

THE DEVELOPMENT OF CRITICAL THINKING SKILLS WITH
INTERDISCIPLINARY APPROACH ON THE CLIMATE CHANGE UNIT
FOR LOWER SECONDARY STUDENTS



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
September 2013

THE DEVELOPMENT OF CRITICAL THINKING SKILLS WITH
INTERDISCIPLINARY APPROACH ON THE CLIMATE CHANGE UNIT
FOR LOWER SECONDARY STUDENTS



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
September 2013
Copyright 2008 Srinakharinwirot University

THE DEVELOPMENT OF CRITICAL THINKING SKILLS WITH
INTERDISCIPLINARY APPROACH ON THE CLIMATE CHANGE UNIT
FOR LOWER SECONDARY STUDENTS



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
September 2013

Apichart Payakkhin (2013). *The Development of Critical Thinking Skills with Interdisciplinary Approach on the Climate Change Unit for Lower Secondary Students*. Dissertation, Ed.D. (Science Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assoc. Prof. Dr. Nason Phonphok, Acting Sub Lt. Dr. Manat Boonprakob, Dr. Theerapong Sangpradit, Assist. Prof. Dr. Chanyah Dahsah.

The purposes of the study were to develop critical thinking skills in the climate change unit with interdisciplinary approach and to study the results of the unit implementation on the students' critical thinking skills, the students' achievement, and the students' opinions toward the unit and the teachers' opinions toward the unit. The research study was conducted through three stages including unit development, unit implementation, and unit evaluation.

Following these stages and procedures, a draft of the climate change unit with interdisciplinary approach to enhance critical thinking skills was developed based on the science strand 6.1, mathematics strand 6.1, Thai language strand 3.1, foreign languages strand 3.1, and art strand 1.1 in the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008) at grade 7. The content of unit included 8 learning units: atmosphere that enveloped the world, the graph tells relations climate, glaciers disappear, ocean currents, back in time with the ice bar, life in the greenhouse, carbon footprint, and biome and climate change. The 2(CPA) model, the model for enhancing critical thinking skills, that consists of 6 steps as follow; step 1 clarification & challenge, step 2: data collection, step 3: judging & processing Information, step 4: inference, step 5: applying knowledge, and step 6: assessment were used in this study. The draft unit was verified for quality, appropriateness, and validity by experts. The draft unit was tried out with thirty-five 7th grade students at Kohsira School, Phuket province, Thailand during the first semester of the academic year 2013.

The revised unit was implemented in the class with the students from Banthongkha School, Phuket province. There were thirty-eight 7th grade students in the first semester of the academic year 2013 and the instruction was conducted within 24 learning periods. The assessment tools were the achievement test, the critical thinking skills test, the questionnaire of students' opinions toward the unit, and the questionnaire

of teachers' opinions toward the unit. The data were analyzed by using mean and standard deviation. Research hypotheses were tested by *t*-test.

The results revealed that:

1. The students' achievement scores after studying the revised unit of experimental group was significantly different at 0.05 level of significance above the students' achievement scores before studying the revised unit in the same group.

2. The students' achievement scores after studying the revised unit of experimental group was significantly different at 0.05 level of significance above the students' achievement scores after studying the climate change without using the revised unit of control group.

3. The students' scores of experimental group in each critical thinking skill and in total mean score after using the revised unit were statistically higher than the students' mean scores before using the revised unit in the same group at the 0.05 level of significance.

4. The students' critical thinking skills scores after studying the revised unit of experimental group was significantly different at 0.05 level of significance above the students' critical thinking skills scores after studying the climate change without using the revised unit of control group.

5. The student opinion scores toward the revised unit after using the unit were significantly higher at the 0.05 level of significance.

6. The participating teacher's opinion mean scores after using the revised unit were significantly higher at the 0.05 level of significance.

การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิจารณ์ด้วยวิธีสหวิทยาการในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา
กันยายน 2556

อภิชาติ พยัคฆิน. (2556). การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิจารณ์ด้วยวิธีสหวิทยาการใน
หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษา
ตอนต้น. ปรินญานิพนธ์. กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรรมการควบคุม: รศ.ดร. ณสเรศร์ ผลโภาค,
ว่าที่ร้อยตรีดร.มนัส บุญประกอบ, ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, ผศ.ดร.จรรยา ดาสา

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิจารณ์ในหน่วยการเรียนรู้การ
เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้วยวิธีสหวิทยาการ และศึกษาผลของการใช้หน่วยการเรียนรู้ใน
ประเด็นของทักษะการคิดเชิงวิจารณ์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดเห็นต่อหน่วยการ
เรียนรู้ของครูและนักเรียน การวิจัยและพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน กล่าวคือ
การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ การนำหน่วยการเรียนรู้ไปใช้ และการประเมินหน่วยการเรียนรู้ โดย
หน่วยการเรียนรู้ได้พัฒนาขึ้นตามมาตรฐานการเรียนรู้สาระวิทยาศาสตร์ที่ 6.1 สาระคณิตศาสตร์
6.1 สาระภาษาไทย 3.1 สาระภาษาต่างประเทศ 3.1 และสาระศิลปะ 1.1 ซึ่งเนื้อหาของหน่วย
การเรียนรู้ประกอบด้วย 8 หน่วยการเรียนรู้ได้แก่ 1) บรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก 2) กราฟบอก
สัมพันธ์ภูมิอากาศ 3) ธารน้ำแข็งที่หายไป 4) กระแสน้ำมหาสมุทร 5) ย้อนเวลาไปกับแท่ง
น้ำแข็ง 6) ชีวิตในเรือนกระจก 7) รอยเท้าคาร์บอน และ 8) ชีวิตเฝ้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพ
ภูมิอากาศ มีรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ รูปแบบ 2(CPA) ซึ่งเป็นรูปแบบการ
พัฒนาทักษะการคิดเชิงวิจารณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน
ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 ทำทนายและทำให้กระจำ ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูล ขั้นที่ 3 ประมวลและ
ประเมินข้อมูล ขั้นที่ 4 ลงความเห็นข้อมูล ขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้ความรู้ และขั้นที่ 6 ประเมิน
ความรู้ หน่วยการเรียนรู้ได้รับการประเมินความสอดคล้องโดยผู้เชี่ยวชาญก่อนการนำไปทดลอง
ใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 35 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ที่
โรงเรียนเกาะสีเฮอร์ จ. ภูเก็ต

หน่วยการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนำมาใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 38 คน ที่
โรงเรียนบ้านทุ่งคา จ. ภูเก็ต เป็นระยะเวลา 24 คาบเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556
โดยระหว่างการใช้หน่วยการเรียนรู้มีการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือ 4 ชนิดคือ แบบทดสอบวัด
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงวิจารณ์ แบบสอบถามความ
คิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อหน่วยการเรียนรู้ และแบบสอบถามความคิดเห็นของครูที่มีต่อหน่วย
การเรียนรู้ ข้อมูลที่ได้นำมาใช้วิเคราะห์เพื่อตรวจสอบสมมติฐานงานวิจัยโดยใช้ค่าสถิติ t-test
ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย พบว่า

- 1) ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นักเรียนในกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
- 2) นักเรียนในกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
- 3) ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นักเรียนในกลุ่มทดลองมีทักษะความคิดเชิงวิจรณ์ญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
- 4) นักเรียนในกลุ่มทดลองมีทักษะความคิดเชิงวิจรณ์ญาณหลังเรียนสูงกว่าทักษะความคิดเชิงวิจรณ์ญาณหลังเรียนของกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
- 5) นักเรียนที่ร่วมวิจัยมีความคิดเห็นต่อหน่วยการเรียนรู้ในระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
- 6) ครูที่ร่วมวิจัยมีความคิดเห็นต่อหน่วยการเรียนรู้ในระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



The Dissertation titled
“The Development of Critical Thinking Skills with Interdisciplinary Approach on the
Climate Change Unit for Lower Secondary Students”

by
Apichart Payakkhin

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 Graduate School

(Assoc. Prof. Dr. Somchai Suntiwatanakun)

September 2013

Advisor Committee

Oral Defense Committee:

..... Chair

.....Chair

(Assoc. Prof. Dr. Nason Phonphok)

(Dr. Pramuan Siripankaew)

..... Co-advisor

..... Committee

(Acting Sub Lt. Dr. Manat Boonprakob)

(Assoc. Prof. Dr. Nason Phonphok)

..... Co-advisor

.....Committee

(Dr. Theerapong Sangpradit)

(Acting Sub Lt. Dr. Manat Boonprakob)

..... Co-advisor

.....Committee

(Assist. Prof. Dr. Chanyah Dahsah)

(Dr. Theerapong Sangpradit)

.....Committee

(Assist. Prof. Dr. Chanyah Dahsah)

.....Committee

(Assist. Prof. Dr. Sirinoot Teanrungraj)

Acknowledgement

This research could not complete without help, support, guidance, and encouragement from many people. I would like to express deep gratitude to Assoc. Prof. Dr. Nason Phonphok, Acting Sub Lt. Dr. Manat Boonprakob, Dr. Theerapong Sangpradit, and Assist. Prof. Dr. Chanyah Dahsah for their assistance and encouragement throughout the study.

In addition, I also want to thank all professors and staff in the Science Education Center for their recommendations and encouragement during the study.

I also would like to extend my appreciation to Dr. Wanphen Pratoomtong, Dr. Suwit Khongpugdee, and Wanlop Khongna for their suggestions in examining and verifying the draft unit and the research instruments.

Also, I wish to express my gratitude to Mis. Sukontha Pothong and Mis. Nisa Punlapa for their participation in the research.

Finally, I would like to give a special thanks to my family and my friends for their love, support, and encouragement throughout my study.

Apichart Payakkhin

TABLE OF CONTENTS

Chapter	Page
1 INTRODUCTION	1
Background.....	1
Research Questions.....	5
Objectives of the Study.....	5
Significance of the Study.....	6
Scope of the Study.....	6
Definitions of Terms.....	8
Conceptual Framework.....	9
Research Hypotheses.....	10
2 REVIEW OF RELATED LITERATURE	11
Definitions of Critical Thinking.....	11
Why is Critical Thinking Important?.....	20
Importance of Critical Thinking in Science Learning.....	23
Critical Thinking Assessment.....	28
Enhancing Critical Thinking Skills.....	36
Definitions of Interdisciplinary Approach.....	47
The Importance of Interdisciplinary Approach.....	50
Why Climate Chang?.....	54
3 METHODOLOGY	56
Sources of Data.....	56
Sources of Data of Field Trial Study.....	56
Sources of Data of Field Study.....	57
Research Procedures.....	57
Climate Change Unit Development.....	59
Climate Change Unit Implementation of Field Study Stage.....	66
Climate Change Unit Evaluation.....	67

TABLE OF CONTENTS (continued)

Chapter	Page
3 (continued)	
Research Instruments.....	67
The Climate Change Unit Evaluation Form.....	68
The Critical Thinking Skills Test.....	68
The Learning Achievement Test.....	69
The Students' Opinions toward the Climate Change Unit.....	70
The Classroom Observation Form.....	71
The Teacher's Opinion towards the Climate Change Unit	71
Data Collection.....	72
Data Analysis.....	73
Statistical Analyses.....	74
Roles of Individuals in the Study.....	77
4 RESULTS	79
Section 1: The Results of Unit Development.....	79
Section 2: The Results of the Unit Implementation and Unit Evaluation....	89
5 CONCLUSIONS, DISCUSSIONS AND RECOMMENDATIONS	105
Section 1: The Conclusions of the Study.....	105
Section 2: Discussions.....	112
Section 3: Recommendations.....	118
BIBLIOGRAPHY	121
APPENDIX	132
VITAE	255

LIST OF TABLES

Table	Page
1 Comparison of six commonly used critical thinking tests.....	33
2 Summary of critical thinking models.....	44
3 Disciplines that use in any lesson plans.....	62
4 The details of draft lesson plans.....	63
5 Reliability and internal consistency of the Cornell Critical Thinking Test (CCTT).....	69
6 Data collection in the Field study.....	73
7 The results of evaluation on the appropriateness of the draft lesson plans.....	78
8 Unit consistency evaluation.....	83
9 Students' opinion toward the draft unit.....	85
10 The comparison between the mean score of students' opinion toward the draft unit on climate change after using the draft unit and the criterion according to the pilot study group.....	87
11 The students' achievement means score before and after using the revised unit of the experimental group.....	90
12 The comparison of the students' achievement means score of post-test of experimental group and control group.....	92
13 The comparison of the students' critical thinking skills mean scores before and after using the revised unit of the experimental group.....	94
14 The comparison of the students' critical thinking skills mean scores of post-test of experimental group and control group....	95
15 Students' opinion toward the revised unit.....	96
16 The comparison of the students' opinion toward the climate change unit to enhance critical thinking skills means score and the criterion after using the revised unit of the experimental group.....	98

LIST OF TABLES (continued)

Table	Page
17 Teacher' opinion toward the revised unit.....	99
18 The comparison of the mean scored of teacher's opinion towards the climate change unit after using the revised unit and the criterion.....	102
19 List of experts for verify and examining the draft unit.....	132
20 List of experts for verify and examining the critical thinking skills test.....	133
21 General information regarding participating teachers in the first semester, 2013 academic year.....	134
22 The results of evaluation on the appropriateness of the draft lesson plans.....	136
23 The unit consistency evaluation.....	141
24 The results evaluation of the achievement test.....	142
25 The students' achievement score before and after using the unit in pilot study group.....	144
26 The students' achievement score before and after using the unit in experimental group.....	145
27 The students' achievement score before and after using the unit in control group.....	146
28 The students' critical thinking skills score before and after using the unit in pilot study group.....	147
29 The students' critical thinking skills score before and after using the unit in experimental group.....	149
30 The students' critical thinking skills score before and after using the unit in control group.....	151

LIST OF FIGURES

Figure	Page
1 Conceptual Framework of the Study.....	10
2 Critical Thinking Cyclic Model.....	26
3 Model of Enhancing CT Skills.....	45
4 Procedures of the Research Study.....	58



CHAPTER 1

INTRODUCTION

1. Background

Thai education system has long emphasized "chalk and talk" pedagogy, rote learning, placing an importance on school education with teachers as the center of teaching-learning activities. Even worse, the knowledge provided is not relevant to the needs of learners and community (Kaewdang. 1999: Online) therefore education management that focuses on learners is important and essential now.

Presseisen (1991: 62) states that "Without a common understanding of what we mean by thinking, we cannot even begin to address the extensive problems associated with the development of students' higher cognitive performances" thus the important and essential ability to think in democratic or knowledge or information society is associated with the learners with the ability to think critically because critical thinking is one type that focuses on life in society and is characteristic of students in the study aims of education today (Miller; & Badcock. 1996: 7).

Fraker (1995: 9) pointed out that two underlying themes as to the reasons why student lack critical thinking skills:

(a) lack of exposure to these skills, such as problem solving and applying learned knowledge to new situations, and (b) students have been 'spoon fed' content and have not had to think for themselves"

Chaffee (1985: 49) said that critical thinking is "making sense of our world by carefully examining our thinking and the thinking of others in order to clarify and improve our understanding" and Scriven (1985: 11) noted that "training in critical thinking should be the primary task of education". According to Thailand's National Education Act of B.E. 2542 (A.D. 1999) and Amendments (Second National Education Act B.E. 2545 (A.D. 2002)) (2003: 13), "The substance of the curricula, both academic and professional, shall aim at human development with desirable balance regarding knowledge, critical thinking, capability, virtue and social responsibility." that conform with a current trend in education

stresses that students preparing for the 21st century must acquire a variety of critical thinking skills. Hannel and Hannel (1998: 87) proposed that in the task of helping students become critical thinkers, two impediments stand in the way. The first is a widespread misdiagnosis about why students fail to become critical thinkers in the first place, and the second is the lack of a practical instructional strategy for teaching critical thinking skills in the classroom. Both of these problems can be remedied.

Norris (1985: 40-45) and Bodi (1988: 150-153) mentioned the importance of critical thinking "The critical thinking is thinking for considering anything deliberately that lead to conclusions and reasonable decision. Critical thinking is valuable in themselves and learners have rights to develop critical thinking look on the essential conditions for educational management. Therefore critical thinking provides children with the opportunity to develop their own potentiality including age, body, mind, intelligence and emotion for living in society with value and happiness. Critical thinking is processes of thinking that is based on evaluation of evidence for leading to objective conclusions, considering elements related issues, reasoning with appropriate logic and thought carefully considered for decision to accept or reject such claims (Moore; & Parker. 1986: 207).

Edward Glaser (1941: 5), who is considered the father of the modern critical thinking movement, defined critical thinking as follows: "The ability to think critically involves three things: (1) an attitude of being disposed to consider in a thoughtful way the problems and subjects that come within the range of one's experiences (2) knowledge of the methods of logical inquiry and reasoning, and (3) some skills in applying those methods".

According to Richard Paul (1995: 91), there are two crucial things in defining critical thinking:

- 1) critical thinking is not just thinking, but thinking which entails self-improvement and
- 2) this improvement comes from skill in using standards by which one appropriately assesses thinking

Robert Ennis (1996: xvii) pointed out that critical thinking is not a thing or a goal in and of itself; rather, it is a process of making informed decisions that affects the way of his/her life, the ultimate goal of which is to live reasonably in the strong or ethical sense of

the term. It is based on a practical examination of one's beliefs and actions as a guide for living an examined life.

Critical thinking is essential to effective learning and productive living. At the level of practical decision making, Nosich (2005: 29) explained that "critical thinking helps when we are simply trying to deal with ordinary tasks: how to study more effectively, find a strategy when stuck in an airport, decide what kind of cloths to buy" and Paul (1995: 257) said that teaching students intellectual skills is not enough. Students must be educated to think critically in the "strong sense" which is "necessary to moral integrity and responsible citizenship".

Like every higher order skill, quality thinking must be cultivated. Education is the process that (ideally) provides the environment for higher order thinking skills to develop. As a theorist of critical thinking and critical pedagogy, Brookfield, long considered an "expert" on critical thinking, contended that critical thinking is a process. Although his definition includes emotional as well as rational components, and clearly acknowledges the importance of culture and context, it contains the following common characteristics:

1. Identifying and challenging assumptions,
2. Challenging the importance of context,
3. Trying to imagine and explore alternatives and
4. Reflective Skepticism. (Brookfield. 1987: 7-9)

He pointed out that critical thinking is pursued as an important educational goal "because learning to think critically can help students deal with ambiguity and negotiate the bewildering pace of social and technological change". (Brookfield. 2005: 49)

Critical thinking requires rigorous intellectual work. It is not easy and nor should it be. Scheffler (1973: 144) wrote "To be reasonable is a difficult achievement. The habit of reasonableness is not an airy abstract entity that can be skimmed off the concrete body of thought and practice". Furthermore, "Educational skill is not instinctive but rather the product of training and experience, leading to a mastery of [intellectual] rules" (Scheffler. 1973: 145).

Paul and Elder (2006: xx) emphasized the importance of intellectual work as a necessary condition to improving the quality of one's thought. "To make significant gains in the quality of your thinking, you will have to engage in a kind of work that most humans

find unpleasant, if not painful: intellectual work". Paul and Elder note that poor motivation is one of the most significant obstacles to developing as a thinker. Although one's community can provide the environment and support conducive to fostering motivation, ultimately the responsibility to engage in intellectual work rests on the individual.

Schafersman noted that critical thinking can be described as the scientific method applied by ordinary people to the ordinary world because critical thinking mimics the well-known method of scientific investigation: a question is identified, a hypothesis formulated, relevant data sought and gathered, the hypothesis logically tested and evaluated, and reliable conclusions drawn from the result. All of the skills of scientific investigation are matched by critical thinking, which is therefore nothing more than scientific method used in everyday life rather than in specifically scientific disciplines or endeavors. Critical thinking is scientific thinking. Many books and papers describing critical thinking present its goals and methods as identical or similar to the goals and methods of science (Schafersman. 1991: 3). Highlighting foundational critical thinking concepts like purposes, questions, hypotheses, problems, concepts (model and contrary), reasons/causation, inferences, consequences, and types of methods for gathering information/data is one of the most fundamental general principles implicit within scientific thinking (Schafersman. 1997: 1).

Today, the interdisciplinary approach is a key concept to the advancement of school curriculum at all levels. It has now become debated as to whether an interdisciplinary approach is the best course for a curriculum. Though it has many advantages such as expanding student understanding and achievement between all disciplines or enhancing communication skills, it also has disadvantages such as integration confusion and time-consuming curriculum preparation (Jones. 2010: 1).

Interdisciplinary approach to teaching requires planning that looks at the foundational objectives of a number of curriculum areas. Connecting curriculum in the interdisciplinary approach is an efficient way to help teachers deal with knowledge that grows at exponential proportions. A unit of study that uses the interdisciplinary approach enables teachers to teach the whole student and make links between disciplines. One goal for this approach is to give students a more relevant, less fragmented and stimulating experience (Jacobs. 1994: 10).

The purpose of this approach is to dissolve the boundaries of areas of study and encourage learning across the curriculum. Educators must develop a plan where they can see the natural areas for integration and develop thematic units. Student learning outcomes should include a well-rounded education where critical thinking and transfer of knowledge is evident with the school and the outside world.

The climate change provides an integrated and interdisciplinary approach to a true understanding of climate of our planet. Interdisciplinary is defined as a concept view and curriculum approach that deliberately applies a variety of methodology and language from an array of discipline fields to examine a theme, problem, issue, experience, or topic. An interdisciplinary approach integrates thinking and learning skills and unifies content and process. Climate change includes and applies knowledge from biology, chemistry, physics, ecology, and mathematics to tackle complex interdisciplinary issues. Climate change education also improves critical thinking skills through interdisciplinary approach. It offers a historical perspective and improves our ability to predict future events. To understand climate processes that affect us now and tomorrow, meteorologists look for evidence of what happened in the past. This connects students to the past, as well as challenges them to think about the future.

2. Research Questions

The research answered the following questions in the study:

1. Can students' study through the climate change unit based on interdisciplinary approach improve their critical thinking skills?
2. Can students' study through the climate change unit based on interdisciplinary approach gain more understanding of climate change?
3. What are the students' opinions toward the climate change unit based on interdisciplinary approach?
4. What are the teachers' opinions toward the climate change unit based on interdisciplinary approach?

3. Objectives of the Study

The purposes of this study are as follows:

1. To develop a climate change unit to enhance lower secondary students' critical thinking skills
2. To implement the climate change unit to enhance lower secondary students' critical thinking skills
3. To evaluate the result after using the climate change unit on
 - 3.1 The students who are participated in this study on learning achievement
 - 3.2 The students who are participated in this study on critical thinking skills
 - 3.3 The students who are participated in this study on opinions toward the climate change unit
 - 3.4 The teachers who are participated in this study on opinions toward the climate change unit

4. Significance of the Study

The results of this study will provide useful information for developing climate change units which emphasizes developing critical thinking skills for lower secondary students. It will be possible for secondary school teachers to apply the design format to develop other science courses for developing critical thinking skills. The instructional plans for climate change unit will use a variety of teaching methods for developing critical thinking skills. This study will provide useful information on the roles of the teachers and the students.

5. Scope of the Study

5.1 Sources of Data

5.1.1 Sources of Data in Field Trial Study

5.1.1.1 Teacher

A science teacher who teaches science for lower secondary school students at Kohsira School in Phuket province and are trained to teach students by following the lesson plans on climate change unit.

5.1.1.2 Student

Population

Three classrooms of seventh grade (Mathayomsuksa 1) students who studied science topics in the first half of the first semester of the 2013 academic year at Kohsira School in Phuket province.

Sample

A classroom of seventh grade (Mathayomsuksa 1) students (n=35) who studied science topics in the first half of the first semester of the 2013 academic year at Kohsira School in Phuket province.

5.1.2 Sources of Data in Field Study

5.1.2.1 Teacher

A science teacher who teaches science for lower secondary school at Banthongkha School in Phuket province and are trained to teach students by following the lesson plans on climate change units.

5.1.2.2 Student

Population

Three classrooms of seventh grade (Mathayomsuksa 1) students who studied science topics in the second half of the first semester of the 2013 academic year at Banthongkha School in Phuket province.

Sample

Two classrooms of seventh grade (Mathayomsuksa 1) students who studied science topics in the second half of the first semester of the 2013 academic year at Banthongkha School in Phuket province. A classroom is the experimental group (n=38) and the other is the control group (n=40).

5.2 Variables

5.2.1 Independent Variable

The climate change unit based on interdisciplinary approach

5.2.2 Dependent Variables

1. Critical thinking skills

2. Learning achievement
3. Students' opinion towards the climate change unit
4. Teachers' opinion towards the climate change unit

6. Definitions of Terms

6.1 “Critical Thinking” is reasonable and reflective thinking with focuses on deciding what to believe or do. Aspects of critical thinking that the researcher would like to develop consist of:

6.1.1) “Induction” is a method of reasoning that moves from specific instances to a general conclusion.

6.1.2) “Deduction” is a method of reasoning from the general to the specific.

6.1.3) “Observation” is a method of data collection in which the situation of interest is watched and the relevant facts, actions and behaviors are recorded.

6.1.4) “Credibility of Sources” is judgments made by a perceiver concerning the believability of a communicator

6.1.5) “Assumption Identification” is accepted cause and effect relationships, or estimates of the existence of a fact from the known existence of other fact(s).

6.2 “Disciplinary” is focused on a discrete subject with its characteristic regimen of investigation and analysis.

6.3 “Interdisciplinary” is a concept view and curriculum approach that deliberately applies a variety of methodology and language from an array of discipline fields to examine a theme, problem, issue, experience, or topic.

6.4 “Interdisciplinary Approach” is defined as a concept view and curriculum approach that deliberately applies a variety of methodology and language from an array of discipline fields to examine a theme, problem, issue, experience, or topic.

6.5 “Learning Achievement” is knowledge, skills and attitudes in the process of learning which can be measured and tested.

6.6 “The Climate Change Unit” was designed to promote lower secondary students' critical thinking skills and learning achievements by the interdisciplinary approach.

Topics in the climate change unit include 8 topics during 24 periods (1 period = 50 minutes).

7. Conceptual Framework

According to Thailand's National Education Act of B.E. 2542 (A.D. 1999) and Amendments (Second National Education Act B.E. 2545 (A.D. 2002)) (2003: 13) "The substance of the curricula, both academic and professional, shall aim at human development with desirable balance regarding knowledge, critical thinking, capability, virtue and social responsibility." that conform with a current trend in education stresses that students preparing for the 21st century must acquire a variety of critical thinking skills but a lot of researches both Thailand and foreign research show that most of students lack of critical thinking skills. Critical thinking is a concept that can be defined, described, and conceptualized in a variety of ways. Pertinent to this research study is to present the climate change unit with interdisciplinary approach for developing critical thinking skills. From the survey and study, topics in the climate change unit include 8 topics. The scheme for the conceptual framework is depicted in Figure 1.

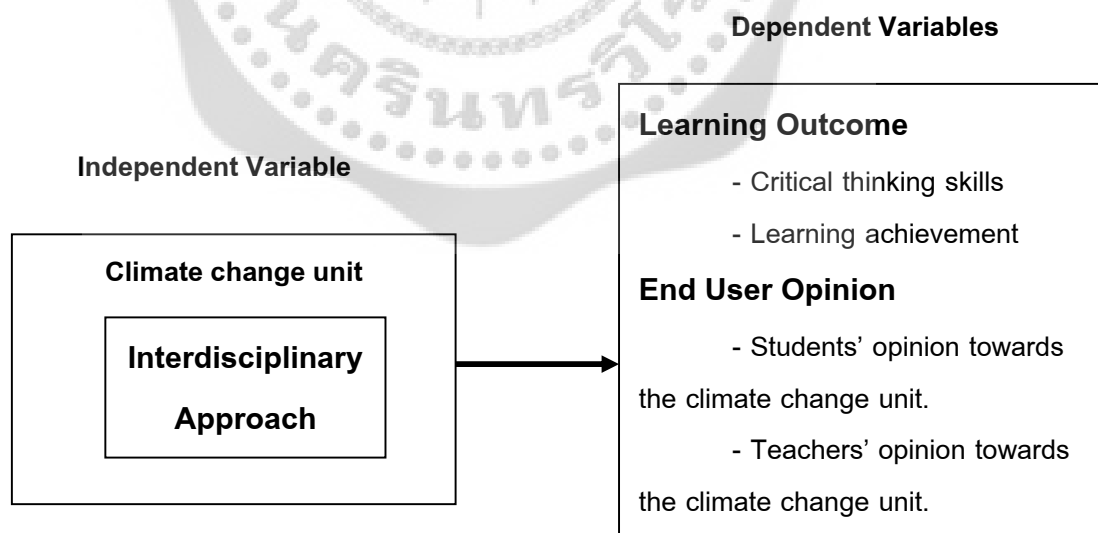


FIGURE 1 CONCEPTUAL FRAMEWORK OF THE STUDY

8. Research Hypotheses

The hypotheses of this study are:

1. Students who learn through the climate change unit have significantly higher post-test scores of learning achievement than pre-test scores.
2. Students who learn through the climate change unit have significantly higher post-test scores of learning achievement than students who do not learn in such unit.
3. Students who learn through the climate change unit have significantly higher post-test scores of critical thinking skills than pre-test scores.
4. Students who learn through the climate change unit have significantly higher post-test scores of critical thinking skills than students who do not learn in such unit.
5. Students' opinion scores toward the revised unit after using the unit was implemented are at a high level.
6. Teachers' opinion scores toward the revised unit after using the unit was implemented are at a high level.

CHAPTER 2

REVIEW OF RELATED LITERATURE

This chapter reviewed the scholarly literature that is relevant to the research objectives and the circumstances in which they are explored. The literature review aims to identify the various exemplary perspectives of science education that can be used to explain:

- 1) Definitions of Critical Thinking
- 2) Why is Critical Thinking important?
- 3) Importance of Critical Thinking in Science Learning
- 4) Critical Thinking Assessment
- 5) Enhancing Critical Thinking Skills
- 6) Definitions of Interdisciplinary Approach
- 7) Importance of Interdisciplinary Approach
- 8) Why Climate Change?

1. Definitions of Critical Thinking

Critical thinking proves to be a difficult concept to define. Despite years of debate, no universal definition of critical thinking exists. Even so, it is useful to examine definitions of some of the more influential individuals in this field. We will find that most definitions focus on cognitive abilities and the use of such abilities to make choices and decisions.

John Dewey gave a succinct definition of critical thinking. Even though he did not use many of the current terms for critical thinking, such as *critical thinking* itself, he overviewed many of the universally accepted elements and standards of the discipline. “Active, persistent, and careful consideration of any belief or supposed form of knowledge in the light of the grounds that support it and the further conclusions to which it tends constitutes reflective thought” (Dewey. 1933: 9). Further in his study, Dewey defined inference, a commonly used term relative to critical thinking, as “this process of arriving at an idea of what is absent on the basis of what is at hand” (Dewey. 1933: 95). Dewey classified the functions of reflective activity into five categories: suggestions, a problem to be solved, the development of leading ideas or

hypotheses, the development of suppositions (as a part of the function of inference), and the testing of the hypothesis through action (Dewey. 1933: 107).

In 1953, Smith wrote, "Now if we set about to find out what...[a] statement means and to determine whether to accept or reject it, we would be engaged in thinking which, for lack of a better term, we shall call critical thinking" (as cited in Ennis. 1964: 599). This definition is representative of the common notion of critical thinking at the time that it related to judging the accuracy of statements.

The theory of critical thinking began primarily with the works of Bloom, who identified six levels within the cognitive domain, each of which related to a different level of cognitive ability. *Knowledge* focused on remembering and reciting information. *Comprehension* focused on relating and organizing previously learned information. *Application* focused on applying information according to a rule or principle in a specific situation. *Analysis* was defined as critical thinking focused on parts and their functionality in the whole. *Synthesis* was defined as critical thinking focused on putting parts together to form a new and original whole. *Evaluation* was defined as critical thinking focused upon valuing and making judgments based upon information. Critical thinking is deemed to take place when students are required to perform in the *Analysis*, *Synthesis*, and *Evaluation* levels of Bloom's taxonomy.

Watson and Glaser (1964: 1) defined critical thinking as a composition of attitudes, knowledge and skills which includes:

1. Attitude of inquiry that involves an ability to recognize the existence of a problem and acceptance of the general need for evidence in support of what is asserted to be true.
2. Knowledge of the nature of valid inferences, abstraction and generalization in which the weight or accuracy of the different kinds of evidence are logically determined.
3. As skills in employing and applying the above attitudes and knowledge.

Mathews and Gual (1979: 17) defined critical thinking as an attitude of inquiry which involves the use of facts, principles, theories, abstractions, interpretation and evaluation of arguments.

McPeck (1981: 8) referred to critical thinking as "a propensity and skill to engage in an activity with reflective skepticism" and Brookfield (1987: 7-9) outlined several major components that are central to critical thinking: identifying and challenging

assumptions, challenging the importance of context, and imagining and exploring alternatives also lead to reflective skepticism.

Chance (1986: 6) noted that critical thinking is the ability to analyze facts, generate and organize ideas, defend opinions, make comparisons, draw inferences, evaluate arguments and solve problems.

The Foundation for Critical Thinking (FCT) website lists many definitions, one of which reads:

Critical thinking is that mode of thinking about any subject, content, or problem in which the thinker improves the quality of his or her thinking by skillfully analyzing, assessing, and reconstructing it. Critical thinking is self-directed, self-disciplined, self-monitored, and self-corrective thinking. It presupposes assent to rigorous standards of excellence and mindful command of their use. It entails effective communication and problem-solving abilities, as well as a commitment to overcome our native egocentrism and sociocentrism. (Foundation for Critical Thinking [FCT]. 1987: Online)

Lipman (1988a: 39) stated that critical thinking is "skillful, responsible thinking that facilitates good judgment because it relies upon criteria, is self-correcting, and is sensitive to context".

Chafee (1988: 29) stated that critical thinking is "our active, purposeful, and organized efforts to make sense of our world by carefully examining our thinking, and the thinking of others, in order to clarify and improve our understanding".

Tama (1989: 1) states that, "However defined, critical thinking refers to a way of reasoning that demands adequate support for one's beliefs and an unwillingness to be persuaded unless the support is forthcoming". Tama's definition emphasizes the tendency for people to hold unjustified beliefs. Thus, for Tama, thinking critically is often the exception rather than the norm.

Furthermore, Jones (1989: 13) used the following definition of critical thinking:

Reflective and reasonable thinking that is focused on deciding what to believe or do.

