสารใหม่

หน้าภาพหน้าสุดท้าย | สารเคมี | วิชาเคมี | 2

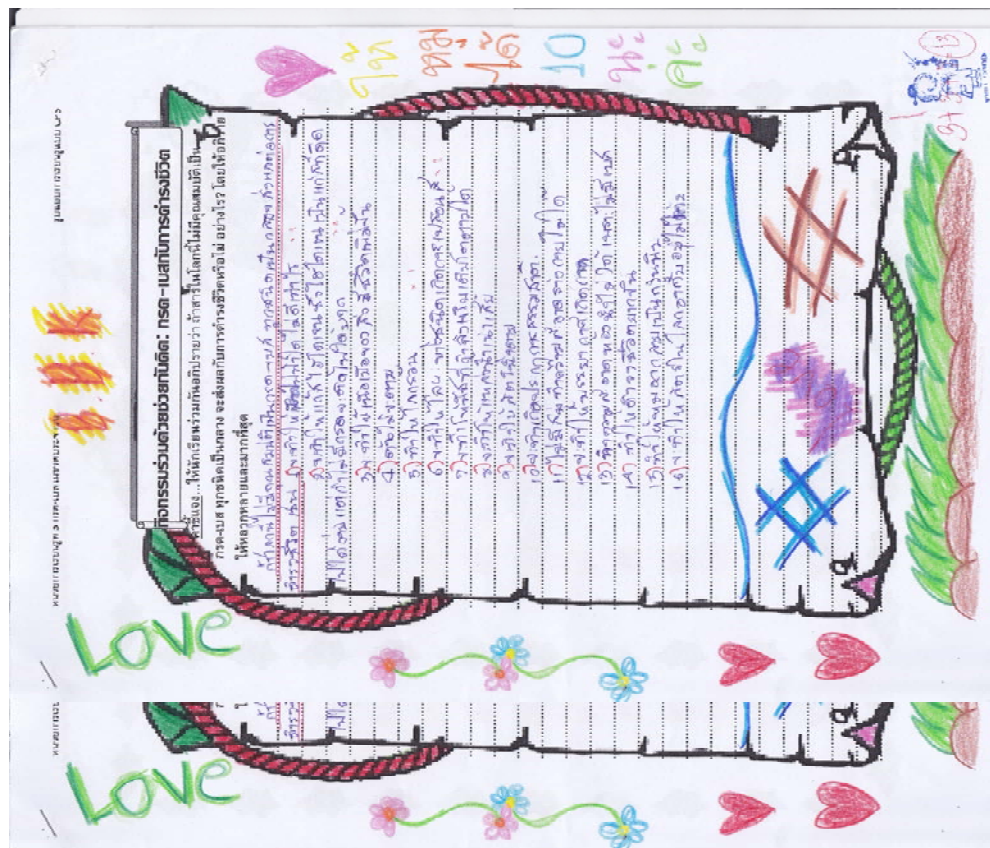
P.2. สัปดาห์ที่ 1
 1.2. สัปดาห์ที่ 2
 2.1. สัปดาห์ที่ 3
 2.2. สัปดาห์ที่ 4

ตัวอย่างผลงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มในการทำกิจกรรม



ตัวอย่างผลการศึกษากิจกรรมที่ 3: ปฏิบัติการของสารละลายกรด-เบส

[illegible]



ตัวอย่างผลการทำกิจกรรมร่วมด้วยช่วยกันคิด : กระด-แบบสภากาชาดชีวิต

CH4

18

กิจกรรม Detective Project

รายชื่อสมาชิกในกลุ่ม

โรงเรียน.....	วันที่ 13/12/59.....
1.ชื่อ.....	เลขที่.....
2.ชื่อ.....	เลขที่.....
3.ชื่อ.....	เลขที่.....
4.ชื่อ.....	เลขที่.....
5.ชื่อ.....	เลขที่.....
6.ชื่อ.....	เลขที่.....
7.ชื่อ.....	เลขที่.....
8.ชื่อ.....	เลขที่.....