It involves:

1. ability to define and clarify such things as problems, issues, conclusions, reasons, assumptions,
2. ability to judge the credibility, relevance and consistency of information, and
3. ability to infer or to solve problems and draw reasonable conclusions.

Wisnyai (1988: 6) used the very similar short definition of, “reasonable, reflective thinking that is focused on deciding what to believe or do”.

Kurfiss (1989: 42) suggests critical thinking is a process in his definition of critical thinking:

(Critical thinking is) the process of figuring out what to believe or not about a situation, phenomenon, problem, or controversy for which no single definitive answer or solution exists. The term implies a diligent, open-minded search for understanding, rather than for discovery of a necessary conclusion.

Gray (1991: 1) describes critical thinking “as the reasoning we do in order to determine whether a claim is true”.

Ennis explained his understanding of critical thinking as, “reasonable reflective thinking focused on deciding what to believe or do” (Ennis. 1991: 22). Ennis (1993: 179) referred to critical thinking as the “upper three levels of Bloom’s taxonomy of educational objectives (analysis, synthesis, and evaluation)”. He claimed that these levels are more interdependent than hierarchical, as Bloom believed. Ennis defined critical thinking in this way: “Critical thinking is reasonable reflective thinking focused on deciding what to believe or do (Ennis. 1993: 180). Furthermore, his definition is one of the most cited because, in part, it explicates the practical nature and goals of thinking critically. He wrote, “Critical thinking is a process, the goal of which is to make reasonable decisions about what to believe and what to do” (Ennis. 1996: xvii). Ennis points out that critical thinking is not a thing or a goal in and of itself; rather, it is a process of making informed decisions that affects the way one lives his/her life, the ultimate goal of which is to live reasonably in the strong or ethical sense of the term. It is based on a practical examination of one’s beliefs and actions as a guide for living an examined life.

The National Council for Excellence in Critical Thinking Instruction defined critical thinking:

“Critical thinking is the intellectually disciplined process of actively and skillfully conceptualizing, applying, analyzing, synthesizing or evaluating information gathered from, or generated by, observation, experience, reflection, reasoning, or communication, as a guide to belief and action” (Paul & Nosich. 1991: 4).

Lipman (1991: 116) defines critical thinking as “skillful and responsible thinking that (1) facilitates judgment because it, (2) relies on criteria, (3) is self-correcting, and

(4) is sensitive to context". Lipman, whose definition is highly visible within the discourse, not only emphasizes the need for criteria in evaluating reasoning, but points out that one who thinks well is sensitive to context.

Mertes (1991: 24) noted that critical thinking is a conscious and deliberate process which is used to interpret or evaluate information and experiences with a set of reflective attitudes and abilities that guide thoughtful beliefs and actions.

Pascarella and Terenzini (1991: 118) compiled several definitions, stating that critical thinking "typically involves the individual's ability to do some or all of the following: identify central issues and assumptions in an argument, recognize important relationships, make correct inferences from data, deduce conclusions from information or data provided, interpret whether conclusions are warranted on the basis of the data given, and evaluate evidence or authority".

Paul described three aspects of critical thinking that he feels are of paramount importance including,

(1) Disciplined, self-directed thinking which exemplifies the perfections of thinking appropriate to a particular mode or domain of thinking. (2) Thinking that displays mastery of intellectual skills and abilities. (3) The art of thinking about your thinking while you are thinking in order to make your thinking better: more clear, more accurate, or more defensible (Paul. 1995: 526).

Paul also noted that critical thinking can be defined in a number of different ways that should not be seen as mutually exclusive. As students get better at critical thinking, they become clearer, more precise, more relevant, deeper, broader, more logical, and more fair (Paul. 2005: 5).

Clarke and Biddle (1993: 4) stated that "a student must first develop a purpose for thinking (critical thinking) and then devise a method for moving toward a planned outcome. Critical thinking moves "between concrete experience and abstractions that fit that experience.

Paul, Elder and Bartell (1997: 4) wrote that critical thinking is "the intellectually disciplined process of actively and skillfully conceptualizing, applying, synthesizing, and evaluating information gathered from or generated by observation, reflection, reasoning, or communication, as a guide to belief and action".

Halpern has defined critical thinking as "thinking that is purposeful, reasoned, and goal directed (Halpern. 1996: 5)". He also defined that "Critical thinking is the use of those cognitive skills or strategies that increase the probability of a desirable

outcome. It is used to describe thinking that is purposeful, reasoned, and goal directed - the kind of thinking involved in solving problems, formulating inferences, calculating likelihoods, and making decisions when the thinker is using skills that are thoughtful and effective for the particular context and type of thinking task (Halpern. 1997: 4)".

Fisher and Scriven (1997: 21) noted that critical thinking is the skilled and active interpretation and evaluation of observations and communications, information and argumentation.

Bailin, Case, Coombs, and Daniels (1999: 285) emphasize the role of standards and criteria within their definition, referring to critical thinking as "a normative enterprise which, to a greater or lesser degree, we apply appropriate criteria and standards to what we or others say, do, or write". This definition emphasizes contextually relevant criteria and standards as vital to thinking critically. The quality of one's thought cannot be fairly evaluated without such appropriate standards as like clarity, accuracy, relevance, validity, organization and/or significance; these are standards that intellectuals regularly, but often intuitively, attempt to meet.

Kraak (2000: 51) saw critical thinking as "an important, perhaps the most important of all present time educational tasks".

Fasko (2003b: 8) defined that "Critical thinking is the propensity and skills to engage in activity and 'mental activity' with reflective skepticism focused on deciding what to believe or do, 'and that can be justified,'" . Additionally, Fasko's definition points out that "critical thinkers" do not blindly accept conclusions. Rather, they question when appropriate and seek the best or most reasonable answer, solution or resolution adhering to accepted standards of analysis and evaluation. Once again, critical thinking involves a mindful awareness of thinking in which one engages: his/her own and that of others.

The Kellogg Center for Adult Learning Research, Montana State University, has defined critical thinking as part of a learning strategy instrument. Critical thinking is "a parallel process by which individuals analyze given information in a contextually specific situation and create new ideas, concepts, or constructs based on their analysis" (Fulton. 1988: 6). The definition continues with the listing of four strategies the Kellogg Center believes are necessary for critical thinking (Fulton) which is identified as the analytical and creative aspects of critical thinking.

1) Recognizing and testing assumptions. These include those that are either implicit or explicit for the situation. The critical thinker does not impose his/her own

assumptions but can identify those assumptions that are organizing the information presented and can then test those assumptions for validity in the specific context of that situation.

2) Assessing contextual parameters. The critical thinker can evaluate both the specificity of a situation as well as the universality of the situation. He/she recognizes both the limits of a certain situation as well as any generalizability always cognizant of cultural implications.

3) Generating and testing alternatives. Generating and testing alternatives allows the critical thinker to hypothesize and dream while at the same time grounding alternatives in the realities of the given situation-cultural and individual.

4) Conditional acceptance. This can also be identified as reflective skepticism which allows the critical thinker to avoid universal truth and unquestioned answers. Rather than conceptualizing in black and white, the critical thinker sees the shades of gray. The critical thinker reasons in conditionals, if....then...statements rather than thou halt commandments (Fulton. 1988: 6-7).

Some scholars defined critical thinking as a process of making reasoned judgments. A reasoned judgment is the process by which one attempts to formulate a conclusion that is based on justifiable criteria which are fair and not subject to one's personal bias and prejudice. Paul and Elder closely link reasoned judgments with intellectual autonomy. They define the latter as:

Having rational control of one's beliefs, values, and inferences. The ideal of critical thinking is to learn to think for oneself, to gain command over one's thought processes. It entails a commitment to analyzing and evaluating beliefs on the basis of reason and evidence, to question when it is rational to question, to believe when it is rational to believe, and to conform when it is rational to conform (Paul & Elder. 2006d: 16).

Beyer (2001: 88) wrote, "One of the most essential aspects of critical thinking is critical judgment;" where one has the "inclination to evaluate objectively rather than to accept blindly". Nosich points out that people constantly make judgments, but all too often such conclusions are unreasonable. A judgment is reasonable when one's thinking "meets high criteria of reasonableness;" when one thinks through a problem, issue or question adhering to standards of accuracy, clarity, fairness and sufficiency to name a few (Nosich. 2005a: 13).

In conclusion, the concept and process of judging according to justified reasons is a necessary condition of what it means to think critically. It is present throughout all substantive conceptions of critical thinking, and its related concepts and processes are well established. For example, scholars connect it to the analysis and evaluation of arguments, problems, questions and issues according to such criteria as like fairness and significance, and to such important dispositions as like intellectual autonomy.

Various theories of critical thinking certainly differ in important points, but they also reveal common concerns. Johnson noted their resemblances:

a reflective skeptical or questioning attitude, a sensitivity to value- or ideology-laden assumptions, an insistence on appropriate supporting grounds before accepting disputable claims, an appreciation of the various criteria applicable to good reasoning and argument (whether general or subject dependent), skill and judgment in the analysis and evaluation of claims and arguments, and a disposition to be self-reflective, sensitive to one's own possible biases or assumptions. (Johnson. 1996: 46)

Facione was the first to attempt to provide a comprehensive definition of critical thinking. Through the Delphi method, critical thinking was conceptualized as follows:

We understand critical thinking to be purposeful, self-regulatory judgment which results in interpretation, analysis, evaluation, and inference, as well as explanation of the evidential, conceptual, methodological, criteriological, or contextual considerations upon which that judgment is based. CT is essential as a tool of inquiry. As such, CT is a liberating force in education and a powerful resource in one's personal and civic life. While not synonymous with good thinking, CT is a pervasive and self rectifying human phenomenon. The ideal critical thinker is habitually inquisitive, well-informed, trustful of reason, open-minded, flexible, fair-minded in evaluation, honest in facing personal biases, prudent in making judgments, willing to reconsider, clear about issues, orderly in complex matters, diligent in seeking relevant information, reasonable in the selection of criteria, focused in inquiry, and persistent in seeking results which are as precise as the subject and the circumstances of inquiry permit. Thus, educating good critical thinkers means working toward this ideal. It combines developing CT skills with nurturing those dispositions which consistently yield useful insights and which are the basis of a rational and democratic society (Facione. 1990b: 3).

However, the argument that the concept of critical thinking should not be limited to one definition is well grounded in the discourse.

Paul has insisted that critical thinking can be defined in a number of different ways that should not be seen as mutually exclusive. Among his various definitions of critical thinking are “thinking about your thinking while you’re thinking to make your thinking better” (Paul. 1993: 91), and,

a unique kind of purposeful thinking in which the thinker systematically and habitually imposes criteria and intellectual standards upon the thinking, taking charge of the construction of thinking, guiding the construction of the thinking according to the standards, assessing the effectiveness of the thinking according to the purpose, the criteria, and the standards. (Paul. 1993: 21)

Furthermore, Paul, Elder et al. (1997: 4) argued that it is unwise to put too much weight on any one ‘definition’ of critical thinking. He also argues that there is a problem with the entire notion of attempting to produce one-line definitions of complex concepts such as critical thinking. Such “definitions” are, for Paul, inevitably incomplete and limiting. He points out that “it is more desirable to retain a host of definitions and this for two reasons:

(1) in order to maintain insight into the various dimensions of critical thinking that alternative definitions highlight, and (2) to help oneself escape the limitations of any given definition” (Paul et al. 1987: 1-2)

Similarly, William Hare (1998: 40) argues, “We should be wary of succinct definitions, especially when dealing with a rich and fertile notion... It is tempting, of course, to try and find one comprehensive formula which captures the essence of critical thinking, but the chances of success are slim; critical thinking comes into so many contexts and takes such different forms that it is enormously difficult for any summary account to do justice to the ramifications of the idea”. Furthermore, not “all conceptions of critical thinking are equally good or defensible” (Bailin et al. 1999: 286). This is especially apparent when examining how different theorists attempt to apply their definition in an educational environment. The essential idea is that every definition has strengths and weaknesses; every definition highlights certain important aspects of what it means to think critically, but each also has certain aspects more appropriate for certain contexts than others. We must be continually reminded of a robust conception of critical thinking with its pedagogical and social implications, but also be able to work within more narrow conceptions relevant to specific contexts and problems. Thus, we

should be able to habitually move between the global picture and the individual details and back again.

Hare (1998: 40) summarizes his argument stating that “All of these [definitions] provide some insight into critical thinking; often capturing, in a succinct way, general ideas which have been in circulation for some time. We can learn from each of these without feeling we have to decide which one gives us the definition. Critical reflection might unearth limitations in these very accounts and, at the same time, illustrate certain aspects of the ideal”.

Finally, from a number of definitions of critical thinking aforementioned, I can define the definition of critical thinking used in my dissertation:

Critical thinking is an effort to develop reliable, rational evaluations about what is reasonable for us to believe and disbelieve. Critical thinking makes use of the tools of logic and science because it values skepticism over gullibility or dogmatism, reason over faith, science of pseudoscience, and rationality over wishful thinking. Critical thinking does not guarantee that we will arrive at truth, but it does make it much more likely than any of the alternatives do.

2. Why is Critical Thinking Important?

Critical thinking is applicable to every domain of life to the extent one seeks to understand his/her actions, beliefs, values and decisions. As critical thinking develops, the adolescent is able to use strategies for coping with new information and situations. This result in a greater level of interest in the learning process which leads to increased confidence in their ability to succeed in school and daily life.

Since scholars commonly acknowledge that critical thinking skills and abilities are best fostered in an instructional settings and that critical thinking must be transferred from within the classroom to one's life outside of the classroom, then critical thinking instruction must be, at its essence, practical.

Sternberg (1987: 258) noted that, “One must teach for transfer, rather than merely hoping or even praying that it will occur”. He also noted that any critical thinking program “must cross disciplines, so that students can see directly the relevance of these [critical thinking] principles across subject-matter areas. Moreover, Facione (2004: 8) noted that “Critical thinking goes way beyond the classroom”.

Dewey (1938/1997b: 25) argues that educational systems and theories of education will fail (or continue to fail in his context) unless an “organic connection [is made] between education and personal experience”. He clarifies the concept of

personal experience arguing for an approach to education that encourages critical reflection on one's experiences, as opposed to an educational or instructional approach that conceptualizes experiences superficially. The key idea is that critical thinking involves the analysis and evaluation of one's experiences as they pertain to substantively understanding content and oneself.

Moseley and colleagues capture some of the most apparent implications asserting that "[critical] thinking skills (or at least those skilled in thinking) are needed, not only in the worlds of work, education and training, but in the contexts of family, friendship and community and in the construction of personal and shared beliefs and values." Furthermore, there is good evidence that organizations are more successful the more they involve their members in the processes of problem-solving and decision-making. In the 'information age' qualities of independence and flexibility are highly valued and 'learning to learn' has become an important goal. A well-functioning democracy is not only one in which people feel that their views can be freely expressed and are adequately represented but one where those views are informed by reliable information, critical appraisal of ideas, creative thinking and open debate (Moseley. 2005: 9)

According to Nosich, critical thinking is needed at the level of (1) practical decision making, (2) meaningfulness, and (3) concepts. Nosich grounded these three abstract levels in practical examples that all people experienced at some time and to some degree.

At the level of practical decision making, Nosich (2005a: 29) explained that "critical thinking helps when we are simply trying to deal with ordinary tasks: how to study more effectively, find a strategy when stuck in an airport, decide what kind of cloths to buy". Critical thinking, at this level, is geared toward solving problems and accomplishing tasks. People can begin to find better solutions to problems and goals when their thinking is explicit and reflected upon. Furthermore, developing critical thinking skills helps one see alternatives to choices and actions, discard and reconsider potentially outdated assumptions, and explore possible positive and negative implications to a decision or action. Simply stated, critical thinking is practical because it helps one identify and organize his/her goals so that they are attainable.

At the level of meaningfulness, Nosich (2005a: 26) argues that "critical thinking frees people, the way nothing else really can, from habits of thinking they are often ruled by". Habits of mind often direct the way people construct meaning from their

world. Mental habits operate on various levels and to varying degrees; for good or for ill. The critical thinker is one who seeks to understand the way his/her habits of thought direct his/her thinking and belief systems. One must recognize alternatives in order to begin his/her journey toward intellectual freedom, a freedom which leaves “people far more fulfilled.” Critical thinking helps one discover new meaning and usefulness in his/her ideas and actions.

At the level of concepts, Nosich (2005a: 30) connects the art of thinking critically with the importance of understanding the concepts people use daily. He argues, “We think in terms of concepts, and these inevitably shape our life to a considerable degree”. Concepts can be understood either superficially or deeply. The extent to which one engages, directs and controls the concepts he or she uses to interpret and organize questions, issues, problems and content reflects the extent to which people are active participants in their thinking rather than passive recipients of beliefs and values imposed upon them by various social and cultural factors. Nosich (2005a: 30) wrote, “We can reach a deep level of critical thinking by examining our concepts critically, becoming more aware of the way individual concepts help us or hurt us, limit us or free us”. Thinking critically about the concepts one uses and that society uses is an act of liberation where one takes conscious steps toward thinking for himself or herself.

Scholars within the intellectual tradition of critical thinking discuss its importance to democracy, both as an ideal and applied.

Brookfield noted that critical thinking is a necessary condition of any democracy. He believes that identifying and scrutinizing assumptions is an essential and foundational part of thinking critically. He wrote:

Critical thinking is... important because of its connection to the democratic tradition. At the heart of a strong, participatory democracy is citizens’ capacity to question the actions, justifications, and decisions of political leaders, and their capacity to imagine alternatives to current structures and moralities that are fairer and more compassionate. Such capacities are judged by some to develop as we learn to think critically. Consequently, encouraging critical thinking is often seen as integral to the democratic project. (Brookfield. 2005: 49)

Like every higher order skill, quality thinking must be cultivated. Education is the process that (ideally) provides the environment for higher order thinking skills to develop. Brookfield (2005: 49) points out that critical thinking is pursued as an important

educational goal “because learning to think critically can help students deal with ambiguity and negotiate the bewildering pace of social and technological change”.

Fostering an education system that facilitates the development and application of critical thinking is the only way to ensure that students will be able to deal ethically and effectively with such problems in the future, including their own economic survival. Paul concludes with a call to action, summarizing the need for thinking critically within a world of accelerating change. He wrote:

We must sooner or later abandon the traditional attempt to teach our fellow citizens what to think. Such efforts cannot prepare us for the real world we must, in fact, face. We must concentrate instead on teaching ourselves how to think, thus freeing us to think for ourselves, critically, fair-mindedly, and deeply. We have no choice, not in the long haul, not in the face of the irrepressibly logic of accelerating change and increasing complexity. (Paul. 1992: 16)

3. Importance of Critical Thinking in Science Learning

When one uses the methods and principles of scientific thinking in everyday life--such as when studying history or literature, investigating societies or governments, seeking solutions to problems of economics or philosophy, or just trying to answer personal questions about oneself or the meaning of existence--one is said to be practicing critical thinking. Critical thinking is thinking correctly for oneself that successfully leads to the most reliable answers to questions and solutions to problems. In other words, critical thinking gives you reliable knowledge about all aspects of your life and society, and is not restricted to the formal study of nature. Scientific thinking is identical in theory and practice, but the term would be used to describe the method that gives you reliable knowledge about the natural world. Clearly, scientific and critical thinking are the same thing, but where one (scientific thinking) is always practiced by scientists, the other (critical thinking) is sometimes used by humans and sometimes not. Scientific and critical thinking was not discovered and developed by scientists (that honor must go to ancient Hellenistic philosophers, such as Aristotle, who also are sometimes considered the first scientists), but scientists were the ones to bring the practice of critical thinking to the attention and use of modern society (in the 17th and 18th centuries), and they are the most explicit, rigorous, and successful practitioners of critical thinking today. Some professionals in the humanities, social sciences, jurisprudence, business, and journalism practice critical thinking as well as any scientist, but many, alas, do not. Scientists must practice critical thinking to be successful, but the

qualifications for success in other professions do not necessarily require the use of critical thinking, a fact that is the source of much confusion, discord, and unhappiness in our society.

Science education has the potential for improving the critical thinking ability of students because of the nature of science. Science has always relied on creative and critical thinkers to make discoveries (pure science) and to make practical use of new knowledge (applied science). Unfortunately, science educators frequently lose sight of the creative and critical thinking aspects of science by providing student learning experiences requiring little, if any, thinking. Teachers talk, and students listen. As Sternberg and Martin point out, science instruction remains mostly recall. Memorization of science facts and concepts is the most common activity of science students. The school science laboratory, lauded as the place for hands-on science, is often criticized for “cook book” labs, or as some lament, hands on - minds off activities. Despite the difficulties in teaching towards thinking previously mentioned by Sternberg and Martin, science education offers a great opportunity for increasing critical thinking ability. Although the literature does not present clear evidence that teaching for thinking increases critical thinking ability, no one has argued against it.

Steven Schafersman, a professor of science at Miami University, links general critical thinking skills with what it means to think critically within the domain of science. He writes:

Critical thinking is thinking correctly for oneself that successfully leads to the most reliable answers to questions and solutions to problems. In other words, critical thinking gives you reliable knowledge about all aspects of your life and society, and is not restricted to the formal study of nature. Scientific thinking is identical in theory and practice, but the term would be used to describe the method that gives you reliable knowledge about the natural world (Schafersman. 1997: 1).

Schafersman (1991: 3) noted that critical thinking can be described as the scientific method applied by ordinary people to the ordinary world. This is true because critical thinking mimics the well-known method of scientific investigation: a question is identified, a hypothesis formulated, relevant data sought and gathered, the hypothesis logically tested and evaluated, and reliable conclusions drawn from the result. All of the skills of scientific investigation are matched by critical thinking, which is therefore nothing more than scientific method used in everyday life rather than in specifically scientific disciplines or endeavors. Critical thinking is scientific thinking. Many books and

papers describing critical thinking present its goals and methods as identical or similar to the goals and methods of science. A scientifically-literate person, such as a math or science instructor, has learned to think critically to achieve that level of scientific awareness. But any individual with an advanced degree in any university discipline has almost certainly learned the techniques of critical thinking.

Schafersman makes an important conceptual link between critical thinking and scientific thinking. He recognizes that high quality scientific thinking does not exist without critical thinking. In fact, scientific thinking is critical thought within a specific context. In this sense, critical thinking is not something that should be merely added to science curriculum, but it constitutes the basis of what it means to think within the domain. Science educators are thus challenged to explicate what it means to think like a scientist, which, by implication, requires that they explicate some of the fundamental tenets of critical thinking; principles, concepts and dispositions that apply within and across all domains.

For example, some of the most fundamental general principles implicit within scientific thinking include:

1. Incorporating of intellectual standards of judgment.
2. Highlighting foundational critical thinking concepts like purposes, questions, hypotheses, problems, concepts (model and contrary), reasons/causation, inferences, consequences, and types of methods for gathering information/data.
3. Emphasizing important dispositions necessary for fair-minded scientific thinking: open-mindedness, intellectual curiosity, intellectual patience, intellectual humility, and confidence in reason.

Willingham points out two general characteristics necessary to scientific thinking. The first is the acquisition of scientific concepts. The very idea of a *concept* exists in all human thought and the disciplined use and interpretation of concepts is necessary for high quality thinking within any domain. For example, students substantively acquire scientific concepts when they replace “naïve conceptions of motion and replace them with an understanding of physics” (Willingham. 2007: 14). *Motion* is a concept that can be naïvely or substantively understood. Building insights from the field of physics into student thinking helps them critically engage the concept of *motion* so that it can be appropriately interpreted and applied across various contexts.

The second characteristic of scientific thinking is understanding and practice in “the mental procedures by which science is conducted: developing a model, deriving a

hypothesis from the model, designing an experiment to test the hypothesis, gathering data from the experiment, interpreting the data in light of the model, and so forth.” Since “most researchers believe that scientific thinking is really a subset of reasoning that is not different in kind from other types of reasoning,” then that which makes thinking scientific is a metacognitive awareness knowing when to engage scientific concepts and methods (Willingham. 2007: 14). Willingham’s description of scientific thinking moves between generalized and specialized conceptions of critical thinking, thus exemplifying the necessary unity between the two. From a critical thinking standpoint it is necessary for instructors to design courses so that students continually move between metacognitive awareness of broad critical thinking concepts and skills and their application within specific disciplinary contexts. Take, for example, the general skill of identifying and assessing one’s assumptions, point of view, and background logic concerning the origin of one’s beliefs.

This general model for critical thinking emphasizes the same process-oriented approach of the scientific method (Zerba. 2001: online):

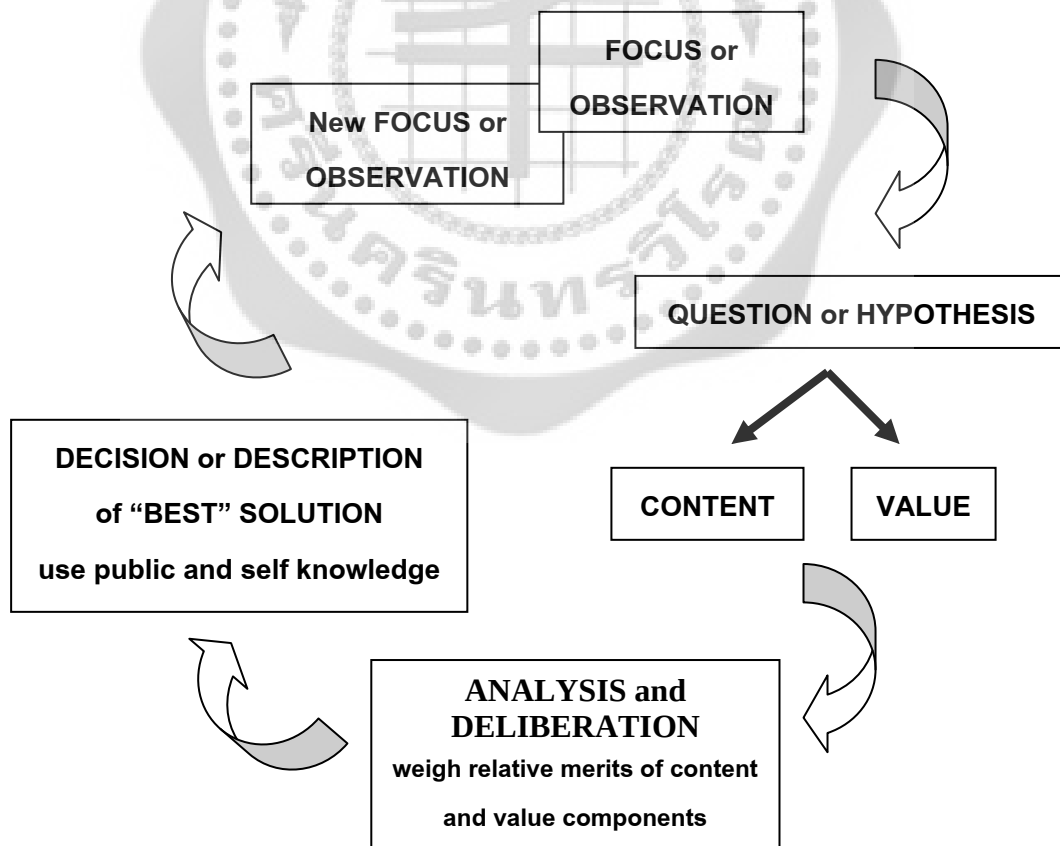


FIGURE 2 CRITICAL THINKING CYCLIC MODEL

Source: file:///F:/Critical%20Thinking/CT/Critical%20Thinking%20Model.htm

Focus or Observation:

- Begins each cycle of the model, where one engages in a particular subject matter

Question or hypothesis:

- Idea about how a system works

Content and Value:

- Data generating stages and where the value and context is described.

The relative amounts of these two components will vary depending on the question or hypothesis.

Analysis and Deliberation component:

- Action component of the model
- Weigh relative merits of both content and value components of the question.
- Both the data of the content and the value nature of the question must be scrutinized, using the most rigorous and critical procedures available.
- Evaluate whether the data are valid, use data to make generalizations

Decision or Description of the solution:

- Choice of “best” answer to the problem
- This decision should only be perceived as final for this cycle of the model. The question should be returned to when new information is available.

New Focus or Observation:

- Any description or decision should lead to a new observation or focus and the model would once again be placed in motion. This makes the model cyclic and, in reality, as long as there is new content, the model is returned to and gone through again and again.

High quality scientific thinking requires explicit command of general critical thinking principles and concepts, and the various modes by which these principles and concepts are communicated. “It presupposes assent to rigorous standards of excellence and mindful command of their use. It entails effective communication and problem solving abilities as well as a commitment to developing scientific skills, abilities, and dispositions” (Paul & Elder. 2003: 2). Scientific thinking is consciously systematic,

whereby one seeks to improve the quality of one's thinking through skillful analysis and evaluation of specific problems, issues and questions.

Teachers who take scientific thinking seriously do not restrict instruction to limited isolated contexts and skills, but make explicit connections between content and science as a mode of critical thought. Approaches to instruction that do not make such important connections fall victim to the same problems of intellectual fragmentation and compartmentalization that characterize non-substantive approaches to critical thinking instruction. "Just giving students narrow, well-defined, quantitative 'problems' to solve in science classes is not enough; nor is adding on instruction in which students occasionally are asked to develop and test hypotheses in the name of the scientific method. Rather, educators must teach the full range of types of skillful thinking needed to engage in this enterprise. The best way to do this is by infusing such instruction into standard content teaching in science" (Swartz & Fischer. 2001: 305). This is the essence of the problem-based learner, a curricular configuration that is based on gaining substantive knowledge and skills.

4. Critical Thinking Assessment

Several researchers have outlined some important elements that need to be considered in the assessment of critical thinking. Follman (1987: 135) outlined several important concerns that need to be addressed with regard to critical thinking research:

1. consensus on the definition of critical thinking/thinking
2. analyses of the psychometric soundness and factor structure of the "new wave" tests of critical thinking;
3. relation of the definition of critical thinking/thinking to the factor structure of the critical thinking tests; and
4. meta-analysis and synthesis of the effect sizes of the critical thinking instruction methods... to identify which instruction methods, if any, actually have been effective in the past.

Norris and Ennis (1989: 175) outlined the following issues to consider when evaluating critical thinking:

1. have in mind a clearly specified and well justified notion of critical thinking;
2. understand what contributes to quality information on students' critical thinking;

3. be careful not to accept the technical notions of reliability and validity as indicators of quality;

4. know how to choose from among commercial critical thinking tests those that most suit your purpose;

5. know how to devise tests and other indicators of critical thinking that avoid common pitfalls;

6. use quality information on students' critical thinking that suits the purpose and is in accord with standards of experimental research, in particular, or critical thought, in general.

It shall become evident that critical thinking tests are not the same, that some are more appropriate for specific applications than others. To help choose an appropriate test for a specific purpose, Norris and Ennis (1989: 56) have formulated a seven-step guideline for examining critical thinking tests.

1. Pay close attention to the directions, the items, and the scoring guide.
2. Take the test yourself, and compare your answers with those of the guide.
3. Satisfy yourself that the scoring guide is reasonable, but do not expect to agree with it completely for any but deduction items.
4. Ask yourself often, "Does this really test for some aspect of critical thinking?"
5. For purported comprehensive critical thinking tests, ask yourself, "Does this cover enough of critical thinking in a balanced manner to be called a comprehensive critical thinking test?"
6. For purported aspect-specific critical thinking tests, ask yourself, "Does this cover enough of the aspect?"
7. Read the test manual and note the statistical information, but remember the test publishers have a conflict of interest in deciding what information to include and exclude.

Although it is possible to develop one's own critical thinking test, it would likely be inferior to the commercially available tests, many of which have undergone years of refinement. Certainly when conducting research requiring measurement of critical thinking, the use of a widely applied and accepted commercial assessment would give the results far more credibility. There are six tests that are the major tests of critical thinking in use.

1) The Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal

The oldest and most influential of the critical thinking tests is the Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal (WGCTA). This is a multiple-choice test first developed in the 1930s by Goodwin Watson and Edward M. Glaser. The WGCTA was originally developed as a measure of the dependent variable in a major experiment designed to examine the effects of instructing high school students in critical thinking. The WGCTA is norm on students from the ninth grade through seniors in college and is written at the ninth grade level. The most widely used version of the WGCTA consists of two parallel forms, A and B, and each is purported to test for the same aspects of critical thinking. Each form consists of five subtests;

- 1) Inference
- 2) Recognition of assumptions
- 3) Deduction
- 4) Interpretation
- 5) Evaluation of arguments.

Each of these contains 16 items for a total of 80 items per test form. Test items in the newer form have been modified in the interest of clarity, current usage, and the elimination of racial or sexual stereotypes. The subtests include problems, statements or arguments, and interpretations similar to those encountered at work, in the classroom, and newspapers and magazine articles on a daily basis. In 1994 a new version of the WGCTA, designated Form S, was published. The purpose of form S is to provide the same information on critical thinking ability in a shorter time.

Helmstadter (1985: 1693) described the WGCTA as a “good solid measure of adequate - but not outstanding - reliability”. Whoehke (1985: 685) criticized the available norms, but recommended the Watson-Glaser as the “best available instrument for measuring critical thinking”.

2) Cornell Critical Thinking Tests

There are two Cornell Critical Thinking Tests (CCTT), Level X and Level Z and each is designed to test different educational levels and they do not cover exactly the same aspects of critical thinking. These are multiple choice tests that purport to measure “general” critical thinking ability. Level X is the easier of the two and is

intended primarily for junior and senior high school students and first year college students. Level Z is designed for advanced and gifted high school students, college students, and adults.

Level X was designed to test interdependent aspects of thinking involving induction, deduction, judging observations, judging credibility, and identifying assumptions. Level X consists of 71 multiple-choice items divided into the four sections listed above. Level Z is a 52 item multiple choice paper and pencil test. The items are arranged in sections with each item offering three possible answers. The questions are presented in seven sections; 1) deduction, 2) meaning, 3) credibility, 4) inductive inference (direction of support), 5) inductive inference (prediction and hypothesis testing), 6) definition and unstated reasons, and 7) assumption identification.

Both tests X and Z share the same manual and the same philosophy about areas of proficiency of a critical thinker. The manual of the CCTT characterizes a critical thinker as having proficiency in judging whether:

1. a statement follows the premises
2. something is an assumption
3. an observation statement is reliable
4. an alleged authority is reliable
5. a simple generalization is warranted
6. an hypothesis is warranted
7. a theory is warranted
8. an argument depends on an ambiguity
9. a statement is overly vague or overly specific
10. a reason is relevant (Norris & Ennis. 1989:62)

3) California Critical Thinking Skills Test

The most recent critical thinking test is the California Critical Thinking Skills Test (CCTST). The CCTST consists of Form A, developed in 1990, and form B, developed in 1992. Both forms are said to be statistically equivalent. The CCTST is the result of conceptualization of critical thinking which emerged from the two year Delphi research project sponsored by the American Philosophical Association. This test is an objectively scored standardized instrument which addresses the cognitive skills dimension of critical thinking and is aimed at college level subjects.

The previous three tests, the WGCTA, the CCTT, and the CCTST are the major tests of CT in use. Although they are the most important in terms of frequency of use, there are several others not as well known. For comparison purposes, it is worthwhile to examine some examples.

4) Ross Test of Higher Cognitive Processes

The Ross test assesses the subject's ability to analyze, synthesize, and evaluate, identical to the higher levels in Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. This test was designed by John D. Ross and Catherine M. Ross, introduced in 1976, and published by Academic Therapy Publications of Novato, California. It is aimed at students in grades four through six and consists of 105 multiple-choice questions. The Ross test includes the following eight sections and is designed to be completed in two hours.

1. Analogies
2. Deductive Reasoning
3. Missing Premises
4. Abstract Relations
5. Sequential Synthesis
6. Questioning Strategies
7. Analysis of Relevance and Irrelevant Information
8. Analysis of Attributes (Norris & Ennis. 1989: 69)

5) New Jersey Test of Reasoning Skills

This test was devised by Virginia Shipman in 1983 at the Institute for the Advancement of Philosophy for Children, Montclair State College and is aimed at grades 4 through college. It is a lesser known test designed specifically for the Philosophy of Children program. It is not called a critical thinking test, but is designed to test reasoning in language.

6) Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test

The Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test (EWCTET) differs from other CT tests in its format. As the name implies, the Ennis-Weir test is an essay test. It is

the only CT essay test and is also unique in that it tests for some critical thinking dispositions. It is designed for high school and college students.

A summary of the six critical thinking tests is provided in Table 1

TABLE 1 COMPARISON OF SIX COMMONLY USED CRITICAL THINKING TEST

Instrument	Primary Audience	Format	Subheadings	Reliability
WGCTA	High school and college students	Forms A, B Multiple choice 80 items – 40 min. Form S – 30 min	Inference Recognition of assumptions Interpretation Evaluation of arguments	.70 - .82
CCTT	Grades 7-12 & first year college Level Z – 52 items 50 minutes	Level X & Z Multiple choice Level X – 71 items	Induction Deduction Value judgment Observation Credibility Assumptions	Level X .67 - .90 Level Z .50 - .77
CCTST	College aged Individuals 34 items 45 minutes	Forms A & B Multiple choice	Analysis Evaluation Inference Inductive Deductive	.68 - .69

TABLE 1 (continued)

Instrument	Primary Audience	Format	Subheadings	Reliability
EWCTET	High school and college students	Essay Timed-40 min	Getting the point Seeing the reasons and assumption Stating one's point Offering good reasons Seeing other possibilities Equivocation Irrelevance Circularity Reversal of conditional relationships Straw person fallacy Overgeneralization Excessive skepticism Credibility problems Use of emotive language to persuade	.86 - .82
RTHCP	Grades 4-6 105 items Two settings one hour each	Multiple choice	Analogies Deductive reasoning Missing premises Abstract relations Sequential synthesis Questioning strategies Analysis of relevant and irrelevant information Analysis of attributes	.92 - .94

TABLE 1 (continued)

Instrument	Primary Audience	Format	Subheadings	Reliability
NJTRS	Grade 5 and up 50 items	Multiple choice	Seeking criteria for cognitive inquiry Ordering and sorting Discerning relationships Inferring Skills of reasonable discussion	.85-.91

Note. WGCTA = Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal; EWCTET = Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test; CCTST = California Critical Thinking Skills Test; CCTT = Cornell Critical Thinking Test; RTHCP = Ross Test of Higher Cognitive Processes; NJTRS = New Jersey Test of Reasoning Skills.

Cornell Critical Thinking Test (CCTT): Level X

Testing Purposes

1. To use with grade 4 through adult
2. To assess an individual's or group's critical thinking and reasoning skills (induction, deduction, observation, credibility, identification of assumptions, meaning, and dispositions)
3. To evaluate and compare critical thinking skills development
4. To predict performance on state proficiency exams, or for honors/AP programs and critical thinking courses
5. To evaluate and showcase critical thinking ability for college admissions, careers, and employment

5. Enhancing Critical Thinking Skills

Just as there are similarities among the definitions of critical thinking across subject areas and levels, there are several generally recognized "hallmarks" of teaching for critical thinking. These include:

1. Promoting interaction among students as they learn--Learning in a group setting often helps each member achieve more.

2. Asking open-ended questions that do not assume the "one right answer" – Critical thinking is often exemplified best when the problems are inherently ill-defined and do not have a "right" answer. Open-ended questions also encourage students to think and respond creatively, without fear of giving the "wrong" answer.

3. Allowing sufficient time for students to reflect on the questions asked or problems posed--Critical thinking seldom involves snap judgments; therefore, posing questions and allowing adequate time before soliciting responses helps students understand that they are expected to deliberate and to ponder, and that the immediate response is not always the best response.

4. Teaching for transfer - The skills for critical thinking should "travel well." They generally will do so only if teachers provide opportunities for students to see how a newly acquired skill can apply to other situations and to the student's own experience (Potts & Bonnie. 1994: 2).

Jones described 12 instructional strategies that foster critical thinking in adult learning. These strategies include critical analysis, debate teams, dramatization, action maze, critical incident, scenario building, Socratic Questioning, creative visualization, listening teams, journal writing, thought provoking quotations/cartoons, and inventing. These strategies were defined as follows:

- 1. Critical Analysis:** Individuals or small groups critique items related to the topic being discussed.

- 2. Debate Team:** Group members are assigned to two teams—one team is in support of a major issue and one is opposed. Each team member presents evidence and reasons to support their stand.

- 3. Dramatization:** Uses dialogue and action to interpret and analyze situations. It differs from role play in that it usually involves a longer period of time and a fully developed plot. The scene can be acted out by members of the group or television show or videos can be used.

4. Action Maze: Learners are divided into groups of three. Each group is given a situation or they can determine their own based on the topic. Each person comes up with at least four alternatives. For each alternative they need to list the consequences if that alternative is chosen. When completed the problems and alternatives should be exchanged with other teams. The other teams read the situation, choose one alternative and then are given the consequences. This exercise should foster decision-making skills.

5. Critical Incident: Present the most dramatic or important part of a situation. The participants must then solve the conflict or problem. The facilitator has all the data about the total situation but they share it only in response to direct questions.

6. Scenario Building: Learners develop writing detailed and concrete description of a desired state of being. They are provided with questions to address as they build their scenario.

7. Socratic Questioning: The use of the “right” question. Emphasis must be on “right” because some questions tend to bring closure to learners’ thinking such as those that just require a yes or no answer or those that simply ask learners to repeat information they have received. These questions only ask for recall, not processing of information. On the other hand, questions can facilitate the exchange of ideas and viewpoints, give new meaning to content, explore application of problems or give implications for real life situations.

8. Creative Visualization: Participants are asked to think ahead to a situation they might find themselves part of in the future. The facilitator helps them create an image, in their minds, of what it will be like. With their eyes closed and body relaxed, the facilitator sets the stage for them by asking questions that will help them to visually picture the situation and experience the accompanying emotions.

9. Listening Teams: Prior to a lecture or a panel divide the audience into several listening teams, give each team a specific listening task to be responsible for, at the conclusion of the presentation have each team ask questions or give reactions related to the area they were responsible for tracking.

10. Journal Writing: Learners are asked to keep a journal in between class meetings to help reflect on action/behavior that is related to the program topic.

11. Thought Provoking Quotations/Cartoons: Use cartoons and quotations to encourage thinking and questioning. They can be placed around the meeting room

for people to read during breaks or can be included in a newsletter. Discussion starters in the form of questions can add to the effectiveness of quotes and cartoon usage.

12. Inventing: Give adults the assignment of inventing a new item. They can work individually or in small groups to develop the idea (Jones. 1989: 59)

Jones' strategies may be utilized to put the following 12 principles into action:

1. To foster critical thinking, a learning environment must provide the opportunity for adults to consider the strengths and weaknesses of opposing point of view.
2. Opportunities to reflect on discuss and evaluate one's beliefs and actions facilitate critical thinking.
3. Evaluation a wide range of alternatives when making decisions fosters critical thinking.
4. To foster critical thinking, the learning environment must encourage adults to raise ethical questions about consequences of actions and decisions of themselves and others.
5. To promote critical thinking, the atmosphere of the learning environment should be one of collaborative inquiry by the adult learner and the adult educator.
6. The learning environment, to facilitate critical thinking, must reflect probing questions by the adult educator and the adult learner.
7. Critical thinking is facilitated when adult learners engage in exploratory dialogue with themselves or others, proposing ideas and translating subject matter insights and evidence into reflective thought.
8. Critical thinking is enhanced when adult learners are given the opportunity to identify, examine and question assumptions.
9. Opportunities to reach and then discuss inferences or conclusions based on observation and information promote critical thinking.
10. Discussing contradictions in thoughts, words and actions facilitates critical thinking.
11. Critical thinking is fostered when learners identify implications of actions.
12. A learning environment in which generalizations are challenged facilitates critical thinking (Jones. 1989: 57).

Critical thinking requires rigorous intellectual work. It is not easy and nor should it be. Scheffler (1973: 144) wrote "To be reasonable is a difficult achievement. The habit of reasonableness is not an airy abstract entity that can be skimmed off the concrete body of thought and practice". Furthermore, "Educational skill is not instinctive but rather the product of training and experience, leading to a mastery of [intellectual] rules" (Scheffler. 1973: 145).

Dewey (1938/1997b: 90) noted that "there is no discipline in the world so severe as the discipline of experience subjected to the tests of intelligent development and direction". Intellectual work is practical; it is grounded in experience and, thus, applicable to every facet of life to the extent it is reflected upon. Unfortunately, it can be argued that students, and often instructors, lack a substantive intellectual work ethic.

Paul and Elder (2006a: xx) emphasize the importance of intellectual work as a necessary condition to improving the quality of one's thought. "To make significant gains in the quality of your thinking, you will have to engage in a kind of work that most humans find unpleasant, if not painful: intellectual work". Paul and Elder noted that poor motivation is one of the most significant obstacles to developing as a thinker.

In order to foster the development of important critical thinking skills and abilities, the educational environment must deeply value critical thinking. In this sense, a community is established where every task in which students engage promotes deep learning.

Critical thinking in the classroom is facilitated by a physical and intellectual environment that encourages a spirit of discovery. Regarding the physical layout of the classroom, two suggestions can be offered.

1. If seating is arranged so that students share the "stage" with the teacher and all can see and interact with each other, this helps to minimize the passive, receptive mode many students adopt when all are facing the teacher.

2. Visual aids in the classroom can encourage ongoing attention to critical thought processes, e.g., posting signs that say, "Why do I think that?" "Is it fact or opinion?" "How are these two things alike?" "What would happen if...?" Suggestions above each question can remind students how they should go about answering them. Most importantly, as the students move through the curriculum in a given subject, their attention can be directed periodically to the signs as appropriate. In this way, the signs emphasize the idea of transfer by showing that many of the same thinking strategies

and skills apply to different topics and problems (Keefe & Walberg. 1992, as cited in Potts & Bonnie. 1994: 4)

Critical thinking can be taught during:

1. Lectures: You may of course directly teach critical thinking principles to your students during lecture, but this is neither required nor advisable. Stay with your subject matter, but presenting this in such a way that students will be encouraged to think critically about it. This is accomplished during lecture by questioning the students in ways that require that they not only understand the material, but can analyze and apply it to new situations.

2. Laboratories: Students inevitably practice critical thinking during laboratories in science class, because they are learning the scientific method.

3. Homework: Both traditional reading homework and special written problem sets or questions can be used to enhance critical thinking. Homework presents many opportunities to encourage critical thinking.

4. Quantitative: Exercises mathematical exercises and quantitative word problems teach problem solving skills that can be used in everyday life. This obviously enhances critical thinking.

5. Term Papers: The best way to teach critical thinking is to require that students write. Writing forces students to organize their thoughts, contemplate their topic, evaluate their data in a logical fashion, and present their conclusions in a persuasive manner. Good writing is the epitome of good critical thinking.

6. Exams Exam: questions can be devised which promote critical thinking rather than rote memorization. This is true for both essay question exams and multiple-choice exams (Schafersman. 1991: Online).

Researcher researched literature about models for enhancing critical thinking skills. Many theorists have presented the models of critical thinking most of which have 4 or 5 steps. Some steps are similar whereas others are different.

Stephen Brookfield (Brewer. n.d.: 8-9 citing Brookfield, 1987) identifies four major components of critical thinking in his educational philosophy.

Step 1: Identifying and challenging assumptions. This is a central element of Brookfield's critical thinking, the need to identify any underlying beliefs, values, or

actions that we take for granted. Identification allows us to examine assumptions with an analytical eye.

Step 2: **Challenging the importance of context.** Unexamined assumptions may shape our worldview, and context needs to be examined in order to identify their appropriateness.

Step 3: Critical thinkers try **to imagine and explore alternatives.** Common assumptions should be explored for contextual problems and ideas outside the norm.

Step 4: Exploring alternatives leads to **reflective skepticism.** This exploration calls for immediate suspicion of any idea that is habitual or exists in the present social structure of society.

The critical thinking model of Norris & Ennis (Norris & Ennis, 1989: 6) provides a further breakdown of the reason assessment skills and disposition components of critical thinking.

Step 1: **Elementary Clarification**

- Focusing on a question
- Analyzing arguments
- Asking/answering questions that clarify & challenge

Step 2: **Basic Support**

- Judging the credibility of a source
- Making & judging observations

Step 3: **Inference**

- Making & judging deductions
- Making & judging inductions
- Making & judging value judgments

Step 4: **Advanced Clarification**

- Defining terms & judging definitions
- Identifying assumptions

Step 5: **Strategies & Tactics**

- Deciding on an action
- Interacting with others

In Henri's model, the transcripts are analyzed according to five broad dimensions; these are participative, interactive, social, cognitive, and metacognitive. The cognitive and metacognitive dimensions address the skills related to critical thinking.

Step 1: Elementary Clarification

- Identifying relevant elements
- Reformulating the problem
- Asking relevant question

Step 2: In-depth clarification

- Defining the terms
- Identifying assumptions, establishing referential criteria

Step 3: Inference

- Drawing conclusions, making generalizations, formulating propositions.

Step 4: Judgment

- Judging the relevance of solutions, making value judgments, judging inferences.

Step 5: Application of strategies

- Deciding on the action to be taken proposing one or more solutions interacting with those concerned.

The critical thinking model of Garrison et al. (2001: 15-16) is a comprehensive model that includes creativity, problem solving, intuition and insight. From this model a parsimonious model of practical inquiry was constructed that was deemed of particular value in studying the formal educational context.

Step 1: Triggering Events

- Recognizing the problem
- Sense of puzzlement

Step 2: Exploration

- Divergence within online community
- Divergence within single message
- Information exchange
- Suggestions for consideration
- Brainstorming
- Leaps to conclusions

Step 3: Integration

- Convergence among group members
- Convergence within a single message
- Connecting ideas, synthesis
- Creating solutions

Step 4: Resolution

- Vicarious application to real world
- Testing solutions
- Defending solutions

The Hara et al. model with five categories was harder to code compared to the Garrison et al. model with four categories. The coefficient of agreement was lower and the number of uncategorized sentences was higher.

Step 1: Elementary Clarification

- Identifying relevant elements
- Reformulating the problem
- Asking a relevant question
- Identifying previously stated hypotheses
- Simply describing the subject matter

Step 2: In-depth clarification

- Defining the terms
- Identifying assumptions
- Establishing referential criteria
- Seeking out specialized information
- Summarizing

Step 3: Inferencing

- Drawing conclusions
- Making generalizations
- Formulating a proposition which proceeds from previous statements

Step 4: Judgment

- Judging the relevance of solutions
- Making value judgments
- Judging inferences
- "I agree, disagree,,,,"

Step 5: Application of strategies

- Making decisions, statements, appreciations, evaluations and criticisms
- Sizing up

The table below shows a summary of various models available in the literature, showing similarities and differences in approaches to defining the construct of critical thinking.

TABLE 2 SUMMARY OF CRITICAL THINKING MODELS

Authors	Steps Proposed				
	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Step 5
Brookfield (1987)	Identifying and challenging assumptions	Challenging the importance of context	imagine and explore alternatives	reflective skepticism	-
Norris & Ennis (1989)	Elementary clarification	Basic support	Inference	Advanced clarification	Strategies and tactics
Henri (1992) Clulow & Brace Govan (2001)	Elementary clarification	In-depth clarification	Inference	Judgment	Strategies
Garrison, Anderson & Archer (2001)	Triggering events	Exploration	Provisional	Resolution	-
Hara et al. (1998)	Elementary Clarification	In-depth clarification	Inferencing	Judgment	Application of strategies

Based on the table of summary of critical thinking models, Researcher devised a critical thinking model [2(CPA) Model] that enhances critical thinking skills in the current research.

Model of Enhancing CT Skills

2(CPA) Model

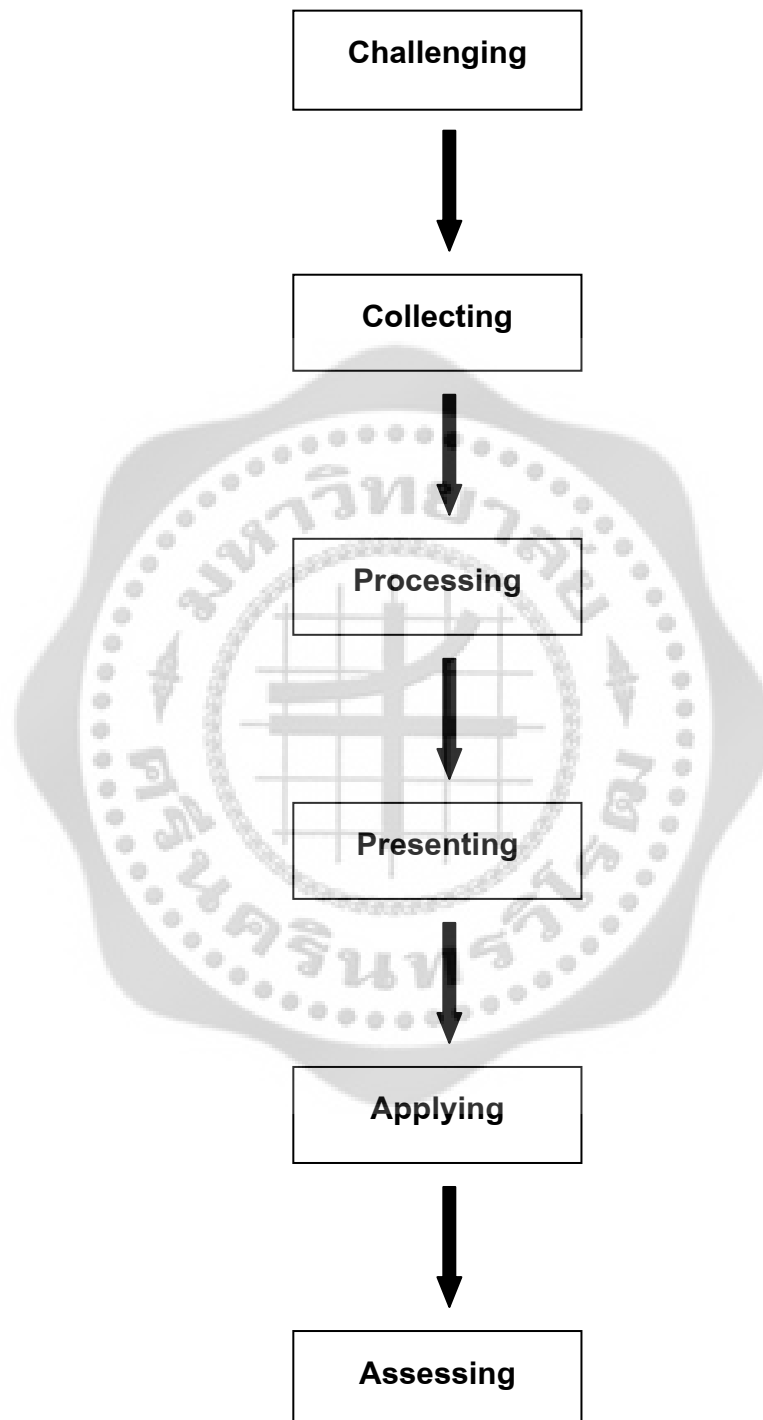


FIGURE 3 MODEL OF ENHANCING CRITICAL THINKING SKILLS [2(CPA) MODEL]

Step 1: Clarification & Challenge

Here an issue, dilemma, or problem that emerges from experience is identified or recognized. This includes sharing basic information, asking informational questions, rewording a problem statement, and pointing out connections. The teacher will explicitly communicate learning challenges or tasks that become stimuli.

Step 2: Data collection

The purpose of data collection is to obtain information to keep on record, to make decisions about important issues, to pass information on to others. Primarily, data are collected to provide information regarding a specific topic.

The most important issue related to data collection is selecting the most appropriate information or evidence to answer your questions. To plan data collection, you must think about the questions to be answered and the information sources available. Also, you must begin to think ahead about how the information could be organized, analyzed, interpreted and then reported to various audiences.

Step 3: Judging & Processing Information

Operations performed on a given set of data to extract the required information in an appropriate form such as diagrams, reports, or tables. Students will gather the ideas and determine conclusions. This process also includes identifying the strain of the information, knowledge and ideas to distinguish the difference of opinion, interpret and explain the problem, and identify the gap between the knowledge and information.

Step 4: Inference

The process by which a conclusion is inferred from multiple observations is called inductive reasoning. The conclusion may be correct or incorrect, or correct to a certain degree of accuracy, or correct in certain situations. Conclusions inferred from multiple observations may be tested by additional observations.

Students in each group share comments, exchange views with the rules, comment the facts or opinions and seek the best solution that may be consensus or controversy between them.

Step 5: Applying Knowledge

This phase is a process of knowledge creation and application by using the tactics and strategies, applying the solution, the actual and expected conclusion, and creating new knowledge or ideas for the multiple choice answers

Step 6: Assessment

Assessment is the process of gathering, analyzing, interpreting and using information about students' progress and achievement to improve teaching and learning. Assessment is an ongoing process aimed at understanding and improving student learning. It involves making our expectations explicit and public, setting appropriate criteria and high standards for learning quality, systematically gathering, analyzing, and interpreting evidence to determine how well performance matches those expectations and standards, and using the resulting information to document, explain, and improve performance.

6. Definitions of Interdisciplinary Approach

Interdisciplinary is defined as a concept view and curriculum approach that deliberately applies a variety of methodologies and languages from an array of discipline fields to examine a theme, problem, issue, experience, or topic. An interdisciplinary approach integrates thinking and learning skills and unifies content and process. Students get a range of stimulating and motivating curriculum experiences that engage them in thoughtful confrontation with subject matter while fostering abstract thinking.

Traditionally, disciplines have been viewed as discrete and autonomous. However, this traditional notion of academic disciplines fails to reflect the changing context of higher education (Devlin. 2008: 10). As Squires noted, disciplines are not historically fixed; they evolve and change over time. They are culturally and historically situated. Interdisciplinarity recognizes the subtleties of the nature of academic disciplines. There are a number of possible forms that interdisciplinarity might take, but there are points of common agreement.

Interdisciplinary refers to research or study that integrates concepts from different disciplines resulting in a synthesised or co-ordinated coherent whole.

Interdisciplinary is to create a theme to take content from any subject connected with that theme which is sometimes called thematic interdisciplinary studies.

Determination of a theme has the following principles (UNESCO–UNEP. 1994: 51):

1. The theme is that students are interested and have the opportunity to choose for studying.
2. The theme has a relationship between any subject or any group experience.
3. It is the student's previous experience that is consistent with real life and meaningful to students.
4. It has a source of knowledge for learners to study variously and links relation between local and international knowledge.
5. It is appropriate to the skill levels of learners and promotes students' development all-round. It naming-to-date and to encourage students' curiosity to learn.

The interdisciplinary approach has been defined by Executive Director of the Association for Integrated Studies William H. Newell and William Green as “inquiries which critically draw upon two or more disciplines and which lead to an integration of disciplinary insights” (Haynes, 2002: 17). The interdisciplinary approach is uniquely different from a multidisciplinary approach, which is the teaching of topics from more than one discipline in parallel to the other, nor is it a cross-disciplinary approach, where one discipline is crossed with the subject matter of another. Interdisciplinary techniques go beyond these two techniques by allowing students to see different perspectives, work in groups, and make the synthesizing of disciplines the ultimate goal. Many interdisciplinary scholars debate whether the specific interdisciplinary technique of “team-teaching” is the best approach for student progress in the classroom.

The Consortium of NAEA document provides guidelines for Interdisciplinary pedagogy that include:

- 1) Student centered teaching,
- 2) Maintaining the integrity of each discipline; increasing depth of understanding and student achievement,
- 3) Alignment with established learning standards,
- 4) Providing a balance among the disciplines being studied; incorporates multiple intelligences and learning modalities,
- 5) Setting clear expectations for student work,

- 6) Encouraging formative and summative assessment,
 - 7) Developing higher order thinking skills and problem solving,
 - 8) Involving community resources in and out of school.
 - 9) Respecting and encouraging multiple solutions to problems,
 - 10) Acknowledging and being sensitive to the diversity of learners and society
- (NAEA. 2002: 4).

University of New Hampshire (2004: 1) stated the following:

Interdisciplinary Extension work integrates the knowledge and perspectives of multiple areas of expertise to holistically solve problems through research and education.

Falcioni (2004: online) attempted to distinguish interdisciplinary from interdiffusion:

According to the tenth edition of *Merriam Webster's Collegiate Dictionary*, the word *interdisciplinary* is defined as the involvement of two or more academic, scientific, or artistic disciplines. But those who are edgy about leaving their comfort zone often confuse the term to mean *interdiffusion*, or as Webster put it, the process of mixing freely so as to approach a homogeneous mixture. Interdisciplinary celebrates the whole without jeopardizing its parts.

In an attempt to disentangle similar terms. Mallon and Burton (2005: 2) noted that "For comparative purposes, we adopted the same definitions for inter-, multi-, and unidisciplinary as Friedman and Friedman, *interdisciplinary* is defined as faculty from different disciplines working together on the same project; *multidisciplinary* is defined as faculty from different disciplines working independently on different aspects of a project; and *unidisciplinary* is defined as faculty from a single discipline working together, using consultants from other disciplines as needed.

The Canadian Institutes of Health Research (CIHR. 2005: online) defined Interdisciplinary as the ability to analyze, synthesize and harmonize links between disciplines into a coordinated and coherent whole.

Mansilla and Gardner (2005: online) defined "interdisciplinary work" as work that integrates knowledge and modes of thinking from two or more disciplines. Such work embraces the goal of advancing understanding (e.g., explain phenomena, craft solutions, raise new questions) in ways that would have not been possible through single disciplinary means.

Interdisciplinary instruction entails the use and integration of methods and analytical frameworks from more than one academic discipline to examine a theme, issue, question or topic. The hallmark of interdisciplinary education is integration of notions and guiding principles from multiple disciplines to systematically form a more complete, and hopefully coherent, framework of analysis that offers a richer understanding of the issue under examination (Goldsmith, 2010: online).

Interdisciplinary teaching is different from multi- or cross-disciplinary teaching in that it requires the integration and synthesis of different perspectives rather than a simple consideration of multiple viewpoints.

Educators are interested in interdisciplinary curriculum for at least two reasons. One reason is that some of the newest, most valuable knowledge is overlooked in conventional subject areas. Second there is the crisis of student drop out, physically and mentally. Students often ask, "Why are we studying this? It doesn't seem to make any sense. How does it fit with my life? Integrating curriculum helps students see the connections among school subjects. The Big idea approach can combine elements of both the concrete and abstract in a provocative way".

Develop a plan and use the Interdisciplinary Concept Model (Jacobs and Borland. 1986: 60) as a guide.

1. Choose a topic-concepts such as observations, patterns, light, revolution, humor, flight, pioneers, the future, and world hunger have proven highly effective.
2. Brainstorm for ideas that can be organized onto an interdisciplinary concept model. This model has the theme in the center and the subject areas are explored in relation to the theme.
3. Guiding questions are developed to serve as scope and sequence. The questions are general and should transcend discipline lines.

7. Importance of Interdisciplinary Approach

The Interdisciplinary approach has been used in many ways and at all levels of education. From early childhood to graduate school, interdisciplinary studies are becoming more and more popular. Boehm explains fundamental disciplines such as Geography and History by stating, "Teachers rarely teach the two subjects in an integrated fashion, and American children's understanding of both subjects suffers. Boehm's "The Best of both worlds" is designed to be used by students from

kindergarten to High School. For some disciplines the interdisciplinary approach is said to, not only be preferred, but needed. Youngblood (2007: 2) stated that interdisciplinary are beneficial because “They may within the one discipline cover physical and social sciences as well as humanities as they focus on considering interrelations between realms of knowledge”. Staples (2005: 6) explained that Environmental Sciences need an interdisciplinary approach due to the poor “state of environmental education and the need for improvement in ecological literacy”. Boehm warned that we must consider other teaching methods such as interdisciplinary techniques because “We learn from the National Assessment of Education Progress, from surveys by the National Geographic Society and from a hundred other sources that American student’s knowledge of history and geography is lamentably thin, and their comprehension of the world out the United States is skimpy indeed”. Dawn Youngblood, the author of “Interdisciplinary Studies and the Bridging Disciplines”, and Laura L. Duerr, author of “Interdisciplinary Instruction”, both agree that methodology is the key to interdisciplinary success, not the domain of subject material or textbooks alone. Interdisciplinary techniques are not only important for a student to learn any one single discipline or solve problem in a synthesized manner, but it also enriches a student’s lifelong learning habits, academic skills, and personal growth.

While there are many statistical reports which conclude that students of interdisciplinary techniques have higher test scores in both core knowledge and critical thinking problems, there is also a need for interdisciplinary techniques to better remember basic discipline lessons later in life. In an article titled “Interdisciplinary Instruction”, Duerr (2008: 177) explains the importance of an interdisciplinary approach to the life of a student by stating, “With interdisciplinary instruction, students can become more involved in their learning and teachers can work toward eliminating discipline lines. Students can become independent, confident individuals who ‘learn how to learn’ and develop lifelong learning skills”. The interdisciplinary approach is a team-taught enhancement of student performance, an integration of methodology and pedagogy, and a much needed lifelong learning skill. Students who have the skills that interdisciplinary courses provide are so valuable to our future that they are now sought out by colleges and businesses.

Students who are taught with an interdisciplinary technique in which the students master higher order thinking skills and integrated pedagogy become very attractive to top colleges and wealthy business. Youngblood explains that the foundation

of interdisciplinary techniques will lead to a future of discovery and innovation. For example, the chemist Willard Libby who discovered radiocarbon dating, applied his findings in Chemistry to the discipline of Archeology and won the Nobel Prize the discovery in 1960 (Youngblood. 2008: 2).

A single disciplinary perspective often has limitations in that it is driven by the norms and framework of a particular discipline without consideration and incorporation of alternative views. The single disciplinary view can lead to hegemony which prevents critical assessment of their own and other perspectives. In contrast, interdisciplinary education draws on multiple disciplines to acquire a deep and thorough understanding of complex issues and challenges students to synthesize what each of the disciplines offers before attempting to design efforts to resolve noted concerns (Goldsmith, 2010: online).

From the literature on cognition and instruction, it is possible to identify four cognitive abilities that interdisciplinary learning fosters. These include the ability to (1) develop and apply perspective-taking techniques, (2) develop structural knowledge of problems appropriate to interdisciplinary inquiry, (3) integrate conflicting insights (i.e., expert views) from two or more disciplines, and (4) produce a cognitive advancement or interdisciplinary understanding of the problem.

Some disciplines typically claim “critical thinking” as an important outcome, as do the natural sciences, and the applied fields. This collective claim to critical thinking raises the question: How do interdisciplinary approaches contribute to the development of this key cognitive skill in ways that are different from or superior to single-subject approaches? “For a learner to be truly empowered through critical thinking,” says Toynton (2005: 110), “more than one context or one discipline needs to be encountered.” If interdisciplinarians insist on including “critical thinking” to the learning outcomes at the program level, he asserts, they should make clear that the development of this skill requires viewing “the approaches, products, and processes” of relevant disciplines “from a detached and comparative viewpoint”.

Repko (2009: 2) asserts that interdisciplinary instruction fosters advances in cognitive ability and other educational researchers have identified a number of distinct educational benefits of interdisciplinary learning including gains in the ability to:

- Recognize bias
- Think critically
- Tolerate ambiguity

Acknowledge and appreciate ethical concerns

Furthermore, he identifies four cognitive abilities (i.e., brain-based skills and mental processes that are needed to carry out tasks) that interdisciplinary learning fosters which helps to explain the emerging popularity of interdisciplinary inquiry; (Repko, 2009: 3-4)

1. Perspective-Taking Techniques

This refers to the capacity to understand multiple viewpoints on a given topic including an appreciation of the differences between disciplines and especially their perspectives on how to approach a problem and their rules of evidence.

2. Development of Structural Knowledge

This is composed of two elements, declarative knowledge (i.e., factual information) and procedural knowledge (i.e., process-based information), which are needed to solve complex problems.

3. Integration of Conflicting Insights from Alternative Disciplines

When ideas from a variety of disciplines are embraced when investigating an issue alternative perspective and predictions often arise. The intellectual challenge is to find ways to account for these which entail careful and creative thinking rather than revert to a single disciplinary explanation.

4. Interdisciplinary Understanding

This entails seeing an issue from an array of perspectives and recognizing how each of the alternative approaches influences one another.

Educators who successfully introduce interdisciplinary forms of instruction into the classes they lead must overcome a number of hurdles that can be surmounted by interested educators. Those who make the transition must:

Become sufficiently knowledgeable in relevant related disciplines to be able to comfortably introduce and guide an interdisciplinary investigation.

Find the appropriate level of interdisciplinary complexity. For most students, integrating introductory level concepts from multiple disciplines will add sufficient depth and breadth to their understanding.

Convince students that the additional costs of thinking in an interdisciplinary fashion are worth it.

Avoid polarity which occurs when instructors in an interdisciplinary setting become territorial about their content area and its role in the analysis because they are threatened by another discipline's viewpoint.

Offer a balanced examination of theoretical and methodological assumptions underlying each discipline that is part of the interdisciplinary examination.