ตัวชี้แจง

- งานชิ้นนี้ เป็นงานมอบหมายที่นักเรียนได้ทำมาตลอดปีการศึกษา
- ไม่ได้รับรางวัลสำหรับนักเรียนที่ทำงานชิ้นนี้ เพราะนักเรียนทุกคนได้ทำแล้ว แต่ให้คะแนนแบบตัดสินงานของครู หรือตัดสินงานจากคะแนนที่ได้รับมอบหมาย
- ตัวเลขจากการมอบหมายได้แก่เลขที่นักเรียนที่ได้รับมอบหมาย
- กรุณาอย่าลืมตรวจสอบความถูกต้องของเลขที่ได้รับมอบหมายก่อนส่งงาน

ผู้ประสานงานกลุ่มงาน CFS

26

คำสั่ง

จากกิจกรรม ตัวหนังสือบาง ตัวที่เราเขียนไว้มีรับ ให้
นักเรียนใช้ทักษะการตีความไปหาอย่างอื่นแล้วรึเปล่า? คิดความ ว่าพบ
แต่การถอดความตัวหนังสือบาง ตัวไม่ได้ใช่ไหม? โดยที่ตัวหนังสือ
พื้นฐานเกี่ยวกับกรณ-ผลเป็นอิสระอันนี้ พร้อมการถอดภาพพจน์?

© 2019 by iStockphoto.com

ข้อที่ 1

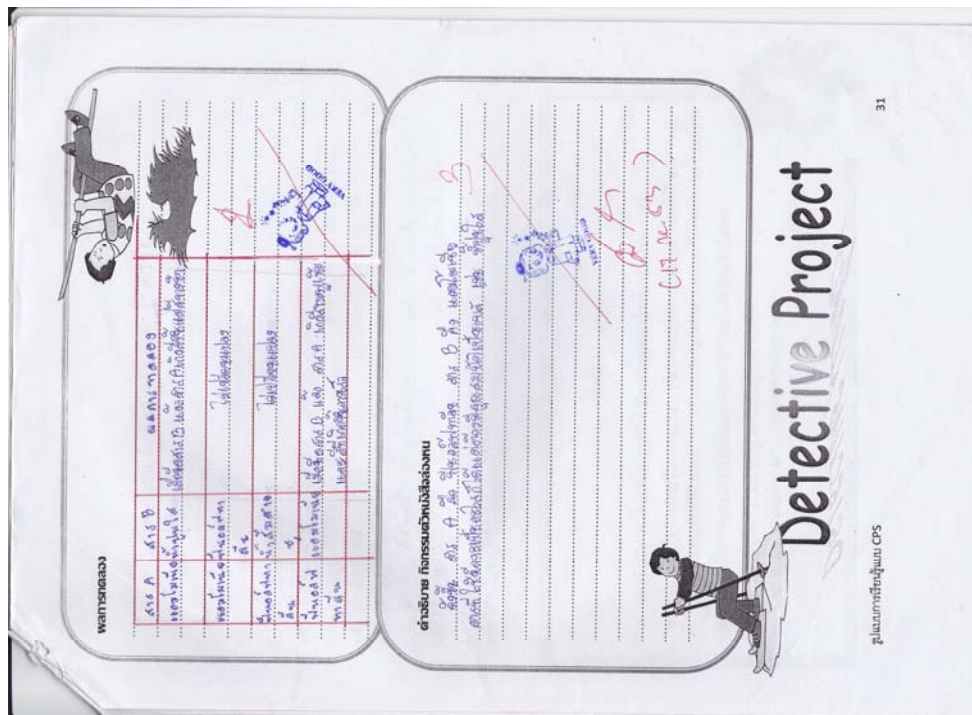
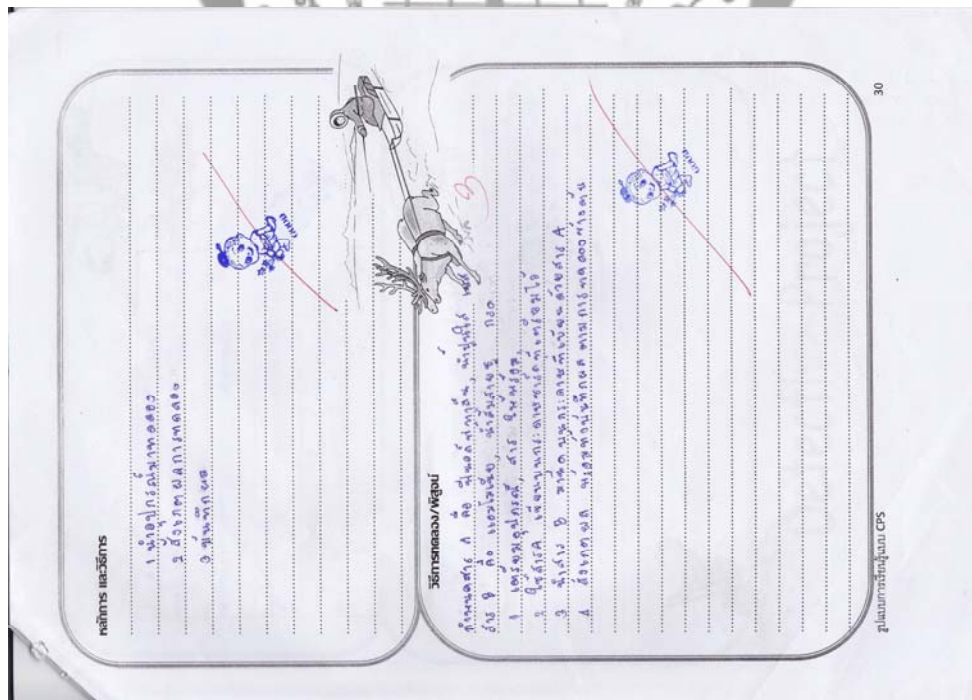
จากสถานการณ์ข้างบน นักเรียนคิดว่าควรใช้ปัญญาวินิจฉัยอะไร(กรณ-ผล)
ขึ้นส่วนไหนของปัญหาการเป็นโรค (เป็นโรค)