Promote the synthesis of ideas from a variety of disciplines leading to an integrated form of analysis. Acquiring the ability to synthesize, a higher-order cognitive skill in Bloom's taxonomy and a key objective of interdisciplinary teaching is taxing for students. Moreover, helping students learn to synthesize is the greatest challenge for an educator to navigate or overcome on the path to interdisciplinary examination of topics.

8. Why Climate Change?

Thailand ranked in extreme risk of climate change. Data from "Climate Change Vulnerability Index" (CCVI), prepared by Maplecroft that is a famous risk consultancy firm in British, found that Thailand is one of the 16 countries that are the greatest risk from the effects of climate change during the next 30 years because: 1) the Thai economy is dependent upon the agricultural sector that depends on the uncertainty of weather that is a major, and 2) Thailand has a number of people who are placed in "almost poor" group which has low ability to adapt to cope with the effects of climate change, and 3) government has low ability to adapt to cope with changing in the nature, evidence by the lack of proactive policies to prevent and cope with the impact of climate change in a systematic way.

Thailand not only has the highest risk, but also is a major cause of problems. Data showed that Thailand emits greenhouse gases into the atmosphere much as No. 25 from 186 countries around the world. While the emission of carbon dioxide (CO₂) per person per year of Thailand has accumulated growth rate per year (CAGR) reached 5%, compared with an average worldwide increase of only 0.4% per annum only. And even more shocking than that Bangkok emits carbon dioxide nearly equal amounts of London that the economic size is larger than Bangkok nearly 10 times.

Then the question is how climate change affects the economy. Overall, we found that the climate change impact the Thai economy through three main channels: 1) climate change affects the global energy demand that growth of approximately 1.2% per year during the next 20 years and this will cause oil prices up more than 3 times

the present. Of course, Thailand would be affected by energy prices inevitably more expensive, 2) a result of the variability of weather and other natural disasters will make agricultural production in Thailand reduced and the price of agricultural products more expensive. Because of drought situation in the last 3 years, yields of major crops in Thailand decreased approximately 2% per year, while the flood situation at the end of last year has created the damage to agricultural areas around the country to over 10 million hectares, and 3) impact on the quantity and quality of tourist attractions. The effect seen in Thailand at the moment is quite clear is severe coastal erosion in the Andaman Sea and Gulf of Thailand including coral bleaching and the balance of marine ecosystems. The attraction of these tourists to accommodate more than 5 million passengers per year, or nearly 1 in 3 of the total number of tourists ever. If these attractions are affected, income from tourism sector, which is the main income of the country, is also affected.

Business sector is likely to be affected by climate change broadly. Climate change does not only impact the economy as a whole only, but also the businesses widely, especially oil, as high as factors of production, transportation and communication business. As well as business use of agricultural raw materials as inputs high and business that production factors associated with the tourism sector such as hotels and restaurants also are causing climate change agreements and environmental regulations more stringent. And lead to trade barriers in new forms. Whether it is taxed at rates higher for goods that are emissions greenhouse higher standard or even a legislative ban imports from countries that do not reduce the campaign. Greenhouse gas emissions are considered as commercial pressures and challenges to Thai businesses must to adapt quickly.

It is true that climate change is something we all need to focus but it should not be doing extreme that it becomes all the activities or projects that affect environment will become a taboo. But the best solution is weighing the pros and cons of such a round and trying to minimize the impact on the environment along with accelerating the environmental literacy by systematic process and promote learning of community to create the correct understanding about the environmental situation and the impact occurred.

CHAPTER 3

METHODOLOGY

This study aims to develop climate change units and instructional plans which emphasize developing critical thinking for lower secondary school students. This chapter describes the methods used in this study in six major parts:

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

1. Sources of Data

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

1.1 Sources of Data of Field Trial Study Stage

1.1.1 Teacher

A science teacher who teaches science for lower secondary students at Kohsira School in Phuket province and is trained to teach students to follow the lesson plans on climate change to develop critical thinking.

1.1.2 Student

Population

Four classrooms of seventh grade (Mathayomsuksa 1) students who studied science topics in the first half of the first semester of the 2013 academic year at Kohsira School in Phuket province.

Sample

A classroom of seventh grade (Mathayomsuksa 1) students who studied science topics in the first half of the first semester of the 2013 academic year at Kohsira School in Phuket province.

1.2 Sources of Data of Field Study Stage

1.2.1 Teacher

A science teacher who teaches science for lower secondary students at Banthongkha School in Phuket province and is trained to teach students to follow the lesson plans on climate change unit.

1.2.2 Student

Population

Four classrooms of seventh grade (Mathayomsuksa 1) students who studied science topics in the second half of the first semester of the 2013 academic year at Banthongkha School in Phuket province.

Sample

A classroom of seventh grade students who studied science topics in the second half of the first semester of the 2013 academic year at Banthongkha School in Phuket province.

2. Research Procedures

The research procedures for the study consisted of three major stages: 1) Climate change unit development, 2) Climate change unit implementation in confirmatory study and 3) Climate change unit evaluation. These processes are depicted in Figure 3. Details for each stage are given below.

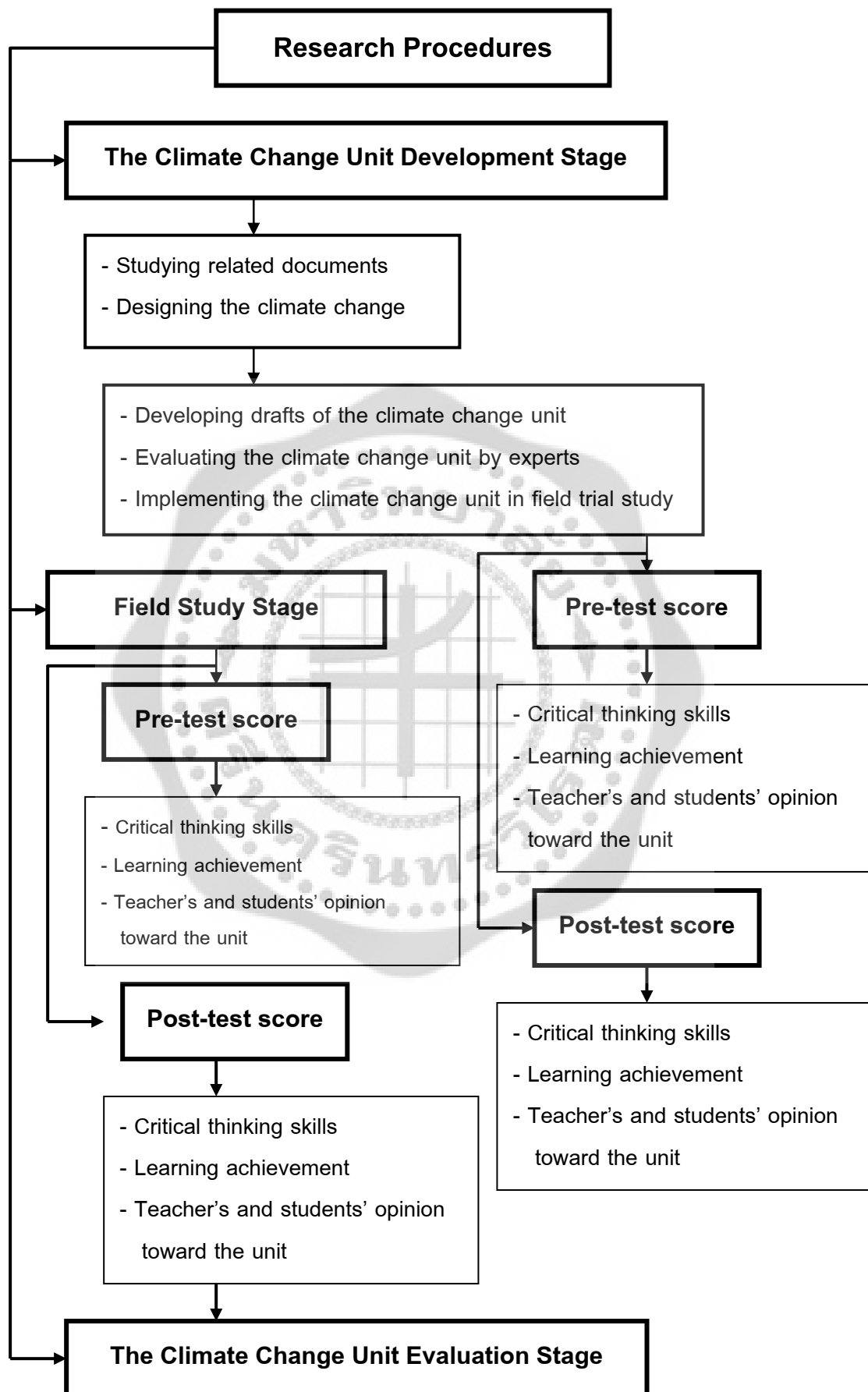


FIGURE 4 PROCEDURES OF THE RESEARCH STUDY

2.1 Climate Change Unit Development

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

2.1.1 Climate Change Unit Preparation

This step involved studying and considering related documents for developing the climate change unit. These documents included Thailand's National Education Act of B.E. 2542 (A.D. 1999) and Amendments (Second National Education Act B.E. 2545 (A.D. 2002)), The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008), instructional strategies, instructional design, critical thinking theories, critical thinking assessment, interdisciplinary approach and climate change content.

2.1.2 Climate Change Unit Design

The purposes of this step were to design and develop instructional plans and climate change units. The processes for this step include: 1) Developing instructional plans and climate change units, and 2) Evaluating instructional plans and climate change units by experts. Each process is illustrated in more details as follow:

2.1.2.1 Developing Instructional plans and Climate Change Units

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

1. Formulating Goals of the Climate Change Unit

The goals of Thailand's National Education Act of B.E. 2542 (A.D. 1999) and Amendments (Second National Education Act B.E. 2545 (A.D. 2002)) (ONEC: Thailand. 2006) and the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008) were studied and analyzed. Additionally, issues and needs of current science education were considered in order to formulate the goals of the climate change unit.

2. Targeting Learning Standards

The curriculum standards, focused within this study, were drawn from in the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008), with some details below, which determine expected student attributes at the end of their basic education.

Thai Language

Strand 3: Listening, Viewing and Speaking

Standard TH3.1: Competency in selective and critical listening and viewing, and in critical and creative expression of knowledge, thoughts and feelings on various occasions

Mathematics

Strand 6: Mathematical Skills and Processes

Standard MA6.1: Ability in problem-solving, reasoning, communication and presentation of mathematical concept, linking various bodies of mathematical knowledge, and linking mathematics with other disciplines; and attaining ability for creative thinking

Science

Strand 6: Change Processes of the Earth

Standard SC6.1: Understanding of various processes on the Earth's surface and inside the Earth; relationship between various processes causing changes in climate, topography and form of the Earth; investigative process for seeking knowledge and scientific mind; and communication of acquired knowledge that could be applied for useful purposes

Art

Strand 1: Visual Arts

Standard AR1.1: Creation of visual art works through imagination and creativity; analysis and criticism on the values of the visual art works through free expression of feelings and thoughts; appreciation and application of visual arts in daily life

Foreign Languages

Strand 3: Language and Relationship with Other Learning Areas

Standard FL3.1: Using foreign languages to link knowledge with other learning areas, as foundation for further development, seeking knowledge and broadening one's world view

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

Topics in the climate change unit include 8 topics during 24 periods (1 period = 50 minutes).

1. Atmosphere that enveloped the world.
2. The graph tells relations climate.
3. Glaciers disappear.
4. Ocean currents.
5. Back in time with the ice bar.
6. Life in the greenhouse.
7. Carbon footprint.
8. Biome and climate change.

The interdisciplinary approach and 2(CPA) Model were appropriate for constructing climate change content and its related issues, as well as a practical framework of critical thinking skills, necessary for studying students' ability in critical thinking issues. To develop the unit in this study, the combination of the interdisciplinary approach, 2(CPA) Model, and critical thinking skills framework for construction of climate change knowledge and practice of critical thinking skills at the same time of learning were used.

The effectiveness of unit implementation was assessed on students' achievement, students' critical thinking skills ability, and their opinion toward unit. In terms of developing of the assessment tools, the learning achievement test was developed and used for the assessment of students' understanding of climate change. The critical thinking skills test was adapted from Cornell Critical Thinking Test Level X. The students' opinions toward the climate change unit were assessed by the questionnaire. In addition the participating teachers were assessed on their opinion toward the climate change unit for an assessment of effectiveness on the unit implementation.

The information gained from this step was used to design a draft unit of climate change content for enhancing student's critical thinking skills.

The table below shows detail about disciplines that are used in any lesson plans.

TABLE 3 DISCIPLINES THAT ARE USED IN ANY LESSON PLANS

Lesson plan	Disciplines				
	MATHEMATICS	SCIENCE	THAI LANGUAGE	FOREIGN LANGUAGE	ARTS
1	/	/	/	/	/
2	/	/			/
3		/	/		/
4		/	/		/
5	/	/		/	/
6		/			/
7	/	/	/		
8		/	/		/

3. Developing Drafts of the Climate Change Unit Documents

The draft lesson plans were designed by including learning activities that are consistent with the structure set by the interdisciplinary approach for developing critical thinking skills. Each lesson plan consists of 9 major sections: structure of activities, learning objectives, prerequisite knowledge, main concepts, pre-class preparation, instructional sequences, instructional materials, learning resources, and assessment and evaluation. After developing drafts was done, these documents were sent to three experts for proofreading and evaluation. Details of this step are shown in the next section. More details of the lesson plans are presented in Appendix E. The summary of the draft of lesson plans is described in TABLE 4.

TABLE 4 THE DETAILS OF THE DRAFT LESSON PLANS

Learning Units	Disciplines					Learning Periods (1 periods = 50 min)	Main Concepts
	Mathematics	Science	Thai language	Foreign language	Arts		
1. Atmosphere that enveloped the world	/	/	/	/	/	3	Definition of atmosphere, component of atmosphere, and atmosphere relate with daily life
2. The graph tells relations climate	/	/			/	3	Component of graph, and drawing and interpreting the graph of climate change data
3. Glaciers disappear	/	/		/		3	Definition of glacier, kind of glacier, and effect of glacier
4. Ocean currents	/	/		/		3	Definition of ocean currents, effect of ocean currents
5. Back in time with the ice bar	/		/	/		3	Definition of ice bar, importance of learning ice bar, and weather forecast in the past and future
6. Life in the greenhouse	/			/		3	Definition of greenhouse effect, greenhouse gas, and importance of greenhouse effect in daily life

TABLE 4 (continued)

Learning Units	Disciplines					Learning Periods (1 periods = 50 min)	Main Concepts
	Mathematics	Science	Thai language	Foreign language	Arts		
7. Carbon footprint	/	/				3	Definition of carbon footprint, effect of carbon footprint, calculating carbon footprint
8. Biome and climate change	/	/		/		3	Definition of biome, effect of climate change in biomes

4 The assessment tools

The assessment tools were developed according to the unit goals and the teaching-learning process of the unit. More details of assessment tools are presented in Appendix D.

2.4.1 The learning achievement test was developed using 40 items of multiple choices question. The test items were divided into 5 items for each learning unit.

2.4.2 The critical thinking skills test was adapted and designed from Cornell critical thinking test. The test consists of 4 sections in 4 skills of critical thinking (71 multiple choices questions).

2.4.3 The questionnaire for the evaluation of the participating students' opinion toward the unit was designed including 22 statements of the five level rating scales (Likert scale).

2.4.4 The questionnaire of the teachers' opinion towards the unit was designed and included 28 statements of the five level rating scale items on Likert scale.

2.1.2.2 Evaluating the Climate Change Unit by Experts

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

2.1.2.3 Implementing the Learning Unit in Field Trial Study

This step was to implement the climate change unit with learners who had high achievement and high readiness for learning in order to 1) test quality of the climate change unit in case of time, appropriateness and flow of the instructional sequences, 2) check some problems that might occur and 3) gather data for confirmatory study. Initially, the researcher contacted the director of Kohsira School by sending an official letter to ask for permission to do the field trial study during the first half of the first semester of the 2013 academic year. After the permission was granted, the participating teacher and the researcher discussed the background and rationale of the study, goals of the climate change unit, learning standards, content and prerequisite knowledge, activities and expected learning outcomes, meaning of interdisciplinary approach and structure of the activities in the climate change unit. The participating teacher subsequently spent one week with the researcher studying all of instructional materials and trying to do the activities in the climate change unit.

During the field trial study, the critical thinking skills test and the learning achievement test were administered initially within a classroom of seventh grade students (35 students). Then, these students were taught by the participating teacher using the climate change unit which lasted 24 periods. The researcher carried out classroom observation during the instruction periods and used the classroom observation form to record the procedures and happening. After each instruction, the researcher wrote reports about the classroom events. At the end of the teaching for the whole climate change unit, the students took the same critical thinking test and learning

achievement test. Furthermore, the researcher corrected data of students' opinion toward the climate change unit and teacher's opinion toward the climate change unit after using draft unit. Data from these tests were used as part of the procedure for determination of effectiveness of the climate change unit. The climate change unit was then revised by applying information from the field trial study. After completing revision process, the climate change unit was ready to use in the confirmatory study. The details for this stage are shown in the next section.

2.2 Climate Change Unit Implementation of Field Study Stage

This stage was concerned with: 1) implementation of the climate change unit with another group of learners, and 2) gathering of learning outcomes for the evaluation of effectiveness of the climate change unit. The following topics show details of this stage: procedures, data collection and data analysis.

2.2.1 Procedures

Most processes in this stage matched those in the field trial study. The researcher contacted the director of Banthongkha School by sending an official letter to ask for permission to undertake the confirmatory study during the first semester of the 2013 academic year. After the permission was granted, the participating teacher and the researcher held discussions about the background and rationale of the study, goals of the climate change unit, learning standards, content and prerequisite knowledge, activities and expected learning outcomes. These discussions covered most importantly the meaning of interdisciplinary approach, the structure of the activities and operating procedures to be followed when using this approach. Subsequently, the participating teacher spent one week with the researcher to study all of instructional materials and perform the activities in the climate change unit. Additionally, the researcher shared and discussed feedback received from the field trial study. In the confirmatory study, a classroom of seventh grade students (38 students) that is experimental group was taught by the participating teacher using the climate change unit which lasted 24 periods, and the other classroom of seventh grade students (40 students) that is control group was taught climate change by the participating teacher without using the climate change unit which lasted 24 periods. This classroom was drawn from three seventh grade classrooms in the school by simple sampling. During the class periods, the researcher observed closely the classroom environment. After implementing each

instructional plan, the participating teacher and the researcher discussed the classroom events in order to share findings, comments and suggestions. The participating teacher and the researcher discussed feedback from the climate change unit implementation again after the entire set of instructional plans had been implemented. Details concerning the data collection of the climate change unit implementation are explained in the next section.

2.2.2 Gathering and Analyzing Learning outcomes

Learning outcomes of each student were collected and summarized. Quantitative data including pre-test and post-test learning achievement and critical thinking scores, and attitude towards learning activities were processed statistically. Qualitative data such as students' suggestions and difficulties in doing each activity which the researcher had gathered while observing classroom instructions were used to describe and support the statistical finding.

2.3 Climate Change Unit Evaluation

Collected data were analyzed using descriptive statistics and inferential statistics as stated above. This stage was to evaluate effectiveness of the climate change unit by considering 4 hypotheses as follows:

1. The students' critical thinking mean score after learning using the climate change unit is higher than the critical thinking mean score before learning using the climate change unit at the 0.05 level of significance.
2. The students' learning achievement mean score after learning using the climate change unit is higher than the learning achievement mean score before learning using the climate change unit at the 0.05 level of significance.
3. Students' opinion scores toward the revised unit after the unit was implemented are at a high level.
4. Teachers' opinion scores toward the revised unit after the unit was implemented are at a high level.

3. Research Instruments

There were 6 major types of instruments used in the study: 1) the climate change unit evaluation form, 2) The Critical Thinking Skills Test, 3) the learning

achievement test, 4) the students' opinions toward the climate change unit, 5) the classroom observation form, and 6) the teachers' opinions toward the implementation of the climate change unit. Details of developing these instruments are given in the next sections.

3.1 The Climate Change Unit Evaluation Form

The climate change unit evaluation form was developed for examining and verifying the climate change unit draft on the basis of its content validity and correspondence of all components (e.g., background and rationale, goals of the climate change unit, grade level, contents, learning activities, instructional materials, and assessment and evaluation). The evaluation form is a 10-item questionnaire which has three-point rating scale consisting of 1 = corresponding, 0 = not sure and -1 = not corresponding. Each question ends with a comment and suggestion section. This form was used by the experts after the climate change unit drafts were developed completely. The procedures for constructing the climate change unit evaluation form are listed below.

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

3.2 The Critical Thinking Skills Test

There are two major reasons why the researcher adapted the Cornell Critical Thinking Test (CCTT), Level X to assess critical thinking skills of lower secondary students. Firstly, the Cornell Critical Thinking Test (CCTT), Level X was the most commonly used instrument to assess critical thinking skills. Secondly, it was intended to measure students' critical thinking skills of junior and high school students as well as students who were from grade four through to college level, comparable to students that researcher selected to be sample in this research.

The CCTT, Level X, which was developed by Ennis and Millman, contains 76 multiple-choice items (There are 5 multiple-choice items are example), and are divided in to seven sections. They include: 1) induction, 2) deduction, 3) observation, 4)

credibility, 5) assumptions, 6) meaning, and 7) dispositions. Reliability estimates for Level X range from 0.67 to 0.90.

From Table 5, reliability and internal consistency of the Cornell Critical Thinking Test (CCTT), Level X estimates range from 0.67 to 0.90.

TABLE 5 RELIABILITY AND INTERNAL CONSISTENCY OF THE CORNELL CRITICAL THINKING TEST (CCTT)

Scales	Alpha Reliability
Induction	0.67 – 0.90
Deduction	
Observation	
Credibility	
Assumptions	
Meaning	
Dispositions	

Note: The Cornell Critical Thinking Test Level X was developed by Ennis and Millman

3.3 The Learning Achievement Test

Students' learning achievement was assessed by the learning achievement test which was implemented before and after using the climate change unit. Four categories of behavior assessed on the learning achievement test consist of knowledge, comprehension, science process skills and application. The learning achievement test consists of 40 multiple choices test items, each of which has four choices with only one correct answer. The procedures for constructing the learning achievement test are listed below.

1. Analyze the learning objectives by creating table of specifications;
2. Write draft of the learning achievement test;
3. Validate the learning achievement test draft by the three dissertation advisors;
4. Revise the learning achievement test draft by applying comments and suggestions from the three advisors;

5. Examine and verify content validity, questioning, choices, correspondence between questions and measured behaviors, and wording by the three experts. Item Objective Congruence (IOC) was considered from a three-point rating scale assessment form consisting of 1 = corresponding, 0 = not sure, and -1 = not corresponding. Items with the IOC index above 0.50 were selected and it was then revised by applying comments and suggestions from the experts;

6. Try out the learning achievement test draft with a classroom of seven grade students (35 students) in Kohsira School to test difficulty (p) and item discrimination (r). The items with the p index between 0.20-0.80 and the r index above 0.20 were selected; and

7. Determine internal consistency reliability of the learning achievement test using the Kuder-Richardson 20.

3.4 The Students' Opinions toward the Climate Change Unit

The questionnaire of the students' opinions toward the climate change unit was developed for collecting both quantitative and qualitative data from the students' opinion toward the climate change unit implementation such as unit content, instructional activities, instructional materials, and overall of the unit. The following are the steps of the construction of the questionnaire.

Step 1: The related documents for constructing questionnaires were studied.

Step 2: The draft questionnaire was constructed consisting of three main parts. The first part recorded the students' personal information. The next part was constructed asking for the level of the students' opinions toward the curriculum in 22 statements with the five point Likert ranged as follows:

- Strongly agree; the score = 5
- Agree; the score = 4
- Neither agree nor disagree; the score = 3
- Disagree; the score = 2
- Strongly disagree; the score = 1

The last part of the questionnaire was open-ended questions which elicited the students' impression and suggestions toward the unit.

Step 3: The draft questionnaire was summated to the four dissertation advisors for checking the appropriateness of the questionnaire. The questionnaire was revised according to their suggestions.

Step 4: The questionnaire, with 40 students in 12th grade at the Kohsirae School in the pilot study, to check the ambiguity in the language of questionnaire's questions was tried out. The gathered data from pilot study were used to revise the questionnaire and to improve the unit for use in the curriculum implementation phase.

3.5 The Classroom Observation Form

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

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

3.6 The Teachers' Opinions toward the Climate Change Unit.

The participating teachers were asked to express their opinion toward the unit with the questionnaire of the teachers' opinions toward the curriculum after unit implementation. The questionnaire was designed including 28 statements of the five level rating scale items on a Likert-scale. This questionnaire was given to assess the participating teachers after the unit implementation. The following steps were used in the construction of the questionnaire.

Step 1: The related documents for constructing questionnaires were studied.

Step 2: The draft questionnaire was constructed consisting of three parts. The first part recorded the teacher's personal information. The next part was constructed for eliciting the level of the teachers' opinions toward the unit in a five point Likert scale in 28 statements divided into five domains: the content domain, the instruction domain, the instructional material domain, the assessment domain, and the overall of the unit. The five point Likert scale ranged as follows:

- Strongly agree; the score = 5
- Agree; the score = 4
- Neither agree nor disagree; the score = 3
- Disagree; the score = 2
- Strongly disagree; the score = 1

The last part of questionnaire used open-ended questions which elicited the teachers' opinions toward the unit implementation.

Step 3: The draft questionnaire was summated to the four dissertation advisors for checking the appropriateness of the questionnaire. The questionnaire was revised in accordance with their suggestions.

4. Data Collection

The data collection was performed regularly during the implementation process of the climate change unit because the design of the study was mixed-method which collected both quantitative and qualitative data. The students took the critical thinking test, the learning achievement test and the attitude towards science measure before being instructed by using the climate change unit (Pre-test). After the climate change unit implementation was done, the students took the same tests and the same measure again (Post-test). In addition, the researcher observed the classroom environment to gather qualitative data during the class periods. This was carried out using the classroom observation form. In addition to gathering these data, the participating teacher's opinion toward the climate change unit was also assessed by the researcher using the teacher's opinion toward the climate change unit interview form. Questions in the interview involved attributes of the climate change unit and its application. All of the data collection was presented in Table 6 below.

TABLE 6 DATA COLLECTION IN THE CONFIRMATORY STUDY

Type of data	Instrument	Data	Time		
			Before	During	After
Quantitative Data	A critical thinking test	Critical thinking scores	/		/
	A learning achievement test	Learning achievement scores	/		/
	A teacher's opinion towards the learning unit	Teacher's opinion scores	/		/
	A students' opinion towards the learning unit	Students' opinion scores	/		/
Qualitative Data	A classroom observation form	Procedures and happening		/	
	A teacher's opinion towards the learning unit interview form	Teacher's opinion towards the climate change unit			/
	A students' opinion towards the learning unit interview form	Students' opinion towards the climate change unit			/

4.1 Piloting the draft unit to classrooms

The sample group of pilot study was one classroom of 35 students at 7th grade who were studying in the first semester of the 2013 academic year at Kohsira School. The draft unit was introduced to a participant teacher for preparing her to use the draft unit. The draft unit was used as a part of science course, in 8 weeks (3 learning periods a week) in May through June, 2013 with a full scale of unit instruction in the classroom. During the instruction, problems of using the lesson plan and the instructional material were recorded as data for unit improvement.

5. Data Analysis

Data received from the climate change unit implementation included quantitative and qualitative data as shown in Table 3. Quantitative data consisting of critical thinking score, learning achievement score and attitude towards science score were analyzed using descriptive statistics and inferential statistics by the program of Statistical Package

for the Social Sciences (SPSS) for Windows. Qualitative data of the observation of classroom environment and the teacher's opinion toward the climate change unit were analyzed and interpreted in terms of a descriptive report.

6. Statistical Analyses

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

6.1 Statistics for Testing Materials

6.1.1 Descriptive Statistics

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

6.1.2 Index of Item Objective Congruence (IOC)

Index of Item Objective Congruence was used to analyze correspondence of all components in the climate change unit, and objective correspondence of the learning achievement test and the critical thinking test. The Index of Item Objective Congruence was calculated from the following formula (Taweerat, 1997:117)

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

Where **IOC** is Index of Item Objective Congruence

R is Rating scores

N is Number of cases in the set of scores

The IOC evaluation had the ranging of items assigned weight as follows:

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

6.1.3 Cronbach's Alpha (α)

Cronbach's alpha was used to measure the internal consistency of the attitude toward science measure. Formula for calculating the Cronbach's alpha is as follows (Charoenpitay, 1999:226)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right)$$

Where α is The Cronbach's alpha

k is The number of items on the test

V_i is The variance of the each score

V_t is The variance of the total scores

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

The difficulty index and the discrimination index were used to determine item difficulty and item discrimination of the learning achievement test and critical thinking test. Two categories of these indexes are for different types of tests: objective test and subjective test. The difficulty index (p index) and the discrimination index (r index) for objective test are as follows

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

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

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

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

6.1.5 The appropriateness evaluation form

In the evaluation form on appropriateness, each statement was ranged score for level of appropriateness (Best, 1981:182) as follows:

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 draft evaluation form were analyzed by calculating the mean scores and assigned weightings as follows:

Mean scores	Appropriateness level
4.50-5.00	Very high
3.50-4.49	High
2.50-3.49	Moderate
1.50-2.49	Low
1.00-1.49	Very low

6.2 Statistics for Testing Hypotheses

6.2.1 Descriptive Statistics

Descriptive statistics such as mean and standard deviation was used to analyze pre-test and post-test scores of critical thinking skills and the students' learning achievement. These were calculated by the SPSS program.

6.2.2 Inferential Statistics

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

6.2.2.1 One sample t-test at the 0.05 level of significance was used to compare mean of students' opinion toward the climate change unit and teacher's opinion toward the climate change unit with the criterion.

6.2.2.2 Paired sample t-test at the 0.05 level of significance was used to compare mean of pre-test and post-test scores of the critical thinking skills and the learning achievement.

7. Roles of Individual in the Study

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

7.1 The Researcher

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

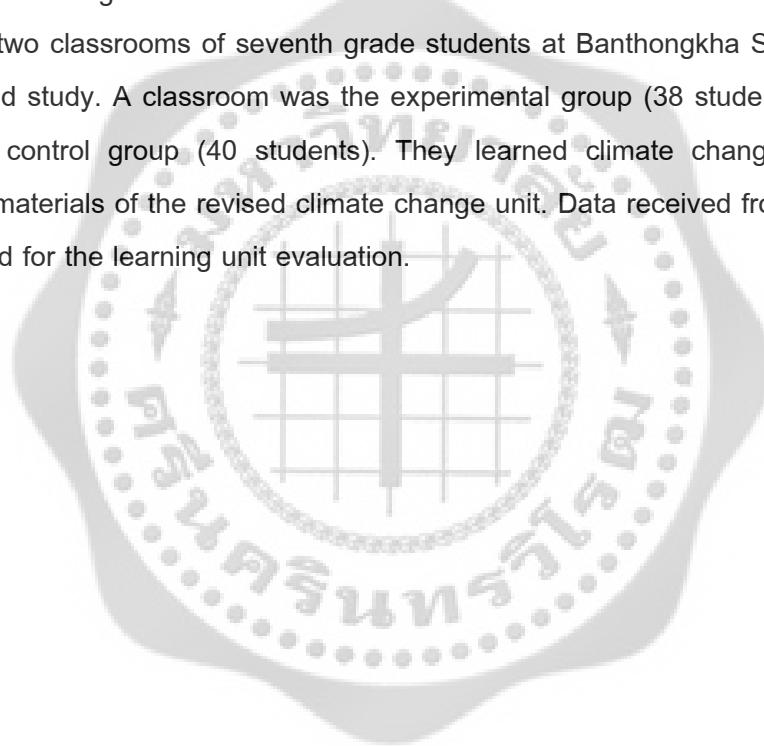
7.2 The Participating Teachers

Two lower secondary school science teachers were involved in this study. Each of them used the climate change unit to teach lower secondary school students in field confirmatory study. The first one from Kohsira School collaborated with the researcher in the field trial study. She taught the classroom of seventh grade students by using the climate change unit and reflected her ideas, problems and suggestions, after implementing each instructional plan and after using all instructional plans for the climate change unit revision. The other teacher in Banthongkha School worked together with the researcher in the confirmatory study. She taught the classroom of seventh grade students by using the revised climate change unit and reflected her opinion toward the climate change unit after finishing the climate change unit implementation for its effectiveness evaluation. As stated above, two of them discussed the climate change

unit and spent one week with the researcher in different periods of time to studying all of instructional materials and trying to do the activities in the climate change unit before the actual use in order to prepare and practice themselves.

7.3 The Students

The students who were involved in the study were composed of two parts. First, a classroom of seventh grade students (35 students) at Kohsira School participated in the field trial study. They learned climate change topic by using learning materials of the climate change unit. Data received from these students were used for the climate change unit revision and determination of criteria to test the hypotheses. Second, two classrooms of seventh grade students at Banthongkha School participated in the field study. A classroom was the experimental group (38 students) and the other was the control group (40 students). They learned climate change topic by using learning materials of the revised climate change unit. Data received from these students were used for the learning unit evaluation.



CHAPTER 4

RESULTS

This chapter presents the results of the study on the development of critical thinking skills with interdisciplinary approach in the climate change unit for lower secondary students. The findings of the study include two sections as follows: section 1) the results of the unit development and section 2) the results of the unit implementation and evaluation.

Section 1: The Results of Unit Development

1. The Results of Evaluation on the Draft Unit Qualities

The draft unit was evaluated and verified, in terms of the quality, appropriateness, and validity by three experts, namely an experienced climate change teacher, a science unit developer, and an educator. The results of the draft curriculum evaluation by the experts consist of two main parts: its appropriateness evaluation and consistency.

1.1 The evaluation on appropriateness of draft unit

The draft lesson plans were evaluated for the appropriateness of the unit goals, instructional method, idea-flowing chart, and eight lesson plans. The mean score, the standard deviation and the level of the appropriateness of each list in the evaluation form are presented in TABLE 7.

TABLE 7 THE RESULTS OF EVALUATION ON THE APPROPRIATENESS OF THE DRAFT LESSON PLANS

List of Evaluation	N = 3		Level of appropriateness
	Mean	S.D.	
Lesson plan 1: Atmosphere that enveloped the world			
1. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of unit.	4.00	0.00	High

TABLE 7 (continued)

List of Evaluation	N = 3		Level of appropriateness
	Mean	S.D.	
Lesson plan 1: (continued)			
2. The activities were appropriate for enhancing students' critical thinking skills.	4.33	0.58	High
3. The activities were appropriate for enhancing students' achievement	4.33	0.58	High
4. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process.	4.33	0.58	High
5. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process.	4.00	0.00	High
Lesson plan 2: The graph tells relations climate			
1. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of unit.	4.00	0.00	High
2. The activities were appropriate for enhancing students' critical thinking skills.	4.00	0.00	High
3. The activities were appropriate for enhancing students' achievement	4.33	0.58	High
4. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process.	4.33	0.58	High
5. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process.	4.00	0.00	High
Lesson plan 3: Glaciers disappear			
1. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of unit.	4.00	0.00	High
2. The activities were appropriate for enhancing students' critical thinking skills.	4.00	0.00	High

TABLE 7 (continued)

List of Evaluation	N = 3		Level of appropriateness
	Mean	S.D.	
Lesson plan 3: (continued)			
3. The activities were appropriate for enhancing students' achievement	4.00	0.00	High
4. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process.	4.33	0.58	High
5. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process.	4.00	0.00	High
Lesson plan 4: Ocean currents			
1. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of unit.	4.00	0.00	High
2. The activities were appropriate for enhancing students' critical thinking skills.	4.00	0.00	High
3. The activities were appropriate for enhancing students' achievement	4.33	0.58	High
4. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process.	4.00	0.00	High
5. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process.	4.00	0.00	High
Lesson plan 5: Back in time with the ice bar			
1. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of unit.	4.00	0.00	High
2. The activities were appropriate for enhancing students' critical thinking skills.	4.00	0.00	High
3. The activities were appropriate for enhancing students' achievement	4.00	0.00	High
4. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process.	4.33	0.58	High
5. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process.	4.00	0.00	High

TABLE 7 (continued)

List of Evaluation	N = 3		Level of appropriateness
	Mean	S.D.	
Lesson plan 6: Life in the greenhouse			
1. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of unit.	4.00	0.00	High
2. The activities were appropriate for enhancing students' critical thinking skills.	4.33	0.58	High
3. The activities were appropriate for enhancing students' achievement	4.00	0.00	High
4. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process.	4.00	0.00	High
5. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process.	4.00	0.00	High
Lesson plan 7: Carbon footprint			
1. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of unit.	4.33	0.58	High
2. The activities were appropriate for enhancing students' critical thinking skills.	4.00	0.00	High
3. The activities were appropriate for enhancing students' achievement	4.00	0.00	High
4. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process.	4.00	0.00	High
5. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process.	4.00	0.00	High
Lesson plan 8: Biome and climate change			
1. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of unit.	4.00	0.00	High
2. The activities were appropriate for enhancing students' critical thinking skills.	4.00	0.00	High
3. The activities were appropriate for enhancing students' achievement	4.00	0.00	High

TABLE 7 (continued)

List of Evaluation	N = 3		Level of appropriateness
	Mean	S.D.	
Lesson plan 8 (continued)			
4. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process.	4.33	0.58	High
5. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process.	4.00	0.00	High

The results of the instructional plan appropriateness evaluation showed mean scores from 4.33 to 4.00. It indicated that the instructional plan was appropriate at the high levels.

1.2 The consistency of the draft unit

The draft unit was examined by three experts on the consistency of unit components by determining IOC index. The results of the IOC index are presented in TABLE 8.

TABLE 8 THE UNIT CONSISTENCY EVALUATION

The item consideration	N = 3		Interpretation
	IOC	S.D.	
1. The unit goal with the instructional plan.	1.00	0.00	Consistent
2. The unit goal with the content of unit.	1.00	0.00	Consistent
3. The unit goal with the assessment and evaluation	1.00	0.00	Consistent
4. The content of unit with the teaching-learning process	1.00	0.00	Consistent
5. The teaching-learning process with instructional materials	0.67	0.58	Consistent
6. The learning activities with learning content	1.00	0.00	Consistent
7. The learning unit with critical thinking skills	1.00	0.00	Consistent

TABLE 8 (continued)

The item consideration	N = 3		Interpretation
	IOC	S.D.	
8. The learning unit with interdisciplinary approach.	1.00	0.00	Consistent
9. The learning unit with learning media.	0.67	0.58	Consistent
10. the assessment and evaluation with critical thinking skills.	1.00	0.00	Consistent

The Index of Item Objective Consistency (IOC) showed mean scores between 0.67 -1.00, indicating that every component of unit evaluated by experts is consistent with one another.

In addition, at the bottom of the unit evaluation forms, a space for the experts' suggestions to the draft unit was given. The content analysis of the experts' suggestions revealed that the quality of the draft unit was appropriate and consistent with all of the items. The unit documents were well prepared and highly interesting and related to critical thinking skills. The experts' suggestions were used in revising the draft unit. More details of the unit evaluation by experts are shown in Appendix B.

2. The Results of Piloting the Draft Unit to Classroom

After revising the draft unit according to the experts' suggestion, the draft unit was used to study the results and appropriateness in the actual classroom with content, instructional materials, instructional method levels as well as finding the criterion-referenced of assessments. The pilot study processes were as follows:

2.1 Evaluating the assessment tools for the unit implementation

The pilot study of the draft unit evaluated the three assessment tools including: 1) a students' learning achievement test on climate change, 2) an assessment of students' critical thinking skills, and 3) an assessment of the students' opinion toward the draft unit. The results of this pilot study evaluation were analyzed and presented as follows:

2.1.1. The students' learning achievement test on climate change

The students' learning achievement test on climate change was designed using 40 items of multiple-choice questions. This test was verified the IOC between test items and learning outcomes by experts to find the consistency of items and learning outcomes. After revising some test items for wording according to their suggestions, the students learning achievement test was collected at the beginning and at the end of the class of pilot study group. The students' achievement scores after using the draft unit were used for testing the items difficulty (p) and the item discrimination (D). More details for the analysis of IOC, p , and D are presented in Appendix B. The reliability of the selected achievement test by KR-20 was 0.76. More details of the achievement test are presented in Appendix C.

2.1.2 The students' critical thinking skills test

The critical thinking skills test that was adapted from Cornell Critical Thinking Test (CCTT) consisted of 71 questions in 4 sections. More details for the critical thinking skills test are presented in Appendix D. The students' critical thinking skills were collected using this test at the beginning and at the end of class.

2.1.3 The assessment of students' opinion toward the draft unit

The students' opinion toward the draft unit was evaluated using 22 statement items on Likert-scale type after using the draft unit. More details for the questionnaire of students' opinion toward the unit are presented in Appendix D.

2.1.3.1 The results of students' opinion in the statement items

The draft unit was evaluated with the students' opinion toward the draft unit implementation in the 22 statement items on 5 scales of Likert-scale type. The mean score, standard deviation and the results of evaluation were presented in TABLE 9.

TABLE 9 STUDENTS' OPINIONS TOWARD THE DRAFT UNIT

List of evaluation	Result (N= 35)		
	Mean	S.D.	Interpretation
The teacher			
1. The teacher explained the various learning activities for students understand to do clearly.	4.40	0.69	High level
2. The teacher divided students into groups suitably for doing the various learning activities.	4.31	0.72	High level
3. The teacher advised and guided students to do the learning activities well and thoroughly.	4.37	0.73	High level
4. The teachers encouraged students to be active for doing the learning activities.	4.51	0.66	Highest level
5. The teachers can allocate time to learn and do the learning activities.	4.37	0.73	High level
6. Content's level of difficulty appropriate to students' abilities.	4.63	0.60	Highest level
7. Content matches with interest and needs of students.	4.51	0.74	Highest level
8. Content is arranged to be easily understood for the students.	4.40	0.77	High level
9. The content is appropriate for the students' study time.	4.43	0.74	High level
10. Content is up to date and suitable to be applied in everyday life.	4.57	0.74	Highest level
The learning activities			
11. Students understand the purpose of the learning activity as well.	4.29	0.75	High level
12. Learning activities are interesting and stylish.	4.49	0.70	High level

List of evaluation	Result (N= 35)		
	Mean	S.D.	Interpretation
13. Learning activities help students to understand the content better.	4.46	0.74	High level
14. Students can participate in learning activities together.	4.77	0.43	Highest level
15. Students exchanged opinions with each other.	4.31	0.76	High level
16. Learning activities encouraged students to develop critical thinking skills.	4.37	0.73	High level
17. Students practiced skill of communication between members such as leadership, deciding, solving problem etc..	4.43	0.70	High level
18. Students followed learning activities sequentially.	4.29	0.67	High level
The measurement and evaluation.			
19. The evaluation of individual students and the group is appropriate.	4.51	0.74	Highest level
20. Evaluation of learning activities and discussions of the work is appropriate.	4.37	0.77	High level
21. Students know criteria for evaluation of achievement and learning activities as well.	4.40	0.69	High level
22. Assessment covers learning content as well.	4.49	0.74	High level
Total	4.44	0.71	High level

The results from the question items in the questionnaire of the students' opinion toward the draft unit showed that the students' opinions toward the draft unit after learning with this unit were satisfying at a high level in 16 items and at the highest level in 6 items. The mean score of each statement items were analyzed by using *t*-test for one-sample statistics, which was compared to the criterion setting at a high level (Prakong, 1993:85). The results are summarized in TABLE 10.

TABLE 10 THE COMPARISON BETWEEN THE MEAN SCORE OF STUDENTS
OPINION TOWARD THE DRAFT UNIT ON CLIMATE CHANGE AFTER
USING THE DRAFT UNIT AND THE CRITERION ACCORDING TO THE
PILOT STUDY GROUP

The question items analysis	Criterion	Mean	S.D.	t	α
Students' opinion toward the unit	3.51	4.44	0.71	7.75*	0.05

$$t_{(.05; df35)} = 1.684$$

The students' opinion means score toward the draft unit were significantly higher than the criterion at the 0.05 level of significance.

5. The Revision of the Draft Unit

The results of the pilot study revealed the problems of the instructional process. During the instruction, the researcher observed and recorded the problems of using the lesson plans and the instructional materials for improvement the draft unit. At the end of every lesson plan, the researcher and the teacher who participated in teaching the draft unit discussed and shared opinions toward the use of lesson plan. The results of the discussion showed that the draft unit was suitable for using climate change issues for teaching and learning climate change content and critical thinking skills. The teacher gave comments that the learning activities were new and interesting for students but difficult to understand in some learning activities and the teacher and researcher had to explain in some learning activity more clearly. However, the teacher thought that the length of each step of lesson plans should be revised. For example, each lesson plan had to be used in three periods continuously for students to follow all steps in it, but the school separated science time to one period and two periods in two days in a week, so the teacher and researcher had to revise time and activities in lesson plan to be consistent with school. In addition, some learning activities took more time, so the teacher and researcher had to adjust the time to proper in some learning activity and some steps in some learning activity had to be adjusted to proper the time period studied.

The information gathered from the pilot study was used to revise the appropriateness of time for doing the activities according to the lesson plans. The revision of lesson plans was consulted and determined by the advisors before the next implementation stage.

Section 2: The Results of the Unit Implementation and Unit Evaluation

After revising the draft unit according to the data gathered from conducting the pilot study, the revised unit was implemented as a science course for 7th grade students in the first semester of the 2013 academic year at Banthongkha School, Phuket province, Thailand. The revised unit was implemented for 8 weeks (3 learning periods a week) from June 2013 through July 2013.

The sample group of the unit implementation was 78 students (two classrooms) who studied science. They were divided into two classes. The first class of 38 students (one classroom) that was the experimental group studied the climate change by following the revised unit on Tuesdays and Thursdays, and the other class was the control group (40 students) studying the climate change without following the revised unit on Mondays and Fridays. During the revised unit, data and information was gathered by using the assessment tools including the achievement test on climate change, the critical thinking skills test, the questionnaire of the students' opinion towards the unit, and the questionnaire of the teachers' opinion toward the unit. The gathered data in unit implementation were used for evaluation of the effectiveness of the revised unit by testing the four research hypotheses. The gathered data and results of testing research hypotheses are presented as follows:

1. The students' achievement on climate change

The students' learning achievement test on climate change was used for gathering the data of students' understanding on climate change. These tests were composed of 40 multiple choice test questions. The gathered data of students' achievement and the research hypothesis testing are presented as follows:

1.1 The gathered data of the students' achievement on climate change

The achievement test was used to gather data of both classrooms at the beginning and at the end of the class. The students' achievement scores consisted of two parts: the first part was the students' achievement scores of the experimental group

before and after using the revised unit and the second part is the students' achievement scores of the control group before and after without using the revised unit. They were presented in TABLE 11 and TABLE 12. More details of the students' achievement score in the main study group were presented in Appendix C.

TABLE 11 THE STUDENTS' ACHIEVEMENT MEANS SCORE BEFORE AND AFTER USING THE REVISED UNIT OF THE EXPERIMENTAL GROUP

Units	Number of items	Before using the revised unit		After using the revised unit		$\bar{D}$	t	α
		Mean	S.D.	Mean	S.D.			
1	5	2.36	2.73	4.25	1.37	1.89	3.16	0.05
2	5	1.83	2.18	3.24	1.69	1.41	5.28	0.05
3	5	1.57	2.65	2.03	1.45	0.46	1.39	0.05
4	5	1.42	2.94	3.47	1.93	2.05	2.97	0.05
5	5	1.16	2.06	3.30	1.29	2.14	3.59	0.05
6	5	1.28	2.83	3.38	1.40	2.10	4.81	0.05
7	5	1.19	2.91	4.06	1.84	2.87	6.27	0.05
8	5	1.45	2.57	4.11	1.93	2.66	3.37	0.05
Total	40	12.26	5.41	27.84	3.48	15.58	5.26*	0.05

$$t_{(.05; df 37)} = 1.684$$

1.2 The testing research hypothesis I

The first hypothesis stated, "Students who learn through the climate change unit have significantly higher post-test scores of learning achievement than pre-test scores." According to this hypothesis, it was expected that students who participated in the revised unit would gain the achievement scores of the post-test higher than the pre-test of the achievement test.

The gathered data of the achievement test was used for testing the research hypothesis 1. For testing this research hypothesis, the students' achievement score after using the revised unit was used for comparing with the students'

achievement score before using the revised unit of the achievements test by using *t*-test for one sample statistics as shown in TABLE 11.

The results of the first hypothesis testing represented by students' achievement scores after studying the revised unit were significantly different at 0.05 level of significance above the students' achievement scores before studying the revised unit. This indicated that the students' achievement mean scores after using the revised unit were statistically higher than the students' achievement mean scores before using the revised unit in the same group at 0.05 level of significance. This result indicated that the achievement of the students was improved after using the revised unit compared to the achievement scores before using this unit; therefore, the unit implementation had the effectiveness on the students' achievement on climate change. However, students' achievement score after using the revised unit in unit 3 was not significantly different at 0.05 level of significance above the students' achievement scores before studying the revised unit. Therefore, the researcher collected quantitative data about this problem and found that most of the students replied that the glacier issue in unit 3 rather difficult to understand and the items about the glacier issue in the achievement test were difficult.

1.3 The testing research hypothesis II

The second hypothesis stated, "Students who learn through the climate change unit have significantly higher post-test scores of learning achievement than students who do not learn in such unit." According to this hypothesis, it was expected that students who participated in the revised unit would gain the achievement scores of the post-test higher than the post-test scores of students who do not participated in the revised unit.

The gathered data of the achievement test was used for testing the research hypothesis 2. For testing this research hypothesis, the students' achievement score after using the revised unit of experimental group was used for comparing with the students' achievement score without using the revised unit of control group of the achievements test by using *t*-test as shown in TABLE 12.

TABLES 12 THE COMPARISON OF THE STUDENTS' ACHIEVEMENT MEAN SCORE OF POST-TEST OF EXPERIMENTAL GROUP AND CONTROL GROUP.

Units	Number of items	Post-test scores of experimental group		Post-test scores of control group		$\bar{D}$	t	α
		Mean	S.D.	Mean	S.D.			
1	5	4.25	1.37	3.06	2.41	1.19	3.53	0.05
2	5	3.24	1.69	1.80	1.28	1.44	4.75	0.05
3	5	2.03	1.45	1.68	0.73	1.35	2.59	0.05
4	5	3.47	1.93	1.94	1.26	1.53	5.84	0.05
5	5	3.30	1.29	1.49	1.81	1.81	6.92	0.05
6	5	3.38	1.40	1.85	1.69	1.53	4.88	0.05
7	5	4.06	1.84	2.19	1.46	2.22	7.16	0.05
8	5	4.11	1.93	2.36	1.36	1.75	5.93	0.05
Total	40	27.84	3.48	16.37	4.53	11.37	4.87*	0.05

$$t_{(.05; df 77)} = 1.990$$

The results of the secondary hypothesis testing represented by students' achievement scores after studying the revised unit of experimental group were significantly different at 0.05 level of significance above the students' achievement scores after studying the climate change without using the revised unit of control group. This result indicated that the achievement of the students who studied climate change by using revised unit was improved after using the revised unit compared to the achievement scores of the students who studied climate change without using the revised unit; therefore, the unit implementation had the effectiveness on the students' achievement on climate change.

2. The students' critical thinking skills

The critical thinking skills test was used to gather the data of students' critical thinking skills. This test was adapted from Cornell Critical thinking Test Level X that was composed of 4 parts (71 multiple choice items). The gathered data of students' critical thinking skills and the research hypothesis testing are presented as follows:

2.1 The gathered data on students' critical thinking skills

The critical thinking skills test was used to collect data of both experimental group and control group at the beginning and at the end of the class. The students' critical thinking skills mean scores before and after using the revised unit in each question and the results of *t*-test dependent for pair sample statistics analysis were presented in TABLE 13. More details of the students' critical thinking skills scores in the main study group are presented in Appendix C.

2.2 The testing of research hypothesis III

The third hypothesis stated, "Students who learn through the climate change unit have significantly higher post-test scores of critical thinking skills than pre-test scores." According to the third hypothesis, it was expected that students who participated in the revised unit gain the post-test scores of critical thinking skills higher than the pre-test scores.

To test this hypothesis, the critical thinking skills test was used to collect data of experimental group at the beginning and the end of the class. The answers were scored using a rubric scheme. The students' post-test mean scores of critical thinking skills after using the revised unit was used to compare with the pre-test scores of critical thinking skills by using *t*-test for one sample statistics. The results showed that the students' post-test mean scores of critical thinking skills after using the revised unit were significantly different at 0.05 level of significance above the pre-test scores of critical thinking skills as shown in TABLE 13.

TABLE 13 THE COMPARISON OF THE STUDENTS' CRITICAL THINKING SKILLS MEAN SCORES BEFORE AND AFTER USING THE REVISED UNIT OF THE EXPERIMENTAL GROUP.

Critical thinking skills	Full score	Before using the revised unit		After using the revised unit		$\bar{D}$	t	α
		Mean	S.D.	Mean	S.D.			
1. Induction	23	9.50	2.71	18.42	1.37	8.92	6.62	0.05
2. Credibility of sources & observation	24	10.03	2.85	18.92	1.58	8.89	4.32	0.05
3. Deduction	14	5.34	1.63	9.82	1.00	4.48	2.91	0.05
4. Assumption Identification	10	3.34	1.44	7.53	0.89	4.19	6.00	0.05
Total	71	28.21	4.34	54.68	2.75	25.95	3.63*	0.05

$$t_{(.05; df37)} = 1.684$$

In conclusion, the students' scores in each critical thinking skill and in total mean score after using the revised unit were statistically higher than the students' mean scores before using the revised unit in the same group at the 0.05 level of significance. The conclusion from these results indicated that the students' critical thinking skills were improved after using the revised unit compared to the scores before using this unit.

2.3 The testing of research hypothesis IV

The fourth hypothesis stated, "Students who learn through the climate change unit have significantly higher post-test scores of critical thinking skills than students who do not learn in such unit." According to this hypothesis, it was expected that students who participated in the revised unit would gain the critical thinking skills scores of the post-test higher than the post-test scores of students who do not participated in the revised unit.

The gathered data of the critical thinking skills test were used to test the research hypothesis 4. For testing this research hypothesis, the students' critical thinking skills score after using the revised unit of experimental group was used for

comparing with the students' critical thinking skills score without using the revised unit of control group of the critical thinking skills test by using *t*-test as shown in TABLE 14.

TABLE 14 THE COMPARISON OF THE STUDENTS' CRITICAL THINKING SKILLS MEAN SCORE OF POST-TEST OF EXPERIMENTAL GROUP AND CONTROL GROUP.

Critical thinking skills	Full score	Post-test scores of experimental group		Post-test scores of control group		$\bar{D}$	t	α
		Mean	S.D.	Mean	S.D.			
1. Induction	23	18.42	1.37	9.43	2.74	8.99	9.61	0.05
2. Credibility of sources & observation	24	18.92	1.58	9.40	3.14	9.52	3.28	0.05
3. Deduction	14	9.82	1.00	5.05	2.25	4.77	8.33	0.05
4. Assumption Identification	10	7.53	0.89	3.33	1.49	4.20	3.27	0.05
Total	71	54.68	2.75	27.20	5.30	27.48	9.36*	0.05

$$t_{(.05; df77)} = 1.990$$

The results of the fourth hypothesis testing represented by students' critical thinking skills scores after studying the revised unit of experimental group was significantly different at the 0.05 level of significance above the students' critical thinking skills scores after studying the climate change without using the revised unit of control group. This result indicated that the critical thinking skills of the students who studied climate change by using revised unit were improved after using the revised unit compared to the critical thinking skills scores of the students who studied climate change by without using the revised unit; therefore, the unit implementation had the effectiveness on the students' critical thinking skills on climate change.

3. The students' opinion toward the revised unit

The questionnaire of students' opinion toward the revised unit which consisted of 22 items of five Likert scale. The gathered data of students' opinion toward the revised unit and the research hypothesis testing are presented as follows:

3.1 The gathered data on students' opinion toward the revised unit

The research methodology of this hypothesis test was post-test only design by using the students' opinion questionnaire toward the revised unit. After implementing the revised unit, the data were collected by using the questionnaire of students' opinion toward the revised unit. The mean score, standard deviation, and the result of evaluation are presented in TABLE 15.

TABLE 15 STUDENTS' OPINION TOWARD THE REVISED UNIT

List of evaluation	Result (N= 38)		
	Mean	S.D.	Interpretation
The teacher			
1. The teacher explained the various learning activities for students understand to do clearly.	4.23	0.69	High level
2. The teacher divided students in to groups suitably for doing the various learning activities.	4.49	0.66	High level
3. The teacher advised and guided students to do the learning activities well and thoroughly.	4.46	0.66	High level
4. The teachers encouraged students to be active for doing the learning activities.	4.09	0.70	High level
5. The teachers can allocate time to learn and do the learning activities.	4.31	0.68	High level
The content			
6. Content's level of difficulty appropriate to students' abilities.	4.26	0.74	High level
7. Content matches with interest and needs of students.	4.31	0.76	High level
8. Content is arranged to be easily understood for the students.	4.17	0.79	High level
9. The content is appropriate for the students' study time.	4.29	0.83	High level

TABLE 15 (continued)

List of evaluation	Result (N= 35)		
	Mean	S.D.	Interpretation
10. Content is up to date and suitable to be applied in everyday life.	4.40	0.74	High level
The learning activities	4.34	0.76	High level
11. Students understand the purpose of the learning activity as well.			
12. Learning activities are interesting and stylish.	4.26	0.74	High level
13. Learning activities help students to understand the content better.	4.51	0.66	Highest level
14. Students can participate in learning activities together.	4.49	0.66	High level
15. Students exchanged opinions with each other.	4.48	0.78	High level
16. Learning activities encouraged students to develop critical thinking skills.	4.40	0.74	High level
17. Students practiced skill of communication between members such as leadership, deciding, solving problem etc..	4.34	0.76	High level
18. Students followed learning activities sequentially.	4.29	0.71	High level
The measurement and evaluation.			
19. The evaluation of individual students and the group is appropriate.	4.23	0.78	High level
20. Evaluation of learning activities and discussions of the work is appropriate.	4.31	0.80	High level
21. Students know criteria for evaluation of achievement and learning activities as well.	4.63	0.60	Highest level
22. Assessment covers learning content as well.	4.46	0.78	High level
Total	4.36	0.73	High level

The results from the question items in the questionnaire of the students' opinion toward the draft unit showed that the students' opinions toward the draft unit after learning with this unit were satisfying at a high level in 20 items and at the highest level in 2 items. The mean score of each statement items were analyzed by using *t*-test for one-sample statistics, which compared to the criterion setting at a high level (Prakong, 1993:85). The results are summarized in TABLE 16.

3.2 The testing of the research hypothesis V

The fifth hypothesis stated that "Students' opinion scores toward the revised unit after using the unit was implemented are at a high level." According to this research hypothesis, it was expected that the participating students gained positive opinions toward learning climate change in a high level after they participated in the revised unit.

To test the fifth of research hypothesis, the mean score of students' opinions toward the revised unit was used to test with one sample *t*-test statistic which compared to the high level of the criterion setting at high level (Prakong, 1993: 85). The results of analysis are presented in TABLE 16.

TABLE 16 THE COMPARISON OF STUDENTS' OPINION TOWARD THE CLIMATE CHANGE UNIT TO ENHANCE CRITICAL THINKING SKILLS MEANS SCORE AND THE CRITERION AFTER USING THE REVISED UNIT OF THE EXPERIMENTAL GROUP

The question items analysis	Criterion	Mean	S.D.	t	α
After using the revised unit	3.51	4.36	0.73	6.89	0.05

$$t_{(.05; df 37)} = 1.684$$

The student opinion scores toward the revised unit after using the unit were significantly higher at the 0.05 level of significance.

4. The teachers' opinion toward the revised unit

To assess the teachers' opinion toward the unit, the questionnaire of teachers' opinions toward the revised unit was used at the end of using the revised unit. The questionnaire was 28 items with a Likert-scale type scale. The gathered data of teachers' opinions toward the revised unit and the research hypothesis testing are presented as follows:

4.1 The gathered data on teachers' opinion toward the revised unit

The participating teachers who participated in this unit development and its implementation were asked to express their opinions toward the revised unit. The results of evaluation of teacher' opinions are presented in TABLE 17.

TABLE 17 TEACHERS' OPINION TOWARD THE REVISED UNIT

List of evaluation	Result	
	Score	Interpretation
1. The unit is appropriate and clear for the students.	4	High level
2. The activities in the learning unit are suitable for students.	4	High level
3. The content in the learning unit is in the order of difficulty and suitable for students.	4	High level
4. The content in the learning unit is accuracy.	5	Highest level
5. The learning contents of the learning unit can be applied in the daily life of students.	4	High level
6. The learning unit is accordant with the needs and interests of students, parents, community and school.	5	Highest level
7. The learning unit is consistent with the objectives of the course.	4	High level
8. The learning units can be linked to academic knowledge with real experiments.	4	High level
9. The learning unit helps students to think critically and solve problems systematically.	5	Highest level
10. The learning unit helps students study and seek for knowledge on their own.	5	Highest level

TABLE 17 (continued)

List of evaluation	Result	
	Score	Interpretation
11. There are the various sources for the study of learning to students.	4	High level
12. The students are encouraged to do activities for developing knowledge and skills outside the classroom.	4	High level
13. There are media and technology to enhance learning for students adequately	4	High level
14. The instructional management is supplemented with ethics for students.	4	High level
15. School should offer continuously for learning and teaching the climate change for students.	4	High level
16. The activities in learning unit that uses an interdisciplinary approach can develop critical thinking for students.	5	Highest level
17. The instructional management in climate change unit using an interdisciplinary approach is appropriate to the students.	5	Highest level
18. The teacher can manage various experiments in learning unit by herself as well.	4	High level
19. The students can understand the contents in learning unit better through activities and experiments.	4	High level
20. The students can do the experiment by themselves as well while the teachers give some recommendations.	4	High level
21. Providing students presented the results of the activities and experiments are very useful for them.	5	Highest level
22. the students can summarize and discuss the results of activities and experiments by themselves.	4	High level

TABLE 17 (continued)

List of evaluation	Result	
	Score	Interpretation
23. Providing students have designed the presentations of results of activities and experiments were very useful for them.	5	Highest level
24. The teachers need to advise on finding the conclusions of the results of experiments and activities to students.	4	High level
25. Providing students gather knowledge from the discussions of other groups are very useful to the students.	5	Highest level
26. The learning process in learning unit is interesting.	5	Highest level
27. The learning process in climate change unit can be applied to other disciplines.	5	Highest level
Mean scores of overall items	4.41	High level

From the TABLE 17, the result of teachers' opinion toward the revised unit after using the revised unit showed mean scores of overall items are 4.41 indicating that the teachers' opinions toward the revised unit were satisfying with the revised unit implementation at a high level.

In addition, the qualitative data of the teachers' opinions toward the revised unit are summarized in three main points as follows:

1) The results of instruction, the participating teacher were satisfied with the unit because the learning activities were interesting and students were fun when doing activities. She gave the opinion that using the climate change unit made students realize the effect between climate change and their life. In unit implementation, the learning activities helped the students understand the phenomenon of climate change. The students were more attentive and better cooperated in learning and doing the activities especially by doing group working because the learning activities were interesting and challenging. The results of classroom observations revealed that the teacher taught well to encourage the students' curiosity and to facilitate the students'

learning. This was an inspiration to the students to have fun and learn actively. For all of those reasons, the classroom atmosphere was good because the students enjoyed learning and had more fun in doing the activities. The learning activities also improved students' climate change knowledge and their critical thinking skills. The overall opinions of participating teacher with the instruction according to the revised unit were good.

2) The problems of unit implementation, the problems that the participating teacher faced are as follows:

2.1 The setting time of activities according to the unit was appropriate but some of the activities ran over setting time because the students spend more time doing activities.

2.2 Although most students loved to do activities, some students did not want to do activities and complete their paper work and to express and share their ideas to their group and classroom. So sometimes the teacher had to punish them.

2.3 Some topics were too difficult for students because students had never known some topics before.

2.4 The teachers who want to use this unit should have good knowledge on climate change as well.

3) The participating teacher claimed that the unit was appropriate for a few small groups because instruction should have longer time for students' thinking and discussion in a classroom. More details of the teachers' opinions toward the unit are presented in Appendix D

4.2 The testing of research hypothesis VI

The sixth research hypothesis stated, "Teachers' opinion scores toward the revised unit after using the unit was implemented are at high level." According to this hypothesis, it was expected that the participating teacher gained a positive opinion toward the implementation of the revised unit at a high level.

To test the sixth research hypothesis, the mean score of teachers' opinions in total score were used for testing with *t*-test for one sample statistics, which were compared to the criterion setting at a high level (Prakong, 1993: 85). The summary details of the results are presented in TABLE 18.

TABLE 18 THE COMPARISON OF THE MEAN SCORES OF TEACHER'S OPINION TOWARD THE CLIMATE CHANGE UNIT AFTER USING THE REVISED UNIT AND THE CRITERION

Criterion	Mean	S.D.	t	α
3.51	4.41	0.50	9.35	0.05

The results of the sixth research hypothesis testing represented by the participating teacher's opinion mean scores after using the revised unit were significantly higher at the 0.05 level of significance. In addition, the analysis results of qualitative data from participating teachers comment in the questionnaire of teachers' opinions toward the unit indicated that the participating teachers were satisfied with the instruction according to the revised unit and the related instruction materials. This result supported the sixth research hypothesis which means the participating teacher's opinion toward the unit were at the high level of satisfaction in using the unit.

Summary of the research findings

The gathered results from the revised unit implementation were evaluated for the effectiveness of the unit on students' achievement, students' critical thinking skills, students' opinion towards the unit and the teachers' opinion towards unit by testing six research hypotheses. The results of the unit evaluation after implementation of the unit indicated that:

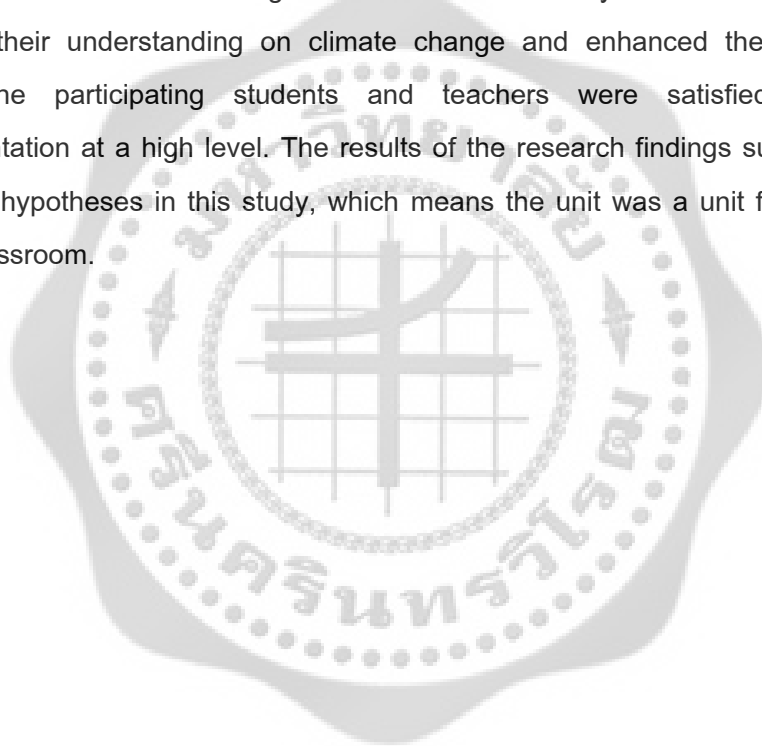
1. The students' achievement scores after studying the revised unit of experimental group was significantly different at the 0.05 level of significance above the students' achievement scores before studying the revised unit in the same group.
2. The students' achievement scores after studying the revised unit of experimental group was significantly different at the 0.05 level of significance above the students' achievement scores after studying the climate change without using the revised unit of control group.
3. The students' scores of experimental group in each critical thinking skill and in total mean score after using the revised unit were statistically higher than the students' mean scores before using the revised unit in the same group at the 0.05 level of significance.

4. The students' critical thinking skills scores after studying the revised unit of experimental group was significantly different at the 0.05 level of significance above the students' critical thinking skills scores after studying the climate change without using the revised unit of control group.

5. The student opinion scores toward the revised unit after using the unit were significantly higher at the 0.05 level of significance.

6. The participating teacher's opinion mean scores after using the revised unit were significantly higher at the 0.05 level of significance.

The results of evaluation on effectiveness of the unit implementation indicated that the climate change unit for lower secondary students enabled students to develop their understanding on climate change and enhanced their critical thinking skills. The participating students and teachers were satisfied with the unit implementation at a high level. The results of the research findings supported all of the research hypotheses in this study, which means the unit was a unit for implementation in the classroom.