จากภาพแสดง ตัวหนังสืออย่างนี้ มาใช้ ถ้า A ใช้เหตุผล กรณ
แล้วใช้วิธีคิด B ลงมือกับโรคที่เขียนไว้ จะพอเข้าใจไหม? คือ สันนิษฐานว่า
ใช้เหตุผล กรณแล้ว แล้วไปลงมือกับโรคที่เขียนไว้ จะพอเข้าใจไหม? คือ สันนิษฐานว่า
คือการใช้เหตุผลกับโรคที่เขียนไว้ คือ ใช้เหตุผลกับโรคที่เขียนไว้
แล้วใช้วิธีคิดกับโรค

4240+5

โปรแกรมที่เขียน CPS

ตัวอย่างผลการศึกษากิจการณที่ กิจการณ นักสืบน้อย (Detective Project): ตัวหนังสือสองหน้า



ตัวอย่างผลการศึกษากิจกรรมที่ กิจกรรม นักสืบน้อย (Detective Project): ตัวหนังสือล่องหน



VITAE

Name: Kanyarat Cojorn
Date of Birth: June 10, 1982
Place of Birth: Maha Sarakham, Thailand
Address: 104 M. 5 Nongsim, Borabu, Maha Sarakham, Thailand, 44130
 E-mail: Chaatja_co@yahoo.com

Educational Background:

- 2004 Bachelor of Science (B.Sc.), Chemistry (2nd class honor),
Mahasarakham University, Maha Sarakham
- 2005 Bachelor of Public Administration (B.P.A.), Human Resource Management,
Sukhothai Thammathirat Open University, Bangkok
- 2005 Graduate Diploma (Grad. Dip.), Teaching Profession,
Mahasarakham University, Maha Sarakham
- 2008 Completed the Program to Promote Research Method in
Science Education,
University of Wisconsin-Madison, USA
- 2011 Doctor of Education (Ed.D.), Science Education(English Program),
Srinakharinwirot University, Bangkok