CHAPTER 5

CONCLUSIONS, DISCUSSIONS and RECOMMENDATIONS

This is the concluding chapter of the research study on the development critical thinking skills with interdisciplinary approach in the climate change unit for lower secondary students. It is presented in 3 sections as follows: section 1: the conclusions of the study, section 2: discussions, and section 3: recommendations.

Section 1: The Conclusions of the Study

The main ideas behind the study were to develop critical thinking skills by various activities through any disciplines and to bridge the gap between activities in any discipline and critical thinking skills. In order to achieve this idea, the unit was developed to help students develop their understanding in climate change which is advanced for students and enhance their ability to use climate change knowledge with various activities in any disciplines for developing critical thinking skills. Therefore, the purposes of this study were as follows:

1. To develop the climate change unit with interdisciplinary approach to enhance critical thinking skills for lower secondary students.
2. To study the implementation of the climate change unit with interdisciplinary approach to enhance critical thinking skills for lower secondary students.
3. To evaluate the effectiveness of the unit on students' understanding of climate change, students' critical thinking skills, students' opinions toward the unit, and teachers' opinions toward the unit.

The hypotheses of this study were as follows:

1. Students who learn through the climate change unit have significantly higher post-test scores of learning achievement than pre-test scores.
2. Students who learn through the climate change unit have significantly higher post-test scores of learning achievement than students who do not learn in such unit.
3. Students who learn through the climate change unit have significantly higher post-test scores of critical thinking skills than pre-test scores.

4. Students who learn through the climate change unit have significantly higher post-test scores of critical thinking skills than students who do not learn in such unit.

5. Students' opinion scores toward the revised unit after using the unit was implemented are at a high level.

6. Teachers' opinion scores toward the revised unit after using the unit was implemented are at a high level.

1.1 Research Methodology

Three stages of research procedures to develop the climate change unit with interdisciplinary approach to enhance critical thinking skills for lower secondary students are described as follows:

1.1 .1 Unit development stage

The unit in this study was developed in five steps: 1) studying the basic information, 2) designing a draft unit, 3) evaluating the draft unit by experts, 4) piloting the draft unit and 5) revising the draft unit. The details of the results of each step are summarized as follows:

Step 1 Studying of the basic information: This step started with studying and analyzing the related documents regarding the unit development. The gathered data were used to indicate the students' prior skills on critical thinking, to guide the selecting of the appropriate climate change content and activities, and to select the appropriate approach and assessments.

Step 2 Designing a draft unit: The analysis of the results of the basic information was used to design the unit components which consisted of: 1) unit principle, 2) learning outcomes, 3) climate change contents and learning activities, 4) lesson plans and 5) unit assessment and evaluation. All of the draft unit components were developed based on the critical thinking models [2(CPA) model], interdisciplinary approach and critical thinking framework.

Step 3 Evaluating of the draft unit by experts: Before using the draft unit in the pilot study, the quality of the draft unit was evaluated and verified by three experts, namely, a science education teacher, a education teacher, and a teacher who taught climate change, regarding the appropriateness and consistency of the draft unit.

Step 4 Piloting the draft unit: The draft unit was tried out in the pilot study for testing the quality of the draft unit. The draft unit was used as a part of a science course for 7th grade students at Kohsira School for 10 weeks of the first semester of the 2013 academic year. This unit was designed to have three learning periods per week. The total time using the draft unit was 24 learning periods (8 weeks) for instructing with lesson plans and 4 learning periods (2 weeks) at the beginning and at the end of the draft implementation for gathering data for revising the draft unit.

Step 5 Revising the draft unit: The gathered data from the pilot study were used for revising the draft unit. The draft unit was adjusted for suitable time for doing the activities and revision of the wording of the draft unit and avoiding the ambiguity.

1.1.2 Unit implementation stage

The revised unit was implemented for two classes of 7th grade students (experimental and control groups) who enrolled in this study in the first semester in the 2013 academic year at Banthongkha School. The total time for teaching and learning with the revised unit was 10 weeks of 28 learning periods (8 weeks) for instructing with lesson plans and 4 learning periods (2 weeks) at the beginning and at the end of the revised unit implementation for gathering data on the effectiveness of the revised unit. After the revised unit was used, the data for unit evaluation were gathered by using the achievement test, critical thinking skills test, students' opinions toward the unit questionnaire, and teachers' opinions toward the unit questionnaire.

1.1.3 Unit evaluation stage

The gathered data from the revised unit were of both quantitative and qualitative types. For testing the research hypotheses, the quantitative data were used for analyzing by using the program of Statistic Package for the Social Science (SPSS). The collected quantitative data were analyzed and tested by t-test. For examining other effects of the revised curriculum implementation, the qualitative data were used for analyzing in terms of a content analysis.

1.2 Research Finding

The research findings in each stage of the research methodology in this study are concluded and presented as follows:

1.2.1 The results of the unit development stage

The data from studying the relevant literature and the basic information were used in designing the draft unit. Therefore, the draft unit and the lesson plans were designed based on the 2(CPA) Model with emphasis on climate change combined with interdisciplinary approach for developing critical thinking skills.

1.2.1.1 The draft unit was designed and developed including the lesson plans and the assessment which are summarized and presented as follows:

1. The lesson plans consisted of the eight lesson plans which used the 2(CPA) Model with emphasis on climate change combined with interdisciplinary approach for developing critical thinking skills for the instruction.

2. The assessment tools developed for assessing the effectiveness of unit implementation consisted of the achievement test on climate change, the critical thinking skills test, the questionnaire of the students' opinion toward the unit, and the questionnaire of the teachers' opinion toward the unit.

1.2.1.2. Before the draft unit was used in the pilot study, its quality was verified by the experts. The results of the draft unit evaluation indicated that:

1. The appropriateness of the instructional plans was at the high level regarding the gathered mean scores ranging from 4.00 to 4.33, which were higher than the criteria (3.51). This result showed that the lesson plans were appropriate for use and implementation within a classroom.

2. The consistency level of the unit components showed the mean scores of IOC index from 0.67-1.00, which was higher than the criteria (0.50). These results indicated that the unit components had consistency.

In conclusion, all of the results of the draft unit evaluated by experts indicated that not only the mean scores of the appropriateness of the draft unit but also the mean scores of the IOC of unit components were higher than the criteria score in all items. Therefore, the draft unit was suitable for implementation in the classroom.

1.2.1.3 In the pilot study, the results after using draft unit with a class of 7th grade students drawn from Kohsira School indicated that the draft unit was effective and appropriate for teaching and learning climate change content for developing critical thinking skills in the classrooms. The mean scores of the participating students' opinion toward the draft unit after using the unit were significantly higher than

3.51, the criterion setting at a high level (Prakong, 1993: 85), at the 0.05 level of significance.

1.2.1.4 The draft unit was revised according to the results from the pilot study by adjusting the time for each step of lesson plans as determined by the researcher and collaborating teacher. Therefore, each lesson plan was revised to use 2 and 1 learning periods for 2 days in a week.

1.2.2 The results of the unit implementation stage

In the main study, the revised unit was implemented with 38 students of 7th grade at Banthongkha School for 8 weeks (3 learning periods/week) in the first semester of the academic year 2013. This unit was implemented as a scientific course which was taught by a teacher. The teacher had to teach climate change in both experimental group and control group, the experimental group used the revised unit in climate change contents for enhancing critical thinking skills but the control group learned climate change without using the revised unit. The findings of the unit implementation are presented as follows:

1.2.2.1 The students' learning achievement

The students' learning achievement test on climate change was used for collecting data at the beginning and at the end of the revised unit implementation. After the revised unit implementation, it was found that the students' learning achievement scores of experimental group after using the revised unit were significantly higher than those in the same group before using the revised unit at the 0.05 level of significance in all learning units. And the students' post-test achievement scores of experimental group after using the revised unit were significantly higher than the students' post-test achievement scores of control group that without using the revised unit at the 0.05 level of significance.

1.2.2.2 The students' critical thinking skills

At the beginning and at the end of using the unit, the critical thinking skills test was used for collecting data from the participating students. The result of the *t*-test indicated that the students' critical thinking skills scores of experimental group after using the revised unit were significantly higher than that in the same group before using the revised unit at the 0.05 level of significance. And the students' post-test critical thinking skills scores of experimental group after using the revised unit were significantly higher than the students' post-test critical thinking skills

scores of control group that without using the revised unit at the 0.05 level of significance.

1.2.2.3 The students' opinions toward the unit

The questionnaire of students' opinions toward the revised unit includes 22 statements of a five rating scale (Likert scale). The analysis of the questionnaire showed that students' opinions toward the revised unit were at a high level of satisfaction in all items.

1.2.2.4 The teachers' opinions toward the unit

The teachers' opinions toward the unit after the unit implementation were assessed in five domains including content, instruction, instructional materials, assessment and overall unit by the questionnaire of teachers' opinion toward the unit. The results of assessment of the teachers' opinion showed that the teachers' opinions toward the revised unit were satisfied with the revised unit implementation at a high level.

1.2.2.5 The qualitative data

The qualitative data which were used to examine other effects of the unit implementation were gathered by using these research instruments:

1. The students gave the opinions in the students' opinion questionnaire toward the unit that the climate change content and activities were very difficult but interesting to study. They were fun doing activities and interested in doing experiments. The activities and experiments helped them to better understand concepts in climate change content.

2. The students gave the opinions that activities in climate change unit helped them to think critically about situations in critical thinking skills test. They explained that after learning the climate change unit helped them can consider better which choice is correct in critical thinking skills test.

3. The variety of learning activities and instructional materials impressed the students and made them like learning with the unit.

4. In the teachers' opinion questionnaire toward the unit: After the unit implementation, the participating teacher expressed their opinions toward the unit that the instruction methods in the unit were useful for instructing climate change issues. This unit promoted the students realizing the relationship among disciplines.

5. The unit implementation was appropriate with a small class. Problems with the unit implementation were some activities took so much time to finish activities that some activities they cannot be finished in time, and the difficulty of some topics.

1.2.3 The results of unit evaluation

The findings of the unit implementation indicated that this revised unit was effective after testing the following research hypotheses:

1.2.3.1 Research hypothesis 1 stated students who learn through the climate change unit have significantly higher post-test scores of learning achievement than pre-test scores. The result of the first hypothesis testing found that student' achievement scores after studying the revised unit was significantly different at the 0.05 level of significance above the students' achievement scores before studying the revised unit.

1.2.3.2 Research hypothesis 2 stated that students who learn through the climate change unit have significantly higher post-test scores of learning achievement than students who do not learn in such unit. The result of the second hypothesis testing found that student' achievement scores after studying the revised unit of experimental group was significantly different at the 0.05 level of significance above the students' achievement scores after studying the climate change without using the revised unit of control group.

1.2.3.3 Research hypothesis 3 stated that students who learn through the climate change unit have significantly higher post-test scores of critical thinking skills than pre-test scores. The result of the third hypothesis testing found that the students' scores in each critical thinking skill and in total mean score after using the revised unit were statistically higher than the students' mean scores before using the revised unit in the same group at the 0.05 level of significance.

1.2.3.4 Research hypothesis 4 stated that students who learn through the climate change unit have significantly higher post-test scores of critical thinking skills than students who do not learn in such unit. The result of the fourth hypothesis testing found that students' critical thinking skills scores after studying the revised unit of experimental group was significantly different at the 0.05 level of significance above the students' critical thinking skills scores after studying the climate change without using the revised unit of control group.

1.2.3.5 Research hypothesis 5 stated that students' opinion scores toward the revised unit after using the unit was implemented are at a high level. The result of the fifth hypothesis testing found that the student opinion scores toward the revised unit after using the unit were significantly higher than before using the unit at the 0.05 level of significance.

1.2.3.6 Research hypothesis 6 stated that teachers' opinion scores toward the revised unit after using the unit was implemented are at a high level. The result of the sixth hypothesis testing found that the participating teacher's opinion mean scores after using the revised unit were significantly higher at the 0.05 level of significance.

Section 2: Discussions

This research study developed the climate change unit with interdisciplinary approach to enhance critical thinking skills. The results from this study agreed with the six research hypothesis and indicated that the unit was effective on students' critical thinking skills, students' achievement, students' opinion toward the unit, and teachers' opinion toward the unit. To give more detail on the unit effectiveness, in-depth analyses were summarized and discussed according to these four effects of the unit as follows:

2.1 Students' Learning Achievement on Climate Change

The first and second research hypotheses were supported because the results of the unit implementation showed that the students' achievement scores of experimental group after using the unit were higher than the students' achievement scores before using the unit with statistical significance. And the students' achievement scores of experimental group after learning climate change using the unit were higher than the students' achievement scores of control group after learning climate change without using the unit with statistical significance. The finding indicated that the achievement of students was improved because of the revised unit implementation with statistical significance. It means that after studying the unit, the students developed their knowledge with statistical significance.

2.1.1 The improvement of students' learning achievement of climate change in the unit implementation was supported as follows:

2.1.1.1 The unit's development started with identifying the desired results (goals) which considered what students should gain during the unit implementation. This agreed with Wiggins G. and McTighe J. (1998), Tyler (1994), and Taba (1962) who argued that the curriculum development should begin with the ended or the desired results of the curriculum rather than to begin with text book, or favored lesson, the researcher applied this statement to develop climate change unit. The desired results led to the selection of interesting topics, instructional materials, appropriated approaches, and suitable assessment. Moreover, the content and activities in this unit were designed and developed based on various textbooks including those in Thailand and foreign countries.

2.1.1.2 The learning activities for enhancing critical thinking skills were used as a main vehicle for designing and developing the climate change unit and its related instructional materials. The learning activities of this study were provided in such a way that students learned climate change knowledge and enhancing critical thinking skills at the same time. The selected learning activities could make students interested in learning the climate change contents related issues and to realize the relationship between genetic knowledge and critical thinking skills. The interdisciplinary approach is necessary for designing and developing learning activities. This corresponded with Jones (2010: 1) who agreed that interdisciplinary approach has many advantages such as, expanding student understanding and achievement between all disciplines or enhancing communication skills, it also has disadvantages, such as integration confusion and time-consuming curriculum preparation. Jacobe (1994: 10) confirmed that a unit of study that uses the interdisciplinary approach enables teachers to teach the whole student and make links between disciplines and one goal for this approach is to give students a more relevant, less fragmented and stimulating experience. Interdisciplinary approach help students not only understand climate change content and increase achievement score but also connect knowledge to their life. This corresponded with Duerr (2008: 177) who explains the importance of an interdisciplinary approach to the life of a student by stating, "With interdisciplinary instruction, students can become more involved in their learning. Therefore, the participating students' achievement in this study was improved after studying with the unit.

2.1.2 Problems and suggestions on students' learning achievement on climate change during the study are described that even though the achievement of students was improved after using the unit, the results from the informal interview with

this student group and the discussion with the participating teacher revealed that the success in studying with this unit depended on students' attention to it. The research finding was that most of the students liked to learn with this unit. However, some students paid little attention to studying this unit because of three reasons as follows:

1) This unit used interdisciplinary approach; some students did not like some disciplines. The researcher interviewed some students who paid little attention in some activities as follows:

Researcher: Why did you pay little attention in this activity?

Students 1: I do not like science subject and I feel sleepy every time I learned science issue

Student 2: I am not good at drawing. Therefore, when doing activities where I have to draw and paint pictures, I will feel bored.

Student 3: I think that vocabulary in some content and activities are difficult. I cannot remember vocabulary. When I have to learn some content or activities that contain difficult vocabulary, I will feel bored.

2) Some of the participating students thought that climate change was difficult to understand. Therefore, some students paid little attention in the unit. The researcher interviewed some students who paid little attention in some activities as follows:

Researcher: Why did you pay little attention in this activity?

Student 4: The climate change has a lot of content and activities. Therefore, I think it is difficult to learn in the unit.

Student 5: I have never learned or known some content about climate change before. Sometimes I cannot understand well in some content. When I did not understand some content, I will not pay attention to that content.

Student 6: The climate change had a lot of content that made me learn more content. I think that it is difficult to learn all content in climate change.

The participating teacher needed to encourage this group of students to make them interested and to study in the unit. Therefore, the success of students' learning achievement depended on their attention level in studying in the unit. The learning outcomes of the students of high attention group were satisfying because they really wanted to learn the unit. Therefore, the low attention group needed more teachers' facilitation and encouragement to make them succeed in the unit.

2.2 Students' Critical Thinking Skills

The result of research indicated that the students' critical thinking skills were improved after studying the climate change unit to enhance critical thinking skills with statistical significance. The third and fourth research hypotheses were supported because the results of testing research hypothesis found that the students' scores of experimental group in each critical thinking skill and in total mean score after using the revised unit were statistically higher than the students' mean scores before using the revised unit in the same group at the 0.05 level of significance. Also the students' critical thinking skills scores after studying the revised unit of experimental group were significantly different at the 0.05 level of significance above the students' critical thinking skills scores after studying the climate change without using the revised unit of control group.

2.2.1 The findings of students' critical thinking skills were supported by the following:

2.2.1.1 This unit with interdisciplinary approach enhanced the improvement of students' critical thinking skills because of using the climate change unit.

2.2.1.1.1 The unit in this study was developed by using activities for promoting critical thinking skills. Therefore, this unit was constructed with the integration between the climate change content and critical thinking skills by using the critical thinking model [2(CPA) Model]. This corresponded with Sternberg (1987: 258) who noted that any critical thinking program "must cross disciplines, so that students can see directly the relevance of these [critical thinking] principles across subject-matter areas. And other educational researchers (Kavaloski 1979, Newell 1990, Field et al. 1994, Vess 2009) have identified interdisciplinary learning including gains in the ability to think critically. This agrees with Toynton (2005: 110) who stated that for enhancing

critical thinking, more than one context or one discipline needs to be encountered. If educators insist on including “critical thinking” to the learning outcomes at the program level, he asserts, they should make clear that the development of this skill requires viewing “the approaches, products, and processes” of relevant disciplines “from a detached and comparative viewpoint”. Therefore, interdisciplinary instruction fosters advances in critical thinking skills (Repko, 2009: 2).

2.2.1.2 The good environment in classroom during the unit implementation was a factor affecting the improvement of critical thinking skills. The unit provided active learning activities and the students were active in various activities. The interactions of both the participating teacher with the students and the students with students were warm and good. The students enjoyed studying with the unit and did not fear expressing their ideas and their points of view. This classroom environment occurred because the unit was implemented as a core course which made students concentrate their attention and become enthusiastic. The learning activities according to the unit implementation including various activities made students more interested and cooperate well in learning and doing the activities. These reasons made the classroom environment good and encouraged the students to think critically. This result from this study agreed with the result of Thipatdee's (1996) study which found the formal implementation of enrichment curriculum on developing complex thinking ability could inhibit students' complex thinking behaviors.

2.2.2 Problems and suggestions on students' critical thinking skills during the study are described as follows:

2.2.2.1 The sample group in this study was the 7th grade students at Banthongkha School where some students had low achievement in mathematics and science. Although this unit used interdisciplinary approach and various activities in many disciplines, climate change content is science content that the students will consider both positive and negative effects of climate change unit which may occur in science issues. However, this study revealed that most students in the sample group had a very positive attitude toward science and technology and paid little attention to consider the other aspects of science. During the unit implementation, the participating teacher needed to encourage them to realize the negative effects of science. With this finding, a future study of a comparison of the critical thinking skills among low achievers in science, normal science students, and non-science students is advised.

2.3 Students' Opinion toward Unit

The result of the fifth research hypothesis tested found that the students' opinion scores toward the lower secondary students on climate change to enhance critical thinking skills after the unit implementation were significantly higher at the 0.05 level of significance. These findings were supported by the following:

2.3.1 The development of this unit used the climate change issues for enhancing critical thinking skills which were found in the students' life. The students enjoyed and were interested in learning the unit for having more understanding on the climate change issues. The interdisciplinary approach, the critical thinking model [2(CPA) Model] and various activities in climate change made students realize the benefits of learning in the unit and gain meaningful learning because they could link their knowledge to their real world. This unit development agreed with Shepard, L. (2007) who stated that "school learning should be authentic and connected to the world outside of school not only to make learning more interesting and motivating to students but also to develop the ability to use knowledge in real world setting."

2.3.2 The unit implementation made students have fun during the learning process. The students enjoyed learning with a variety of learning activities according to the unit because they were active learners. These activities could be used to support students' understanding on climate change. The research found that the learning activities which were very close to the students' daily life made them pay more attention.

2.4 Teachers' Opinion toward the Unit

The result of the sixth research hypothesis tested found that the teachers' opinion scores toward the lower secondary students on climate change to enhance critical thinking skills after the unit implementation were significantly higher at the 0.05 level of significance.

2.4.1 These findings on teachers' opinions toward unit were supported by the following that the development of unit by using interdisciplinary approach and critical thinking model [2(CPA) Model] as a main vehicle for construction both climate change content and critical thinking skills made the unit effective with both achievement and thinking critically. The unit made students realize the relationship between climate

change and critical thinking skills in daily life. In this study, the participating teacher had positive opinions on using the unit in classroom.

2.4.2 Problems and suggestions on teachers' opinions toward the unit are described as follows:

2.4.2.1 Even though most of the results on the teachers' opinions toward the unit were at a high and at the highest level but teacher stated that some content was appropriately difficult for students. The reason could be some content in the unit was normally found at the upper secondary level which made the content in unit look difficult. However, the content in this unit was adjusted for the difficulty suitable for the lower secondary students' level and the instructional materials were used to make student have more understanding with complex contents.

2.4.2.2 The finding results during the unit implementation indicated that a classroom of 38 students in 7th grade was too large for teaching with the unit. The participating teacher stated that the unit was appropriate for implementation with a small group with not over 30 students per classroom. Therefore, a future study on how to use the unit with the bigger classroom size, normal classroom size in a normal school (30-50 students per one classroom) is advised.

Section 3: Recommendations

This section provides suggestions for future education research that focuses on enhancing critical thinking skills with interdisciplinary approach of frontiers any disciplines into the future classroom.

3.1 Recommendations for Policy Making

3.1.1 The development of lower secondary unit on climate change to enhance critical thinking skills had positive effects on the students' achievement, their critical thinking skills and their opinion toward the unit. Therefore, the school administrators should give great importance to a unit development which emphasized bringing academic content and critical thinking skills to the students. The school administrators should encourage teachers to develop their own unit to promote learning and critical thinking continuously by using the critical thinking model [2(CPA) Model] with interdisciplinary approach to design their own unit.

3.1.2 The director or school administrator should also support the teachers for this development by organizing professional development programs to enhance knowledge on unit development, new academic knowledge, instructional techniques, and assessment and evaluation. These supports will enable teachers to develop their own unit and to teach any disciplines more effectively.

3.1.3 The successful results of this unit development should be supported and distributed to other schools, for teachers who wish to include academic issues with critical thinking skills and interdisciplinary approach in their courses.

3.2 Recommendations for Apply the Results of This Study

3.2.1 Before beginning the unit to use in the classroom, teachers should prepare themselves both to be familiar with the unit by studying the unit and its instructional materials and to understand the unit content, critical thinking skills, and interdisciplinary approach. If the teachers who wish to use this unit do not have a background in climate change, the professional development on earth science and its issues might be needed for the teachers' implementation of the unit to be more effective.

3.2.2 An active learning environment affects both the students' achievement and the students' critical thinking skills. The teachers can promote an active learning environment by providing a clip about the effect of climate change in the world which is a useful way to construct the unit. The teachers should encourage students to express their ideas and points of view.

3.2.3 Teachers should study and analyze the target students on their prior critical thinking skills and their level of achievement. The class will be more interesting if activities in this unit are designed to follow their prior critical thinking skills and their level of achievement.

3.3 Recommendations for further studies

There were several recommendations for future studies suggested by the findings of this study as follows:

3.3.1 The study should be extended into a larger sample of subject which consists of the different sample characteristics such as low, normal, and high

level students. This would allow results to be generalized to the population of the school.

3.3.2 The patterns of students' critical thinking skills should be studied for setting the standard level of this ability. It would be useful for a future study of critical thinking skills shift.

3.3.3 The interdisciplinary approach and the critical thinking model [2(CPA) Model] should be employed and its effectiveness should be further examined in other science themes or non-science themes.

3.3.4 The study found the success of using the interdisciplinary approach to improve critical thinking skills which was one type of higher-order thinking. Therefore, the future study should be conducted on how to use the interdisciplinary approach for improvement of others types of higher-order thinking such as problem solving and creative thinking.

3.3.5 The future studies should investigate students who were taught by this unit to study how they apply their knowledge and critical thinking skills in their life. In addition, the students should be tested several times over a course of at least one year for studying the retention time on students' critical thinking skills.



BIBLIOGRAPHY

BIBLIOGRAPHY

- Adler, M., & Van Doren, C. (1972). *How to read a book*. New York: Simon and Schuster.
- Bailin, S. (1993). Epilogue: Problems in conceptualizing good thinking. *American Behavioral Scientist*, 37(1): 156-164.
- _____. (1998). Skills generalizability and critical thinking. *Philosophy of education society of Great Britain: Conference papers 1998* (pp. 259-267). Retrieved April 15, 2010, from <http://www.bu.edu/wcp/Papers/Educ/EducBail.htm>.
- Bailin, S., Case, R., Coombs, J. R., & Daniels, L. B. (1999). Conceptualizing critical thinking. *Journal of Curriculum Studies*, 31: 285-302.
- Bedecarre, C. (1994). Toward a feminist account of strong sense critical thinking. Unpublished doctoral dissertation, University of Minnesota, Minnesota.
- Benderson, A. (1984). Critical thinking. Focus: *Educational Testing Service*, 15, 1-24.
- Beyer, B.K. (2001b). What philosophy offers to the teaching of thinking. In A. L. Costa (Ed.), *Developing minds: A resource book for teaching thinking* (3rd ed., pp. 87-91). Alexandria, VA: ASCD.
- Bloom, B., Englehart, M., Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive Domain*. New York: Longmans Green.
- Bodi, S. (1988). "Critical Thinking and Bibliographic Instruction : The Relationship". *The Journal of Academic Librarianship*. 14(July 1988): 150-153.
- Borland, J.H. (2005). Gifted education without gifted children: The case for no conception of giftedness. In R.J. Sternberg, & J.E. Davidson (Eds.), *Conceptions of giftedness*, (2nd ed.) (pp.1-19). Cambridge, NY: Cambridge University Press.
- Brookfield, S. (1987). *Developing critical thinkers*. San Francisco: Jossey-Bass.
- _____. (1991). On ideology, pillage, language and risk: Critical thinking and the tensions of critical practice. *Studies in Continuing Education*, 13(1): 1-14.
- _____. (1997). Assessing critical thinking. In A.D. Rose & M.D. Leahy (Series Eds.) *Assessing Adult Learning in Diverse Settings: Current Issues and Approaches* (No. 75, 17-29). San Francisco: Jossey-Bass.
- _____. (2005). *The power of critical theory: Liberating adult learning and teaching*. San Francisco: Jossey Bass.

- Browne, M. N., & Keeley, S. M., (2004). *Asking the right questions: A guide to critical thinking*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Canadian Institutes of Health Research (CIHR). (2005). *Training Program Grant Guide*, Strategic Training Initiative in Health Research, Retrieved May 8, 2010, from <http://www.cihr-irsc.gc.ca/e/17948.html>.
- Chaffee, J. (1985). *Thinking critically*. Boston: Houghton Mifflin Co.
- _____. (1988). *Thinking critically*. Boston, MA, Houghton Mifflin.
- Chance, P. (1986). *Thinking in the classroom: A survey of programs*. New York: Teachers College, Columbia University.
- Clark, John H., & Biddle, Arthur W. (1993). *Teaching critical thinking: Reports from across the curriculum*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Costa, A. L. (2001). Habits of mind. In A. L. Costa (Ed.), *Developing minds: A resource book for teaching thinking* (3rd ed., pp. 80-86). Alexandria, VA: ASCD.
- Davies, M. and Devlin, M. (2007) *Interdisciplinary Higher Education: Implications for teaching and learning*. Centre for the Study of Higher Education. The University of Melbourne, Australia.
- Devlin, M. (2007). *Improving Teaching in Tertiary Education: Institutional and Individual Influences*. Keynote address at Excellence in Education and Training Convention, Singapore Polytechnic, Singapore, 31 August, 2007.
- Dewey, J. (1933). *How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the reflective process*. Lexington, KY: Heath. (Original work published 1910)
- Dewey, J. (1997a). *Democracy and education: An introduction to the philosophy of education*. New York: Simon & Schuster. (Original work published 1916)
- Dewey, J. (1997b). *Experience and education*. New York: Free Press. (Original work published 1938)
- Duerr, Laura L. (2008). "Interdisciplinary Instruction, Educational Horizons." Retrieved August 8, 2011, from http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/3e/0c/3a.pdf
- Duron, R., Limbach, B., and Waugh, W. (2006). Critical Thinking Framework for Any Discipline. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 17 (2): 160-166.
- Ennis, R. H. (1964). A definition of critical thinking. *The Reading Teacher*, 17 (8): 599-612.

- _____. (1987). A Taxonomy of Critical Thinking Dispositions and Abilities. In J. Baron & R. Sternberg (Eds), *Teaching Thinking Skills: Theory and Practice*. NY: W. H. Freeman.
- _____. (1991). Critical thinking: A streamlined conception, *Teaching Philosophy*, 14 (1): 5-25.
- _____. (1993). Critical thinking assessment. *Theory into Practice*, 32(3), 179-186.
- _____. (1996). *Critical thinking*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- _____. (2001). Goals for a critical thinking curriculum and its assessment. In A. L. Costa (Ed.), *Developing minds: A resource book for teaching thinking* (3 rd ed., pp. 44-46). Alexandria, VA: ASCD.
- Facione, P. A. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction. Research findings and recommendations*. American Philosophical Association, Newark, DE. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 315423)
- _____. (2004). *Critical thinking: What it is and why it counts*. California Academic Press.
- Falcioni, J.G., 2004, 'The Agile Engineer', editorial, *Mechanical Engineering Magazine Online* (The American Society of Mechanical Engineers). Retrieved May 8, 2010, from <http://www.memagazine.org/backissues/membersonly/sept04/departments/editorial/editorial.html>
- Fasko, D. (2003b). Critical thinking: Origins, historical development, future directions. In D. Fasko (Ed.), *Critical thinking and reasoning: Current research, theory, and practice* (pp. 3-18). Cresskill, NJ: Hampton Press.
- Follman, J. (1987). Teaching of critical thinking / thinking – Promises! Promises! *Informal Logic*, 19 (2&3): 132-140.
- Foundation for Critical Thinking. (1987). *Defining critical thinking*. Retrieved April 14, 2010, from <http://www.criticalthinking.org/aboutCT/definecriticalthinking.cfm>.
- Fraker, D. (1995). *Improving high school students' critical thinking skills*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 391 725).
- Freire, P. (1998). *Pedagogy of the oppressed*. New York: Continuum. (Original work published 1970).

- Fulton R.D. (1988). *Critical thinking in adulthood*. Bozeman, MT: Montana State University. (ERIC Document Reproduction Services No. ED320015).
- Fung, I. Y. (2005). *Collaborative reasoning: Critical thinking based learning and instruction*. Unpublished doctoral dissertation, University of Auckland, New Zealand.
- Garrison, D. R., Anderson, T., and Archer, W. (2001). Critical Thinking, Cognitive Presence, and Computer Conferencing in Distance Education. *The American Journal of Distance Education* 15(1), 7–23.
- Glaser, E. (1941). *An experiment in the development of critical thinking*. New York: Teachers College Columbia University.
- Goldsmith, A. (2010). *Interdisciplinary Approaches to Teaching*. Retrieved September 2, 2011, from <http://serc.carleton.edu/econ/interdisciplinary/index.html>
- Goos, Merrilyn, Peter Galbraith, & Peter Benshaw. (2003) "Establishing a Community of Practice in a Secondary Mathematics Classroom." Allen, Barbara, Sue Johnston-Wilder, eds. *Mathematics Education: Exploring the Culture of Learning*. 1st ed. New York: Routledge Farmer.
- Good, Carter V. (1973). *Dictionary of Education*. New York : McGraw-Hill Book Company.
- Gray, W.D. (1991). *Thinking critically about new age ideas*. Belmont, CA: Wadsworth.
- Halpern, D. F. (1996). *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking*, (3rd ed.). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- _____. (1997). *Critical thinking across the curriculum: A brief edition of thought and knowledge*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hannel, G.I., & Hannel, L. (1998). The seven steps to critical thinking: A practical application of critical thinking skills. *National Association of Secondary School Principals Bulletin*, 82 (598): 87-93.
- Hare, W. (1998). Critical thinking as an aim of education. *Inquiry: Critical Thinking Across the Disciplines*, 18(2): 38-51.
- Hayes Jacobs, H. (1989). *Interdisciplinary curriculum: Design and implementation*. Alexandria, VA: ASDC
- _____. (1994). *Integrating the Curriculum*. Salt Lake City, UT: The Video Journal of Education.

- Haynes, Carolyn, (2002). *Innovations in Interdisciplinary Teaching*, West port, CT, American Council on Education ORYX Press.
- Hitchcock, D. (2002). Bertrand Russell and critical thinking. *Inquiry: Critical Thinking Across the Disciplines*, 20(2): 3-50.
- Huitt, W., & Hummel, J. (2003). Piaget's theory of cognitive development. *Educational Psychology Interactive*. Valdosta, GA: Valdosta State University. Retrieved April 26, 2010, from <http://chiron.valdosta.edu/whuitt/col/cogsys/piaget.html>
- Jacobs, H. (2005). Curriculum Mapping. Cobb County Teacher In-service Presentation.
- Jegede, O. J., & Noordink, P. (June, 1993). *The role of critical thinking skills in undergraduate study as perceived by university teachers across academic disciplines*. Paper presented at the annual conference on Problem Solving Across the Curriculum, Geneva, NY.
- Johnson, R. H. (1996). *The Rise of Informal Logic*. Newport News, VA: Vale Press.
- Jones, Casey (2010) *Interdisciplinary Approach - Advantages, Disadvantages, and the Future Benefits of Interdisciplinary Studies*, ESSAI: Vol. 7, Article 26.
- Jones, J.M. (1989). *Principles and instructional strategies for fostering critical thinking in adult learners: Ohio extension home economists' perception of importance of the principles and current use of the strategies*. Unpublished Doctoral Thesis, North Carolina State University, Raleigh.
- Jones, E.A., Hoffman, S., Moore, L.M., Tibbetts, S., & Click, B.A. (1994). *Essential skills in writing, speech and listening, and critical thinking for college graduates: Perspectives of faculty, employers, and policymakers*. University Park, PA: National Center on Post-secondary Teaching, Learning, and Assessment, The Pennsylvania State University.
- Kaewdang, R. (1999). *Learning for the New Century*. Retrieved January 19, 2010, from <http://www.edthai.com/reform/dec16a.htm>
- Keefe, J.W., & Walberg, H.J. (Eds.)(1992). *"Teaching for thinking."* Reston, VA: National Association of Secondary School Principles.
- Kuhn, D. (1999). A developmental model for critical thinking. *Educational Researcher*. 28(2): 16-25+46.
- Kurfiss, J.G. (1989). Helping faculty foster students' critical thinking in the disciplines. In A.F. Lucas (Ed.), *New directions for teaching and learning*. San Francisco: Jossey Bass.

- Lipman, M. (1988). Teaching critical thinking: What can it be? *Analytic Teaching*, 8: 5-12.
- _____. (1988a). *Critical thinking: What can be done?* (ERIC Document Reproduction Service No. ED352326).
- _____. (1991b). *Thinking in education*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- _____. (1995). Critical thinking-what can it be? In A. L. Ornstein & L. S. Behar (Eds.), *Contemporary issues in curriculum*. Boston, MA: Allyn & Bacon. self-directed thinking.
- Mallon, W.T. and Burnton, S. (2005). 'The Functions of Centers and Institutes in Academic Biomedical Research' *Analysis in Brief* 5(1), June 2005, Association of American Medical Colleges (AAME)
- Mansilla, V.B. and Gardner, H. (2005). 'Assessing interdisciplinary work at the frontier. An empirical exploration of 'symptoms of quality' *Rethinking Interdisciplinarity*, 2005 interdisciplines. Retrieved May 8, 2010, from <http://www.interdisciplines.org/interdisciplinarity/papers/6/3/1>
- Max-Neef, M.A. (2005). Commentary: Foundations of Transdisciplinarity. *Ecological Economics*, 53: 5-16.
- McPeck, J. (1981). *Critical Thinking and Education*. New York: St. Martin.s.
- Mertes, L. (1991). Thinking and writing. *Middle School Journal*, 22: 24-25.
- Miller, M.A., and Badcock, D.E. (1996). *Critical Thinking Applied to Nursing*. Missouri: Mosby-Tear Book.
- Moll, Ian. (1999). "Reclaiming the Natural Line in Vygotsky's Theory of Cognitive Development." *Lev Vygotsky: Critical Assessments*. Lloyd, Peter, Charles Fernyhough, eds. Routledge: New York. pp. 38-50
- Moore, B.N. and Parker, R. (1986) *Critical Thinking Evaluation Claims and Argument in Every Life*. California: Mayfield Publishing Co.
- Moseley, D., Baumfield, V., Elliott, J., Gregson, M., Higgins, S., Miller, J. et al. (2005). *Frameworks for thinking: A handbook for teaching and learning*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- NAEA (2002). Authentic connections: Interdisciplinary work in the arts. Consortium of national arts education associations. Reston, VA: The National Art Education Association. www.naea-reston.org/INTERart.pdf

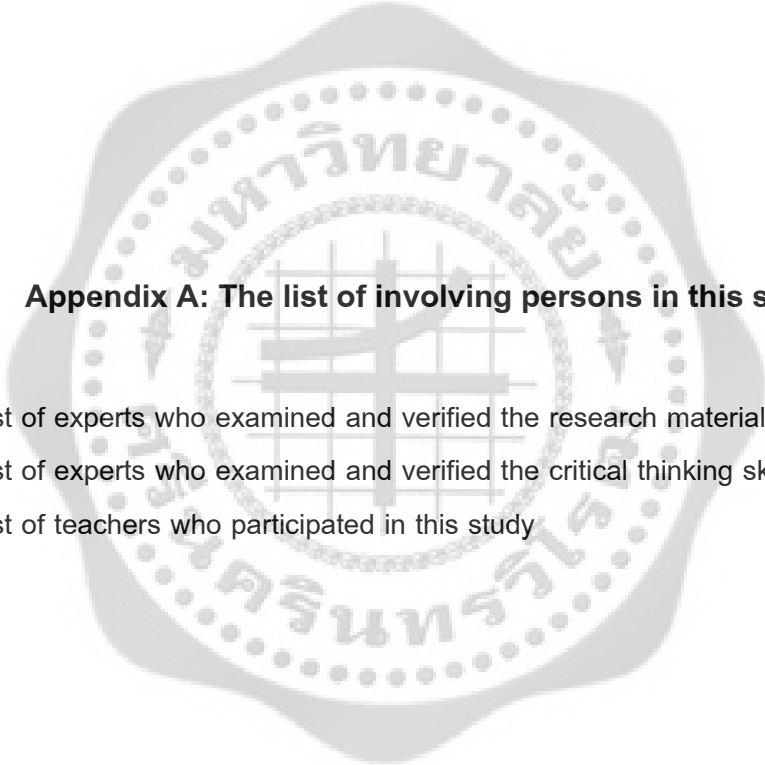
- Norris, S.P. (1985, May). "Synthesis of Research on Critical Thinking". *Educational Leadership*. 42: 40-45.
- Norris, S.P., & Ennis, R.H. (1989). *Evaluating critical thinking*. Pacific Grove, CA: Midwest Publications Critical Thinking Press.
- Nosich, G. (2005a). *Learning to think things through: A guide to critical thinking across the curriculum* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson-Prentice Hall.
- Office of The National Education Commission (ONEC): Thailand. (1999). *National Education Act of B.E. 2542*. Bangkok: Seven Printing Group.
- Palomba, C.A., & Banta, T.W. (1999). *Assessment essentials: Planning, implementing, and improving assessment in higher education*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Pascarella, E. and P. Terenzini (1991). *How college affects students: Findings and insights from twenty years of research*. San Francisco, CA, Jossey Bass.
- Paul, R. (1989). *Regarding a definition of critical thinking*. Paper presented at the International Conference on Critical Thinking and Educational Reform's 25th conference, Rohnert Park, CA, United states of Amerca.
- _____. (1990). *Critical thinking: What every person needs to survive in a rapidly changing world*. Rohnert Park, CA: Center for Critical Thinking and Moral Critique.
- _____. (1992c). *Critical thinking: What every person needs to survive in a rapidly changing world* (2nd ed.). Santa Rosa, CA: Foundation for Critical Thinking.
- _____. (1993a). *Critical Thinking: How to Prepare Students for a Rapidly Changing World* (J. Wilson & A.J.A. Binker, Eds). Santa Rosa: The Foundation for Critical Thinking.
- _____. (1993b). *Critical thinking: What every person needs to survive in a rapidly changing world* (J. Willsen & A. J. A. Binker, Eds.). Santa Rosa, CA: Foundation for Critical Thinking.
- _____. (1995a). *Critical thinking: How to prepare students for a rapidly changing world*. (J. Willsen & A.J.A. Binker, Eds.) Santa Rosa, CA: The Foundation for Critical Thinking.
- _____. (2005). Viewpoints. *Compass Points*, Fall 2005.
- Paul, R. & Elder, L. (2003). *A miniature guide to scientific thinking*. Dillon Beach, CA: Foundation for Critical Thinking.
- _____. (2006a). *Critical thinking: Tools for taking charge of your learning and your life* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hall.

- _____. (2006d). *The miniature guide to critical thinking concepts and tools* (4th ed.). Dillon Beach, CA: Foundation for Critical Thinking.
- Paul, R. & Nosich, G.M. (1991). *A proposal for the national assessment of higher-order thinking at the community college, college, and university levels*. Washington, DC: National Center for Education Statistics.
- Paul, R., Elder, L., & Bartell, T. (1997). *California teacher preparation for instruction in critical thinking: Research findings and policy recommendations*. Sacramento, CA: California Commission on Teacher Credentialing.
- Paul, R., Binker, A.J.A., Adamson, K., and Martin, D. (1987). *Critical Thinking Handbook: High School*. Rohnert Park, CA: Center for Critical Thinking and Moral Critique, Sonoma State University.
- Paul, R., Binker, A.J.A., Martin, D., & Andamson, K. (2008). *Critical thinking handbook: High school* (3rd ed.). Dillon Beach, CA: Foundation for Critical Thinking.
- Perkins, D. N. (1989). Reasoning as it is and could be: An empirical perspective. In D. M. Topping, D. S. Cromwell, & V. N. Kobayaski (Eds.), *Thinking across cultures: Third international conference on thinking (175-194)*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Plato. (2003). *The Last Days of Socrates*. (H. Tredennick & H. Tarrant, Trans.). New York: Penguin Classics.
- Potts & Bonnie. (1994). *Strategies for Teaching Critical Thinking*. (ERIC Clearinghouse on Assessment and Evaluation Washington DC).
- Presseisen, B. (1991). Thinking skills: Meanings and models revisited. In A. Costa (Ed.) *Developing minds: A resource book for teaching thinking*. (p.62), Alexandria, VA: ASCD.
- Repko. (2009). *Assessing Interdisciplinary Learning Outcomes*. Retrieved September 1, 2011, from http://www.uta.edu/ints/faculty/REPKO_Outcomes_AEQ.pdf
- Schafersman, S. (1991). *An Introduction to Critical Thinking*. Retrieved July 21, 2010, from <http://www.freeinquiry.com/critical-thinking.html>
- _____. (1994). *An Introduction to Science: Scientific Thinking and the Scientific Method*. Retrieved July 21, 2010, from <http://www.freeinquiry.com/intro-to-sci.html>
- _____. (1997). *An introduction to science: Scientific thinking and the scientific method* (pp. 1-7). Retrieved April 17, 2010, from University of Miami Web site: <http://geoweb.tamu.edu/courses/geol641/docs/ScientificMethod.pdf>
- Scheffler, I. (1973). *Reason and teaching*. New York: Bobbs-Merrill Company.

- Scriven, M. (1985). Critical for survival. *National Forum*, 55: 9-12.
- Shaul, R. (1998). Introduction. *Pedagogy of the oppressed* (3rd ed.). New York: Continuum.
- Siegel, H. (1988). *Educating Reason: Rationality, Critical Thinking and Education*. New York: Routledge.
- _____. (1990). *Educating reason: Rationality, critical thinking and education*. New York: Routledge.
- Squires, G. (1992). Interdisciplinarity in Higher Education in the United Kingdom. *European Journal of Education*, 27(3): 201-210.
- Staples, Hilary. (2005). "The Integration of Biomimicry as a Solution-Oriented Approach to the Environmental Science Curriculum for High School Students." Retrieved July 28, 2011, from http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/1b/c2/3d.pdf.
- Sternberg, R. (1987). Questions and answers about the nature and teaching of thinking skills. In J. Baron & R. J. Sternberg (Eds.), *Teaching thinking skills: Theory and practice* (pp. 251-259). New York: W.H. Freeman and Co.
- Swartz, R. (1987). Teaching for thinking: A developmental model for the infusion of thinking skills into mainstream instruction. In J. Baron & R. J. Sternberg (Eds.), *Teaching thinking skills: Theory and practice* (pp. 106-126). New York: W.H. Freeman.
- Swartz, R., & Fischer, S.D. (2001). Teaching thinking in science. In A. L. Costa (Ed.), *Developing minds: A resource book for teaching thinking* (3rd ed., pp. 303-309). Alexandria, VA: ASCD.
- Tama, M. C. (1989). *Critical Thinking: Promoting It in the Classroom*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED306554). Retrieved April 14, 2010, from ERIC database.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2004). *National Science Curriculum Standards: The Basic Education Curriculum B.E. 2544*. Bangkok: IPST.
- Tishman, S. & Andrade, A. (n.d.). *Thinking dispositions: A review of current theories, practices, and issues*. Retrieved April 15, 2010, from <http://learnweb.harvard.edu/alps/thinking/docs/Dispositions.htm>

- Tishman, S., Perkins, D., & Jay, E. (1995). *The thinking classroom: Learning and teaching in a culture of thinking*. Boston: Allyn and Bacon.
- Tomlinson, C. (2003). *Fulfilling the promise of the differentiated classroom: Strategies and tools for responsive teaching*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Toynton, R. (2005). Degrees of disciplinarity in equipping students in higher education for engagement and success in lifelong learning. *Active Learning in Higher Education*, 6, 2, 106-117.
- University of New Hampshire. (2004). 'Definition of Interdisciplinary Work'. Retrieved May 8, 2010, from <http://ceinfo.unh.edu/AboutUs/Workdef.pdf>. Source: PAST Recommendations – March 2, 2004.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The Development of Higher Mental Processes*. Cambridge, MA, Harvard University Press.
- Williams, R. L., Oliver, R., Allin, J. L., Winn, B., & Booher, C. S. (2003). Psychological critical thinking as a course predictor and outcome variable. *Teaching of Psychology*, 30: 220-223.
- Willingham, D. T. (2007). Critical thinking: Why is it so hard to teach? *American Educator*, 31(2): 8-19.
- Wisnyai, S.A. (1988). *Effect of insight training on the critical thinking skills of gifted students in biology*. Unpublished doctoral dissertation, The Ohio State University, Columbus.
- Wood, D., Bruner, J., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry*, 17: 89-100.
- Wright, I. (1995). Making critical thinking possible: Options for teachers. *Social Education*, 59 (3): 139-143.
- Young, R.E. (1980). Editor's notes: Critical thinking – A renewed interest. In R.E. Young (Volume Ed.), K.E. Eble & J. Noonan (Series Eds.) *New Directions for Teaching and Learning: Fostering Critical Thinking* (No. 3, vii-xiii). San Francisco: Jossey-Bass.
- Youngblood, Dawn. (2007). "Interdisciplinary Studies and the Bridging Disciplines: A Matter of Process." *Journal of Research Practice*, v.3, i.2.





Appendix A: The list of involving persons in this study

- A1 The list of experts who examined and verified the research materials
- A2 The list of experts who examined and verified the critical thinking skills test
- A3 The list of teachers who participated in this study

A1 The list of experts who examined and verified the research materials

This is a list of three experts who examined and verified the research materials including the draft lesson plans, overall of the draft unit, consistency of the draft unit, and consistency of the achievement test. The details of each expert were presented in TABLE 19.

TABLE 19 LIST OF EXPERTS FOR VERIFY AND EXAMINING THE DRAFT UNIT

Name	Status	Qualifications
1. Dr. Wanphen Pratoomtong	- Lecturer - Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Srinakharintarawiroth University	Ed. D. (Science Education)
2. Dr. Suwit Khongpugdee	- Lecturer - Department of Physics, Faculty of Science, Thaksin University	Ed. D. (Science Education)
3. Wanlop Khongna	- Earth science teachers at the Mahidol Wittayasusorn School	M.Sc. (Chemistry)

A2 The list of experts who examined and verified the critical thinking skills test

This is a list of three experts who examined and verified the critical thinking skills test. The details of each expert were presented in TABLE 20.

TABLE 20 LIST OF EXPERTS FOR VERIFY AND EXAMINING THE CRITICAL THINKING SKILLS TEST

Name	Status	Qualifications
1. Dr. Tepporn Lomarak	- Lecturer - Faculty of Education at Buriram Rajabhat University.	Ed. D. (Science Education)
2. Dr. Skonchai Chanunan	- Lecturer - Department of Education, Faculty of Education at Naresuan University	Ed. D. (Science Education)
3. Dr. Washirasorn Saengsuwan	- Lecturer - Head of Science Program, School of Education, Suan Sunandha Rajabhat University	Ed. D. (Science Education)

A3 The list of teachers who participated in this study

The list of two participating teachers who involved in this study was teachers at the lower secondary School. The details of the participating teachers were described as in TABLE 21.

TABLE 21 GENERAL INFORMATION REGARDING PARTICIPATING TEACHERS IN THE FIRST SEMESTER, 2013 ACADEMIC YEAR

Name	Status	Qualifications
1. Sukontha Pothong	Science teacher at Kohsira School	B.Ed. (Science)
2. Nisa Punlapa	Science teacher at Banthongkha School	M.S. (Physics)

**Appendix B: The results of evaluation on quality of
the research materials by the experts**

- B.1 The results of evaluation on appropriateness of the draft lesson plan
- B.2 The results of IOC evaluation on the unit components
- B.3 The results of evaluation on IOC, p value and D value of achievement
test items

B.1 The results of evaluation on appropriateness of the draft lesson plan

TABLE 22 THE RESULTS OF EVALUATION ON THE APPROPRIATENESS OF
THE DRAFT LESSON PLANS

List of Evaluation	N = 3					Level of appropriateness
	E ₁	E ₂	E ₃	Mean	S.D.	
Lesson plan 1: Atmosphere that enveloped the world						
1. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of unit.	4	4	4	4.00	0.00	High
2. The activities were appropriate for enhancing students' critical thinking skills.	4	5	4	4.33	0.58	High
3. The activities were appropriate for enhancing students' achievement	4	4	5	4.33	0.58	High
4. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process.	5	4	4	4.33	0.58	High
5. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process.	4	4	4	4.00	0.00	High
Lesson plan 2: The graph tells relations climate						
1. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of unit.	4	4	4	4.00	0.00	High
2. The activities were appropriate for enhancing students' critical thinking skills.	4	4	4	4.00	0.00	High
3. The activities were appropriate for enhancing students' achievement	5	4	4	4.33	0.58	High

TABLE 22 (continued)

List of Evaluation	N = 3					Level of appropriateness
	E ₁	E ₂	E ₃	Mean	S.D.	
Lesson plan 2: (continue)						
4. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process..	4	4	5	4.33	0.58	High
5. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process.	4	4	4	4.00	0.00	High
Lesson plan 3: Glaciers disappear						
1. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of unit.	4	4	4	4.00	0.00	High
2. The activities were appropriate for enhancing students' critical thinking skills.	4	4	4	4.00	0.00	High
3. The activities were appropriate for enhancing students' achievement	4	4	4	4.00	0.00	High
4. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process.	5	4	4	4.33	0.58	High
5. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process.	4	4	4	4.00	0.00	High
Lesson plan 4 Ocean currents						
1. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of unit.	4	4	4	4.00	0.00	High
2. The activities were appropriate for enhancing students' critical thinking skills.	4	4	4	4.00	0.00	High
3. The activities were appropriate for enhancing students' achievement	5	4	4	4.33	0.58	High

TABLE 22 (continued)

List of Evaluation	N = 3					Level of appropriateness
	E ₁	E ₂	E ₃	Mean	S.D.	
Lesson plan 4: (continue)						
4. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process..	4	4	4	4.00	0.00	High
5. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process.	4	4	4	4.00	0.00	High
Lesson plan 5: Back in time with the ice bar						
1. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of unit.	4	4	4	4.00	0.00	High
2. The activities were appropriate for enhancing students' critical thinking skills.	4	4	4	4.00	0.00	High
3. The activities were appropriate for enhancing students' achievement	4	4	4	4.00	0.00	High
4. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process..	5	4	4	4.33	0.58	High
5. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process.	4	4	4	4.00	0.00	High
Lesson plan 6: Life in the greenhouse						
1. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of unit.	4	4	4	4.00	0.00	High
2. The activities were appropriate for enhancing students' critical thinking skills.	4	5	4	4.33	0.58	High
3. The activities were appropriate for enhancing students' achievement.	4	4	4	4.00	0.00	High

TABLE 22 (continued)

List of Evaluation	N = 3					Level of appropriateness
	E ₁	E ₂	E ₃	Mean	S.D.	
Lesson plan 6: (continued)						
4. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process.	4	4	4	4.00	0.00	High
5. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process.	4	4	4	4.00	0.00	High
Lesson plan 7: Carbon footprint						
1. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of unit.	4	4	5	4.33	0.58	High
2. The activities were appropriate for enhancing students' critical thinking skills.	4	4	4	4.00	0.00	High
3. The activities were appropriate for enhancing students' achievement	4	4	4	4.00	0.00	High
4. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process..	4	4	4	4.00	0.00	High
5. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process.	4	4	4	4.00	0.00	High
Lesson plan 8: Biome and climate change						
1. The teaching-learning processes were appropriate for the goal of unit.	4	4	4	4.00	0.00	High
2. The activities were appropriate for enhancing students' critical thinking skills.	4	4	4	4.00	0.00	High

TABLE 22 (continued)

List of Evaluation	N = 3					Level of appropriateness
	E ₁	E ₂	E ₃	Mean	S.D.	
Lesson plan 8: (continue)						
3. The activities were appropriate for enhancing students' achievement	4	4	4	4.00	0.00	High
4. The instructional materials were appropriate for the teaching-learning process..	5	4	4	4.33	0.58	High
5. The assessment and evaluation were appropriate for the teaching-learning process.	4	4	4	4.00	0.00	High

B.2 The results of IOC evaluation on the unit components

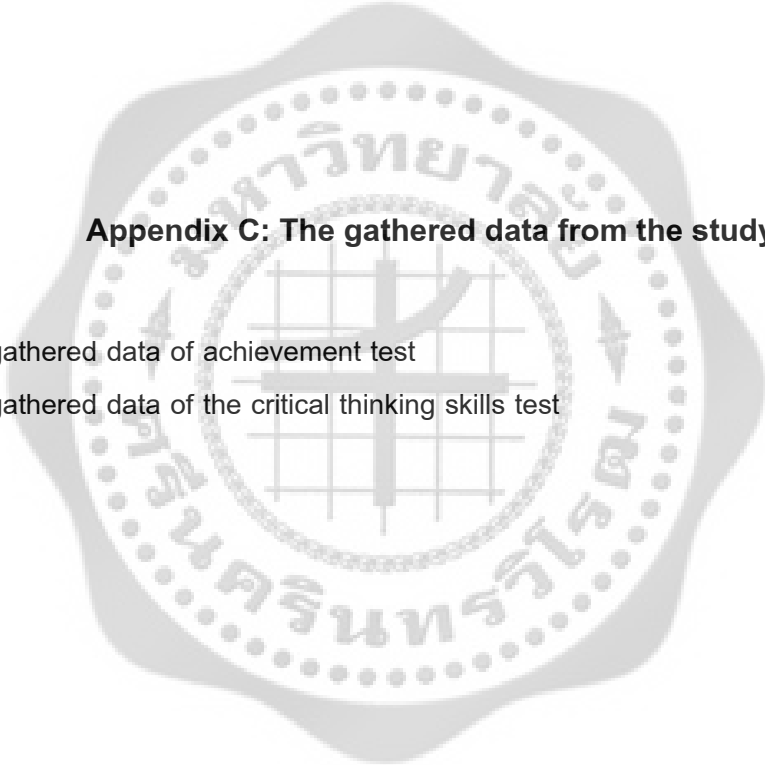
TABLE 23 THE UNIT CONSISTENCY EVALUATION

The item consideration	N = 3					Interpretation
	E ₁	E ₂	E ₃	IOC	S.D.	
1. The unit goal with the instructional plan.	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
2. The unit goal with the content of unit.	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
3. The unit goal with the assessment and evaluation	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
4. The content of unit with the teaching-learning process	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
5. The teaching-learning process with instructional materials	1	0	1	0.67	0.58	Consistent
6. The learning activities with learning content	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
7. The learning unit with critical thinking skills	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
8. The learning unit with interdisciplinary approach.	1	1	1	1.00	0.00	Consistent
9. The learning unit with learning media.	0	1	1	0.67	0.58	Consistent
10. the assessment and evaluation with critical thinking skills.	1	1	1	1.00	0.00	Consistent

**B.3 The results of evaluation on IOC, p value and
D value of achievement test items**

TABLE 24 THE RESULTS' EVALUATION OF THE ACHIEVMENT TEST

No.	IOC	p	D	Note	No.	IOC	p	D	Note
1	1.00	0.78	0.25	Can be use-1	31	1.00	0.02	-0.05	
2	0.34	0.83	0.15		32	0.67	0.55	0.20	Can be use-23
3	1.00	0.88	0.15		33	1.00	0.68	0.15	
4	1.00	0.35	0.30	Can be use-2	34	1.00	0.38	0.15	Can be use-24
5	1.00	0.60	0.20	Can be use-3	35	1.00	0.68	0.45	Can be use-25
6	0.67	0.60	0.40	Can be use-4	36	1.00	0.80	0.20	
7	0.67	0.23	0.45	Can be use-5	37	0.67	0.65	0.20	Can be use-26
8	1.00	0.80	0.00		38	1.00	0.60	0.30	Can be use-27
9	1.00	1.00	0.00		39	0.67	0.33	-0.25	
10	1.00	0.80	0.30	Can be use-6	40	1.00	0.35	0.20	Can be use-28
11	1.00	0.35	0.20	Can be use-7	41	1.00	0.65	0.20	Can be use-29
12	1.00	0.75	0.20	Can be use-8	42	1.00	0.23	0.15	
13	0.67	0.68	0.35	Can be use-9	43	1.00	0.65	0.20	Can be use-30
14	1.00	0.77	0.25	Can be use-10	44	0.67	0.20	0.30	Can be use-31
15	1.00	0.80	0.40	Can be use-11	45	0.67	0.85	0.30	
16	1.00	0.75	0.20	Can be use-12	46	1.00	0.85	0.00	
17	1.00	1.00	0.00		47	1.00	0.45	0.30	Can be use-32
18	0.67	0.68	0.05		48	1.00	0.80	0.40	Can be use-33
19	1.00	0.80	0.20	Can be use-13	49	1.00	0.98	0.05	
20	1.00	0.33	0.35	Can be use-14	50	1.00	0.80	0.20	Can be use-34
21	1.00	0.78	0.25	Can be use-15	51	1.00	0.80	0.30	Can be use-35
22	1.00	0.80	0.20	Can be use-16	52	1.00	1.00	0.00	
23	1.00	0.78	0.25	Can be use-17	53	1.00	0.50	0.20	Can be use-36
24	1.00	0.75	0.20		54	0.67	0.88	0.15	
25	1.00	0.75	0.10		55	1.00	0.65	0.20	Can be use-37
26	1.00	0.48	0.25	Can be use-18	56	1.00	0.63	0.05	
27	1.00	0.80	0.20	Can be use-19	57	0.67	0.20	0.30	Can be use-38
28	1.00	0.68	0.65	Can be use-20	58	1.00	0.90	0.20	
29	0.67	0.33	0.25	Can be use-21	59	1.00	0.38	0.35	Can be use-39
30	0.67	0.80	0.40	Can be use-22	60	1.00	0.75	0.20	Can be use-40



Appendix C: The gathered data from the study

C.1 The gathered data of achievement test

C.2 The gathered data of the critical thinking skills test

C.1 The gathered data on student's achievement test

TABLE 25 THE STUDENTS' ACHIVEMENT SCORE BEFORE AND AFTER USIGN
THE UNIT IN PILOT STUDY GROUP

Students	Before using the unit (40 items)	After using the unit (40 items)	Students	Before using the unit (40 items)	After using the unit (40 items)
1	15	23	21	15	33
2	6	19	22	7	21
3	14	28	23	3	16
4	13	25	24	17	32
5	6	22	25	8	19
6	18	32	26	16	26
7	9	23	27	12	28
8	14	25	28	14	30
9	15	28	29	17	29
10	5	18	30	7	22
11	13	24	31	9	25
12	7	20	32	13	21
13	11	18	33	14	30
14	14	19	34	6	18
15	16	22	35	15	30
16	8	18			
17	13	28			
18	14	26			
19	16	30			
20	7	22			

TABLE 26 THE STUDENTS' ACHIVEMENT SCORE BEFORE AND AFTER USING
THE UNIT IN EXPERIMENTAL GROUP

Students	Before using the unit (40 items)	After using the unit (40 items)	Students	Before using the unit (40 items)	After using the unit (40 items)
1	17	35	21	5	26
2	12	26	22	16	29
3	8	27	23	20	35
4	5	24	24	7	27
5	8	27	25	5	22
6	8	28	26	6	28
7	13	27	27	7	25
8	13	30	28	10	26
9	12	28	29	19	36
10	18	31	30	7	27
11	15	29	31	20	33
12	10	27	32	16	24
13	18	27	33	20	34
14	17	30	34	4	27
15	13	26	35	13	29
16	5	25	36	11	28
17	18	26	37	12	29
18	16	25	38	21	27
19	3	19			
20	18	29			

TABLE 27 THE STUDENTS' ACHIVEMENT SCORE BEFORE AND AFTER USING
THE UNIT IN CONTROL GROUP

Students	Before using the unit (40 items)	After using the unit (40 items)	Students	Before using the unit (40 items)	After using the unit (40 items)
1	11	13	21	11	14
2	11	14	22	13	20
3	10	12	23	18	20
4	9	11	24	11	12
5	10	19	25	18	19
6	8	10	26	11	15
7	15	18	27	22	24
8	6	8	28	13	14
9	15	17	29	15	20
10	16	17	30	13	16
11	13	16	31	21	26
12	13	16	32	5	11
13	16	17	33	15	16
14	7	10	34	8	15
15	17	25	35	12	18
16	19	24	36	16	19
17	20	25	37	9	13
18	10	14	38	15	19
19	11	13	39	16	15
20	14	12	40	7	9

C.2 The gathered data of the critical thinking skills test

TABLE 28 THE STUDENTS' CRITICAL THINKING SKILLS SCORE BEFORE AND AFTER USING THE UNIT IN PILOT STUDY GROUP

Students	Before using the unit					After using the unit				
	Induction (23 items)	Credibility of sources & observation (24 items)	Deduction (14 items)	Assumption Identification (10 items)	Total (71 items)	Induction (23 items)	Credibility of sources & observation (24 items)	Deduction (14 items)	Assumption Identification (10 items)	Total (71 items)
1	7	12	10	8	37	15	20	12	10	57
2	11	9	4	6	30	19	17	9	9	54
3	10	5	5	4	24	20	16	10	9	55
4	10	8	3	4	25	19	18	9	8	54
5	13	6	7	1	27	21	20	11	7	59
6	14	7	3	3	27	19	19	8	8	54
7	11	8	3	6	28	18	19	8	9	54
8	7	10	5	4	26	16	19	10	8	53
9	14	8	5	1	28	20	20	10	6	56
10	8	8	3	5	24	18	17	9	8	52
11	9	3	4	8	24	17	19	9	8	53
12	6	12	3	4	25	18	15	8	8	49
13	12	12	8	3	35	20	19	10	8	57
14	12	4	8	3	27	19	17	10	7	53
15	4	9	7	4	24	15	18	11	9	53
16	8	9	3	3	23	18	18	10	8	54
17	9	9	11	1	30	19	17	12	7	55
18	4	7	2	3	16	16	17	8	7	48
19	9	10	10	3	32	17	19	9	7	52
20	8	10	11	1	30	18	19	12	7	56

TABLE 28 (Continued)

Students	Before using the unit						After using the unit				
	Induction (23 items)	Credibility of sources & observation (24 items)	Deduction (14 items)	Assumption Identification (10 items)	Total (71 items)		Induction (23 items)	Credibility of sources & observation (24 items)	Deduction (14 items)	Assumption Identification (10 items)	Total (71 items)
21	6	8	1	6	21		17	18	8	9	52
22	11	4	4	2	21		19	17	8	8	52
23	6	6	4	1	17		15	17	8	7	47
24	13	14	7	3	37		18	20	9	7	54
25	8	5	8	1	22		16	15	10	7	48
26	16	11	5	2	34		19	18	9	8	54
27	12	9	8	1	30		18	19	10	7	54
28	15	9	8	1	33		20	18	11	6	55
29	7	8	8	5	28		15	17	10	9	51
30	12	8	8	3	31		19	18	11	7	55
31	10	9	7	5	31		18	19	10	9	56
32	12	9	9	6	36		19	18	12	9	58
33	12	11	3	4	30		17	20	9	8	54
34	14	12	4	4	34		20	19	10	8	57
35	10	9	3	5	27		16	18	9	9	52

TABLE 29 THE STUDENTS' CRITICAL THINKING SKILLS SCORE BEFORE AND AFTER USING THE UNIT IN EXPERIMENTAL GROUP

Students	Before using the unit					After using the unit				
	Induction (23 items)	Credibility of sources & observation (24 items)	Deduction (14 items)	Assumption Identification (10 items)	Total (71 items)	Induction (23 items)	Credibility of sources & observation (24 items)	Deduction (14 items)	Assumption Identification (10 items)	Total (71 items)
1	8	8	5	1	22	19	18	11	7	55
2	8	15	5	3	31	18	21	10	8	57
3	12	10	8	6	36	19	19	12	9	59
4	13	10	8	6	37	20	20	10	8	58
5	14	12	4	2	32	19	21	9	6	55
6	8	8	8	3	27	18	19	10	7	54
7	4	11	5	3	23	17	19	8	7	51
8	6	16	5	3	30	17	21	9	7	54
9	9	8	7	2	26	18	20	10	8	56
10	13	9	6	3	31	19	18	10	8	55
11	11	8	5	3	27	20	17	10	7	54
12	14	9	7	2	32	20	18	11	7	56
13	8	10	3	4	25	18	19	9	8	54
14	7	9	4	4	24	17	17	9	6	49
15	6	14	3	2	25	17	20	9	7	53
16	9	12	4	3	28	18	20	10	6	54
17	8	9	5	4	26	18	19	9	8	54
18	5	4	6	5	20	17	16	10	9	52
19	13	8	5	5	31	20	17	11	8	56
20	9	8	7	5	29	17	18	10	8	53

TABLE 29 (Continued)

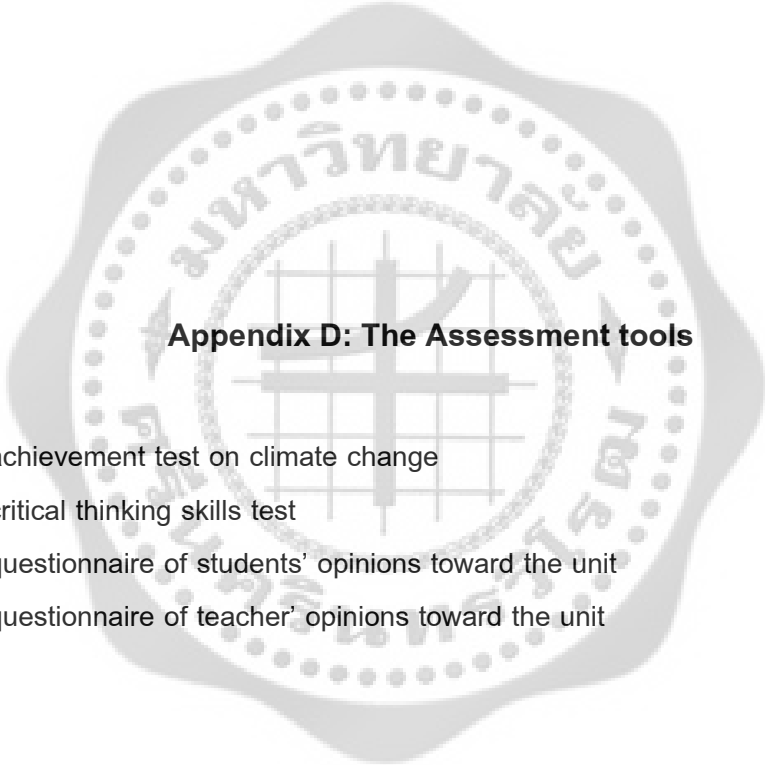
Students	Before using the unit					After using the unit				
	Induction (23 items)	Credibility of sources & observation (24 items)	Deduction (14 items)	Assumption Identification (10 items)	Total (71 items)	Induction (23 items)	Credibility of sources & observation (24 items)	Deduction (14 items)	Assumption Identification (10 items)	Total (71 items)
21	8	10	4	7	29	17	19	9	9	54
22	10	7	7	5	29	19	16	10	8	53
23	10	16	7	2	35	18	22	11	7	58
24	8	15	6	5	34	16	20	11	9	56
25	14	12	8	3	37	21	21	12	7	61
26	10	10	5	1	26	19	19	10	7	55
27	11	8	6	2	27	20	18	9	8	55
28	12	14	6	3	35	20	21	10	9	60
29	7	9	4	3	23	17	18	9	7	51
30	8	11	4	3	26	17	20	10	8	55
31	6	10	4	4	24	17	19	9	8	53
32	7	6	7	3	23	18	17	11	8	54
33	11	9	5	2	27	20	19	8	7	54
34	11	6	6	5	28	19	17	11	8	55
35	13	12	3	2	30	21	20	10	7	58
36	11	6	6	2	25	19	16	9	6	50
37	7	11	4	2	24	16	19	8	6	49
38	12	11	1	4	28	20	21	9	8	58

TABLE 30 THE STUDENTS' CRITICAL THINKING SKILLS SCORE BEFORE AND AFTER USING THE UNIT IN CONTROL GROUP

Students	Before using the unit					After using the unit				
	Induction (23 items)	Credibility of sources & observation (24 items)	Deduction (14 items)	Assumption Identification (10 items)	Total (71 items)	Induction (23 items)	Credibility of sources & observation (24 items)	Deduction (14 items)	Assumption Identification (10 items)	Total (71 items)
1	7	11	3	4	25	6	11	10	8	35
2	7	6	2	2	17	9	7	3	4	23
3	13	9	2	4	28	10	7	3	6	26
4	7	12	4	3	26	8	8	3	5	24
5	7	8	5	3	23	11	11	8	3	33
6	9	8	4	3	24	7	9	3	3	22
7	6	4	3	2	15	8	10	10	3	31
8	10	9	5	3	27	10	4	4	2	21
9	8	3	5	2	18	7	5	8	1	21
10	7	9	5	3	24	15	9	8	1	33
11	6	9	6	1	22	10	9	7	5	31
12	9	10	2	4	25	14	12	4	4	34
13	11	14	9	1	35	8	15	5	3	31
14	8	13	3	1	25	14	12	4	2	32
15	10	10	5	3	28	6	16	5	3	30
16	11	9	4	6	30	11	8	5	3	27
17	14	7	3	3	27	7	9	4	4	24
18	8	8	3	5	24	8	9	5	4	26
19	12	4	8	3	27	9	8	7	5	29
20	4	7	2	3	16	10	16	7	2	35

TABLE 30 (continued)

Students	Before using the unit					After using the unit				
	Induction (23 items)	Credibility of sources & observation (24 items)	Deduction (14 items)	Assumption Identification (10 items)	Total (71 items)	Induction (23 items)	Credibility of sources & observation (24 items)	Deduction (14 items)	Assumption Identification (10 items)	Total (71 items)
21	11	4	4	2	21	10	10	5	1	26
22	11	16	5	2	34	7	9	4	3	23
23	12	8	8	3	31	7	5	7	3	22
24	14	12	4	4	34	13	12	3	2	30
25	12	10	8	6	36	12	11	1	4	28
26	4	11	5	3	23	13	9	2	4	28
27	11	8	5	3	27	9	8	4	3	24
28	6	14	3	2	25	8	2	5	2	17
29	13	8	5	5	31	9	10	2	4	25
30	10	16	7	2	35	10	10	5	3	28
31	11	8	6	2	27	10	5	5	4	24
32	6	10	4	4	24	7	10	5	4	26
33	13	12	3	2	30	12	12	8	3	35
34	7	11	3	4	25	4	7	2	3	16
35	7	8	5	3	23	6	6	4	1	17
36	8	3	5	2	18	15	9	8	1	33
37	11	14	9	1	35	12	11	3	4	30
38	8	10	4	6	28	12	10	8	6	36
39	8	15	5	3	31	6	16	5	3	30
40	7	8	8	5	28	8	10	3	4	25



Appendix D: The Assessment tools

- D.1 The achievement test on climate change
- D.2 The critical thinking skills test
- D.3 The questionnaire of students' opinions toward the unit
- D.4 The questionnaire of teacher' opinions toward the unit

D.1 The achievement test on climate change

แบบทดสอบก่อนเรียนเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มัธยมศึกษาปีที่ 1

คำชี้แจง เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การตรวจสอบปริมาณสารพิษในอากาศจากแหล่งต่างๆ ข้อใดสรุปไม่เป็นความจริง
 - 1) สารประกอบไฮโดรคาร์บอนเกิดจากการขนส่งคมนาคมมากที่สุด
 - 2) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดจากโรงไฟฟ้ามากที่สุด
 - 3) ฝุ่นละอองเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมมากที่สุด
 - 4) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เกิดจากคมนาคมมากที่สุด
2. บรรยากาศชั้นใดที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตมากที่สุด

1) โทรโพสเฟียร์	2) ไอโอโนสเฟียร์
3) สตราโตสเฟียร์	4) เมโซสเฟียร์
3. ส่วนประกอบของอากาศที่มีปริมาณมากที่สุดคืออะไร

1) ก๊าซไนโตรเจน	2) ก๊าซออกซิเจน
3) ก๊าซอาร์กอน	4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
4. ข้อใดไม่ใช่ การทดลองที่แสดงว่ามีไอน้ำอยู่ในอากาศ
 - 1) เอน้ำแข็งใส่แก้ว ตั้งทิ้งไว้สักครู่จะมีหยดน้ำมาเกาะรอบๆ แก้ว
 - 2) เอาครอบแก้วครอบต้นไม้ แล้วมีไอน้ำเกาะที่ผิวแก้วด้านใน
 - 3) นำเกลือใส่ถ้วยทิ้งไว้ 1 คืน เกลือจะขึ้น
 - 4) นำจุนสีเสตตั้งทิ้งไว้ในอากาศ สีขาวจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้า

5. การป้องกันไม่ให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากปรากฏการณ์เรือนกระจก วิธีใดดีที่สุด
 - 1) ลดการใช้เชื้อเพลิงให้น้อยลง
 - 2) ตูรายการโทรทัศน์ให้น้อยลง
 - 3) จดเดินในห้างสรรพสินค้าที่มีเครื่องปรับอากาศ
 - 4) ปลุกผักสวนครัวไว้ทุกบ้าน

6. ถ้าโลกเราไม่มีอากาศห่อหุ้ม อุณหภูมิในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนจะเป็นอย่างไร
 - 1) อุณหภูมิช่วงกลางวันสูงมาก ช่วงกลางคืนต่ำมาก
 - 2) อุณหภูมิช่วงกลางวันและช่วงกลางคืนเท่ากัน
 - 3) อุณหภูมิช่วงกลางวันต่ำมาก ช่วงกลางคืนสูงมาก
 - 4) อุณหภูมิช่วงกลางวันและช่วงกลางคืนคงที่

7. แก๊สที่มีมากที่สุดในอากาศคือข้อใด
 - 1) ออกซิเจน
 - 2) คาร์บอนไดออกไซด์
 - 3) อาร์กอน
 - 4) ไนโตรเจน

8. เมื่อระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น ในช่วงความสูง 10 กิโลเมตรแรก ความหนาแน่น ความดัน และอุณหภูมิ ของอากาศเปลี่ยนแปลงอย่างไร
 - 1) ความหนาแน่น ความดัน และอุณหภูมิ ลดลง
 - 2) ความหนาแน่น ความดัน และอุณหภูมิ เพิ่มขึ้น
 - 3) ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ความดัน และอุณหภูมิลดลง
 - 4) ความหนาแน่นและความดันเพิ่มขึ้น อุณหภูมิลดลง

9. ปรากฏการณ์เรือนกระจก เป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น แก๊สที่ทำให้เกิดชั้นเรือนกระจกมากที่สุดคือแก๊สชนิดใด
 - 1) แก๊สโอโซน (O_3)
 - 2) แก๊สมีเทน (CH_4)
 - 3) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)
 - 4) แก๊สไฮโดรเจน (H_2)

ใช้ตารางต่อไปนี้ ตอบคำถาม ข้อ 10 – 12

ส่วนประกอบของอากาศ	ปริมาณ (ร้อยละโดยปริมาตร)
A	0.93
B	0.01
C	0.03
D	78.08
E	20.95

10. ก๊าซ A คือก๊าซชนิดใด

- 1) ก๊าซไนโตรเจน
- 2) ก๊าซอาร์กอน
- 3) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- 4) ก๊าซออกซิเจน

11. ก๊าซใดที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสง

- 1) ก๊าซ A
- 2) ก๊าซ B
- 3) ก๊าซ C
- 4) ก๊าซ E

12. ก๊าซใดที่จำเป็นต่อการหายใจของมนุษย์

- 1) ก๊าซ A
- 2) ก๊าซ B
- 3) ก๊าซ C
- 4) ก๊าซ E

13. โรงไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงก่อให้เกิดสารพิษอะไรมากที่สุด

- 1) ฝุ่นละออง
- 2) ไฮโดรคาร์บอน
- 3) คาร์บอนไดออกไซด์
- 4) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

14. สาร CFC ส่งผลร้ายต่อสิ่งมีชีวิตในระดับพื้นดินเนื่องจากอะไร

- 1) ก๊าซออกซิเจนลดลง
- 2) รังสีอัลตราไวโอเลตน้อยลง
- 3) รังสีอัลตราไวโอเลตมากขึ้น
- 4) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มขึ้น

15. การที่อุณหภูมิของบรรยากาศภายในโลกร้อนขึ้นทุกปีและมักไม่เป็นไปตามฤดูกาล นักวิทยาศาสตร์สันนิษฐานว่ามาจากสาเหตุใด

- 1) ป่าไม้มีปริมาณลดลง
- 2) โลกหมุนรอบตัวเองเร็วขึ้น
- 3) โลกเคลื่อนที่เข้าใกล้ดวงอาทิตย์มากขึ้น
- 4) การเพิ่มปริมาณของก๊าซบางชนิดที่ได้จากแหล่งอุตสาหกรรม

16. อะไรเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิของโลกเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก
- 1) การทดลองนิวเคลียร์
 - 2) การเผาทำลายบ่อน้ำมัน
 - 3) การทำกิจกรรมของมนุษย์
 - 4) การเกิดพิบัติภัยธรรมชาติ
17. วิธีการใดที่ช่วยให้อากาศที่อยู่ล้อมรอบตัวเรามีคุณภาพดีขึ้น
- 1) ลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง
 - 2) เพิ่มพื้นที่ป่าไม้ให้มากขึ้น
 - 3) ผลิตแก๊สออกซิเจนปล่อยสู่อากาศ
 - 4) สร้างโรงไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์
18. ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระดับน้ำทะเลของโลกในอนาคตมีแนวโน้มเป็นอย่างไร
- 1) อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น
 - 2) อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ระดับน้ำทะเลลดลง
 - 3) อุณหภูมิลดลง ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น
 - 4) อุณหภูมิลดลง ระดับน้ำทะเลลดลง
19. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับธารน้ำแข็ง
- 1) เกิดจากแม่น้ำลำธารเกิดการแข็งตัวในฤดูหนาว
 - 2) เป็นก้อนน้ำแข็งขนาดใหญ่ที่กลิ้งตกลงมาจากภูเขาน้ำแข็ง
 - 3) เกิดจากหิมะที่ตกลงมาแล้วสะสมกันจนหนา แล้วเกิดการเคลื่อนตัวลงมาอย่างช้า ๆ
 - 4) เป็นก้อนน้ำแข็งที่ไหลไปตามกระแสน้ำเย็นในมหาสมุทร
20. สิ่งที่มีผลต่อความเร็วของการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งคืออะไร
- 1) สภาพความลาดเอียงของภูมิประเทศ
 - 2) ขนาดน้ำหนักของธารน้ำแข็ง
 - 3) อุณหภูมิธารน้ำแข็ง
 - 4) ถูกทุกข้อ
21. พิจารณาข้อความต่อไปนี้
- ก. ลมที่พัดผ่านกระแสน้ำอุ่นมาสู่ผืนดินที่เย็นกว่าจะทำให้ความชื้นบนผืนดินเพิ่มขึ้นจนเกิดเป็นฝน
- ข. ลมที่พัดผ่านกระแสน้ำเย็นไปยังทวีปที่อุ่นจะทำให้อากาศแห้ง
- ค. บริเวณที่กระแสน้ำอุ่นกับกระแสน้ำเย็นไหลมาบรรจบกันจะทำให้เกิดหมอก
- ข้อความใดถูกบ้าง
- 1) ก
 - 2) ข
 - 3) ข และ ค
 - 4) ก, ข และ ค

22. ความหนาแน่นของกระแสน้ำเย็นและกระแสน้ำอุ่นเป็นอย่างไร

- 1) กระแสน้ำเย็นมีความหนาแน่นมากกว่ากระแสน้ำอุ่น
- 2) กระแสน้ำเย็นมีความหนาแน่นน้อยกว่ากระแสน้ำอุ่น
- 3) กระแสน้ำเย็นมีความหนาแน่นเท่ากับกระแสน้ำอุ่น
- 4) สรุปไม่ได้

23. รอยเท้าคาร์บอน (Carbon Footprint) มักเป็นการวัดปริมาณของแก๊สอะไร

- 1) คาร์บอนมอนอกไซด์
- 2) คาร์บอนไดออกไซด์
- 3) คาร์บอนเตตระคลอไรด์
- 4) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

24. เครื่องหมาย Carbon Footprint ที่จะติดบนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ นั้น เป็นการแสดงข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบถึงอะไร

- 1) ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าไร
- 2) ผลิตภัณฑ์นั้น ๆ มีคาร์บอนปนเปื้อนเป็นปริมาณเท่าไร
- 3) ผลิตภัณฑ์เหล่านั้นสามารถนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- 4) ห้ามทำลายผลิตภัณฑ์นี้ด้วยการเผา ต้องฝังกลบเท่านั้น

25. กิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซพิษมากที่สุด

- 1) การใช้เชื้อเพลิงภายในองค์กรและบ้านเรือน
- 2) การสร้างบ้านและการทำเฟอร์นิเจอร์
- 3) โรงงานรถยนต์
- 4) บริหารขนส่งสาธารณะ

26. ข้อใดเป็นก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

- 1) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O)
- 2) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ก๊าซไฮโดรเจน (H₂)
- 3) ก๊าซไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน (HFCS) ก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFC) ก๊าซอาร์กอน (Ar)
- 4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O)

27. อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกและความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มเป็นอย่างไรในอนาคต

- 1) อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกและความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นทั้งคู่
- 2) อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกและความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงทั้งคู่
- 3) อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้น แต่ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง
- 4) อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกลดลง แต่ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น

ข้อมูลต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 28-31

- | | |
|-------------------|------------------------|
| 1) valley glacier | 2) piedmont glaciers |
| 3) ice sheets | 4) continental glacier |

28. เป็นการรวมตัวของธารน้ำแข็งตั้งแต่สองอันขึ้นไป และเคลื่อนตัวมาอยู่พื้นที่ราบตอนล่าง

29. เป็นชื่อที่ใช้เรียกมวลน้ำแข็งขนาดใหญ่มาก ที่ปกคลุมส่วนที่เป็นเทือกเขา และพื้นราบส่วนใหญ่ของทวีป

30. เป็นธารของน้ำแข็งที่ไหลอยู่ในหุบเขาของบริเวณที่เป็นเทือกเขา

31. เป็นเนินของน้ำแข็งขนาดใหญ่ที่แผ่กระจายออกไปทุกทิศทุกทางด้วยน้ำหนักของมันเอง

32. ธารน้ำแข็งทั่วโลกมีแนวโน้มเป็นอย่างไร

- | | | | |
|--------------|---------|-------------|--------------|
| 1) เพิ่มขึ้น | 2) ลดลง | 3) เท่าเดิม | 4) ไม่แน่นอน |
|--------------|---------|-------------|--------------|

33. หากโลกเราไม่มีธารน้ำแข็ง นักเรียนคิดว่าจะส่งผลกระทบต่อโลกเราบ้าง

- 1) แม่น้ำหลายสายจะแห้งและทำให้คน 1 ใน 3 ทั่วโลกขาดแคลนน้ำดื่มน้ำใช้
- 2) แหล่งเกษตรกรรมทั่วโลกเสียหายอย่างหนัก
- 3) โลกจะร้อนขึ้น
- 4) ถูกทุกข้อ

34. การอธิบายสาเหตุที่อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นด้วยปรากฏการณ์เรือนกระจก ข้อใดถูก

- 1) ชั้นบรรยากาศของโลกหนาแน่นขึ้นทำให้โอโซนมากกว่าปกติ
- 2) ชั้นบรรยากาศของโลกบางลงไม่สามารถดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตไว้ได้ตามปกติ
- 3) ชั้นบรรยากาศของโลกบางลงทำให้ดูดกลืนรังสีอินฟราเรดไว้ได้มากกว่าปกติ
- 4) ชั้นบรรยากาศของโลกหนาแน่นขึ้นไม่สามารถส่งพลังงานความร้อนบางส่วนกลับออกไปนอกโลกได้

35. การไหลเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทรเกิดจากอะไรบ้าง

- 1) ความหนาแน่นและอุณหภูมิของน้ำในมหาสมุทรที่แตกต่างกัน
- 2) การลดระดับและเพิ่มระดับของน้ำในมหาสมุทร
- 3) ระดับน้ำในมหาสมุทรในแต่ละแห่งมีความแตกต่างกัน
- 4) ถูกทุกข้อ

36. การละลายของน้ำแข็งปริมาณมากบนเกาะกรีนแลนด์จะส่งผลต่อกระแสน้ำในมหาสมุทรอย่างไร

- 1) ทำให้น้ำจืดปริมาณมากไหลลงสู่มหาสมุทรอาจ ส่งผลต่อการไหลเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทรได้
- 2) ทำให้ความเค็มของมหาสมุทรเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ทิศทางของกระแสน้ำในมหาสมุทรเปลี่ยนทิศได้
- 3) ทำให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนองมากขึ้นในมหาสมุทร ทำให้เกิดความแปรปรวนของทิศทางของกระแสน้ำในมหาสมุทร
- 4) การละลายของน้ำแข็งปริมาณมากบนเกาะกรีนแลนด์ไม่มีผลต่อกระแสน้ำในมหาสมุทรเลย

37. เราสามารถตรวจสอบสภาพภูมิอากาศในอดีตได้จากอะไร

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| 1) ฟอสซิลไดโนเสาร์ | 2) โคลนตมจากถ้ำมหาสมุทร |
| 3) ชั้นน้ำแข็งโบราณ | 4) วงปีต้นไม้โบราณ |

38. ฝุ่นที่พบในชั้นน้ำแข็งบอกอะไรแก่เราได้

- | | |
|-------------------------------|------------------------|
| 1) ภาวะแห้งแล้งที่เคยเกิดขึ้น | 2) การระเบิดของภูเขาไฟ |
| 3) การชนของอุกกาบาต | 4) น้ำท่วมโลก |

39. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากสิ่งมีชีวิตเข้าสู่บรรยากาศและน้ำได้อย่างไร

- 1) การหายใจของพืชและสัตว์
- 2) การย่อยสลายสิ่งขับถ่ายของสัตว์และซากพืชซากสัตว์
- 3) การเผาไหม้ของถ่านหินและน้ำมัน
- 4) ถูกทุกข้อ

40. มหาสมุทรสามารถจัดการกับคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนเกินได้อย่างไร

- 1) ละลายปะปนไปกับน้ำทะเล
- 2) ทำให้ตกตะกอนจมลงไปได้มหาสมุทร
- 3) แปรสภาพกลับไปกลับมากับหินปูนที่มีอยู่มากมายทั่วมหาสมุทร
- 4) ทำปฏิกิริยากับเกลือให้กลายเป็นก๊าซออกซิเจน



แบบทดสอบหลังเรียนเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มัธยมศึกษาปีที่ 1

คำชี้แจง เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. มหาสมุทรสามารถจัดการกับคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนเกินได้อย่างไร
 - 1) ละลายปะปนไปกับน้ำทะเล
 - 2) ทำให้ตกตะกอนจมลงไปที่ก้นมหาสมุทร
 - 3) แปรสภาพกลับไปกลับมากับหินปูนที่มีอยู่มากมายทั่วมหาสมุทร
 - 4) ทำปฏิกิริยากับเกลือให้กลายเป็นก๊าซออกซิเจน
2. ฝุ่นที่พบในชั้นน้ำแข็งบอกอะไรแก่เราได้
 - 1) ภาวะแห้งแล้งที่เคยเกิดขึ้น
 - 2) การระเบิดของภูเขาไฟ
 - 3) การชนของอุกกาบาต
 - 4) น้ำท่วมโลก
3. การละลายของน้ำแข็งปริมาณมากบนเกาะกรีนแลนด์จะส่งผลกระทบต่อกระแสน้ำในมหาสมุทรอย่างไร
 - 1) ทำให้น้ำจืดปริมาณมากไหลลงสู่มหาสมุทรอาจ ส่งผลต่อการไหลเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทรได้
 - 2) ทำให้ความเย็นของมหาสมุทรเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ทิศทางของกระแสน้ำในมหาสมุทรเปลี่ยนทิศได้
 - 3) ทำให้เกิดพายุฝุ่นฟ้าคะนองมากขึ้นในมหาสมุทร ทำให้เกิดความแปรปรวนของทิศทางของกระแสน้ำในมหาสมุทร
 - 4) การละลายของน้ำแข็งปริมาณมากบนเกาะกรีนแลนด์ไม่มีผลต่อกระแสน้ำในมหาสมุทรเลย
4. การอธิบายสาเหตุที่อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นด้วยปรากฏการณ์เรือนกระจก ข้อใดถูก
 - 1) ชั้นบรรยากาศของโลกหนาแน่นขึ้นทำให้โอโซนมากกว่าปกติ
 - 2) ชั้นบรรยากาศของโลกบางลงไม่สามารถดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตไว้ได้ตามปกติ
 - 3) ชั้นบรรยากาศของโลกบางลงทำให้ดูดกลืนรังสีอินฟราเรดไว้ได้มากกว่าปกติ
 - 4) ชั้นบรรยากาศของโลกหนาแน่นขึ้นไม่สามารถส่งพลังงานความร้อนบางส่วนกลับออกไปนอกโลกได้

5. ธารน้ำแข็งทั่วโลกมีแนวโน้มเป็นอย่างไร

- 1) เพิ่มขึ้น 2) ลดลง 3) เท่าเดิม 4) ไม่แน่นอน

ข้อมูลต่อไปนี้นำไปใช้ตอบคำถามข้อ 6-9

- 1) valley glacier 2) piedmont glaciers
3) ice sheets 4) continental glacier

6. เป็นการรวมตัวของธารน้ำแข็งตั้งแต่สองอันขึ้นไป และเคลื่อนตัวลงมาอยู่บนพื้นที่ราบตอนล่าง

7. เป็นชื่อที่ใช้เรียกมวลน้ำแข็งขนาดใหญ่มาก ที่ปกคลุมส่วนที่เป็นเทือกเขา และพื้นราบส่วนใหญ่ของทวีป

8. เป็นธารของน้ำแข็งที่ไหลอยู่ในหุบเขาของบริเวณที่เป็นเทือกเขา

9. เป็นเนินของน้ำแข็งขนาดใหญ่ที่แผ่กระจายออกไปทุกทิศทุกทางด้วยน้ำหนักของมันเอง

10. ข้อใดเป็นก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

- 1) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O)
2) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ก๊าซไฮโดรเจน (H₂)
3) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) ก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFC) ก๊าซอาร์กอน (Ar)
4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O)

11. เครื่องหมาย Carbon Footprint ที่จะติดบนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ นั้น เป็นการแสดงข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบถึงอะไร

- 1) ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าไร
2) ผลิตภัณฑ์นั้นมีคาร์บอนปนเปื้อนเป็นปริมาณเท่าไร
3) ผลิตภัณฑ์เหล่านั้นสามารถนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
4) ห้ามทำลายผลิตภัณฑ์นี้ด้วยการเผา ต้องฝังกลับเท่านั้น

12. ความหนาแน่นของกระแสน้ำเย็นและกระแสน้ำอุ่นเป็นอย่างไร
 - 1) กระแสน้ำเย็นมีความหนาแน่นมากกว่ากระแสน้ำอุ่น
 - 2) กระแสน้ำเย็นมีความหนาแน่นน้อยกว่ากระแสน้ำอุ่น
 - 3) กระแสน้ำเย็นมีความหนาแน่นเท่ากับกระแสน้ำอุ่น
 - 4) สรุปไม่ได้
13. สิ่งที่มีผลต่อความเร็วของการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งคืออะไร
 - 1) สภาพความลาดเอียงของภูมิประเทศ
 - 2) ขนาดน้ำหนักของธารน้ำแข็ง
 - 3) อุณหภูมิธารน้ำแข็ง
 - 4) ถูกทุกข้อ
14. ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระดับน้ำทะเลของโลกในอนาคตมีแนวโน้มเป็นอย่างไร
 - 1) อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น
 - 2) อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ระดับน้ำทะเลลดลง
 - 3) อุณหภูมิลดลง ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น
 - 4) อุณหภูมิลดลง ระดับน้ำทะเลลดลง
15. อะไรเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิของโลกเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก
 - 1) การทดลองนิวเคลียร์
 - 2) การเผาทำลายบ่อน้ำมัน
 - 3) การทำกิจกรรมของมนุษย์
 - 4) การเกิดพิบัติภัยธรรมชาติ
16. สาร CFC ส่งผลร้ายต่อสิ่งมีชีวิตในระดับพื้นดินเนื่องจากอะไร
 - 1) ก๊าซออกซิเจนลดลง
 - 2) รังสีอัลตราไวโอเลตน้อยลง
 - 3) รังสีอัลตราไวโอเลตมากขึ้น
 - 4) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มขึ้น
17. เมื่อระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น ในช่วงความสูง 10 กิโลเมตรแรก ความหนาแน่น ความดัน และอุณหภูมิ ของอากาศเปลี่ยนแปลงอย่างไร
 - 1) ความหนาแน่น ความดัน และอุณหภูมิ ลดลง
 - 2) ความหนาแน่น ความดัน และอุณหภูมิ เพิ่มขึ้น
 - 3) ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ความดัน และอุณหภูมิลดลง
 - 4) ความหนาแน่นและความดันเพิ่มขึ้น อุณหภูมิลดลง

ใช้ตารางต่อไปนี้ ตอบคำถาม ข้อ 17 – 19

ส่วนประกอบของอากาศ	ปริมาณ (ร้อยละโดยปริมาตร)
A	0.93
B	0.01
C	0.03
D	78.08
E	20.95

18. ก๊าซ A คือก๊าซชนิดใด

- 1) ก๊าซไนโตรเจน
- 2) ก๊าซอาร์กอน
- 3) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- 4) ก๊าซ ออกซิเจน

19. ก๊าซใดที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสง

- 1) ก๊าซ A
- 2) ก๊าซ B
- 3) ก๊าซ C
- 4) ก๊าซ E

20. ก๊าซใดที่จำเป็นต่อการหายใจของมนุษย์

- 1) ก๊าซ A
- 2) ก๊าซ B
- 3) ก๊าซ C
- 4) ก๊าซ E

21. ถ้าโลกเราไม่มีอากาศห่อหุ้ม อุณหภูมิในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนจะเป็นอย่างไร

- 1) อุณหภูมิช่วงกลางวันสูงมาก ช่วงกลางคืนต่ำมาก
- 2) อุณหภูมิช่วงกลางวันและช่วงกลางคืนเท่ากัน
- 3) อุณหภูมิช่วงกลางวันต่ำมาก ช่วงกลางคืนสูงมาก
- 4) อุณหภูมิช่วงกลางวันและช่วงกลางคืนคงที่

22. ข้อใดไม่ใช่ การทดลองที่แสดงว่ามีไอน้ำอยู่ในอากาศ

- 1) เอน้ำแข็งใส่แก้ว ตั้งทิ้งไว้สักครู่จะมีหยดน้ำมาเกาะรอบๆ แก้ว
- 2) เอาครอบแก้วครอบต้นไม้ แล้วมีไอน้ำเกาะที่ผิวแก้วด้านใน
- 3) นำเกลือใส่ถ้วยทิ้งไว้ 1 คืน เกลือจะขึ้น
- 4) นำจุนสีเสตุตั้งทิ้งไว้ในอากาศ สีขาวจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้า

23. บรรยากาศชั้นใดที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตมากที่สุด

- | | |
|------------------|------------------|
| 1) ไทโรสเฟียร์ | 2) ไอโอโนสเฟียร์ |
| 3) สตราโตสเฟียร์ | 4) เมโซสเฟียร์ |

24. การตรวจสอบปริมาณสารพิษในอากาศจากแหล่งต่างๆ นั้น ข้อใดสรุปไม่เป็นความจริง

- 1) สารประกอบไฮโดรคาร์บอนเกิดจากการขนส่งคมนาคมมากที่สุด
- 2) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดจากโรงไฟฟ้ามากที่สุด
- 3) ฝุ่นละอองเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมมากที่สุด
- 4) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เกิดจากคมนาคมมากที่สุด

25. ส่วนประกอบของอากาศที่มีปริมาณมากที่สุดคืออะไร

- | | |
|-----------------|-------------------------|
| 1) ก๊าซไนโตรเจน | 2) ก๊าซออกซิเจน |
| 3) ก๊าซอาร์กอน | 4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ |

26. การป้องกันไม่ให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากปรากฏการณ์เรือนกระจก วิธีใดดีที่สุด

- 1) ลดการใช้เชื้อเพลิงให้น้อยลง
- 2) ตูรายการโทรทัศน์ให้น้อยลง
- 3) จดเดินในห้างสรรพสินค้าที่มีเครื่องปรับอากาศ
- 4) ปลุกผักสวนครัวไว้ทุกบ้าน

27. แก๊สที่มีมากที่สุดในอากาศคือข้อใด

- | | |
|-------------|---------------------|
| 1) ออกซิเจน | 2) คาร์บอนไดออกไซด์ |
| 3) อาร์กอน | 4) ไนโตรเจน |

28. ปรากฏการณ์เรือนกระจก เป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น แก๊สที่ทำให้เกิดชั้นเรือนกระจกมากที่สุดคือแก๊สชนิดใด

- 1) แก๊สโอโซน (O_3)
- 2) แก๊สมีเทน (CH_4)
- 3) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)
- 4) แก๊สไฮโดรเจน (H_2)

29. โรงไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงก่อให้เกิดสารพิษอะไรมากที่สุด

- | | |
|---------------------|----------------------|
| 1) ฝุ่นละออง | 2) ไฮโดรคาร์บอน |
| 3) คาร์บอนไดออกไซด์ | 4) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ |

30. วิธีการใดที่ช่วยให้อากาศที่อยู่ล้อมรอบตัวเรามีคุณภาพดีขึ้น
- 1) ลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง
 - 2) เพิ่มพื้นที่ป่าไม้ให้มีมากขึ้น
 - 3) ผลิตแก๊สออกซิเจนปล่อยสู่อากาศ
 - 4) สร้างโรงไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์
31. การที่อุณหภูมิของบรรยากาศภายในโลกร้อนขึ้นทุกปีและมักไม่เป็นไปตามฤดูกาล นักวิทยาศาสตร์สันนิษฐานว่ามาจากสาเหตุใด
- 1) ป่าไม้มีปริมาณลดลง
 - 2) โลกหมุนรอบตัวเองเร็วขึ้น
 - 3) โลกเคลื่อนที่เข้าใกล้ดวงอาทิตย์มากขึ้น
 - 4) การเพิ่มปริมาณของก๊าซบางชนิดที่ได้จากแหล่งอุตสาหกรรม
32. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับธารน้ำแข็ง
- 1) เกิดจากแม่น้ำลำธารเกิดการแข็งตัวในฤดูหนาว
 - 2) เป็นก้อนน้ำแข็งขนาดใหญ่ที่กลิ้งตกลงมาจากภูเขาน้ำแข็ง
 - 3) เกิดจากหิมะที่ตกลงมาแล้วสะสมกันจนหนา แล้วเกิดการเคลื่อนตัวลงมาอย่างช้า ๆ
 - 4) เป็นก้อนน้ำแข็งที่ไหลไปตามกระแสน้ำเย็นในมหาสมุทร
33. พิจารณาข้อความต่อไปนี้
- ก. ลมที่พัดผ่านกระแสน้ำอุ่นมาสู่ผืนดินที่เย็นกว่าจะทำให้ความชื้นบนผืนดินเพิ่มขึ้นจนเกิดเป็นฝน
- ข. ลมที่พัดผ่านกระแสน้ำเย็นไปยังทวีปที่อุ่นจะทำให้อากาศแห้ง
- ค. บริเวณที่กระแสน้ำอุ่นกับกระแสน้ำเย็นไหลมาบรรจบกันจะทำให้เกิดหมอก
- ข้อความใดถูกบ้าง
- 1) ก
 - 2) ข
 - 3) ข และ ค
 - 4) ก, ข และ ค
34. รอยเท้าคาร์บอน (Carbon Footprint) มักเป็นการวัดปริมาณของแก๊สอะไร
- 1) คาร์บอนมอนอกไซด์
 - 2) คาร์บอนไดออกไซด์
 - 3) คาร์บอนเตตระคลอไรด์
 - 4) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์
35. กิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซพิษมากที่สุด
- 1) การใช้เชื้อเพลิงภายในองค์กรและบ้านเรือน
 - 2) การสร้างบ้านและการทำเฟอร์นิเจอร์
 - 3) โรงงานรถยนต์
 - 4) บริหารขนส่งสาธารณะ

36. อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกและความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มเป็นอย่างไรในอนาคต
- 1) อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกและความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นทั้งคู่
 - 2) อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกและความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงทั้งคู่
 - 3) อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้น แต่ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง
 - 4) อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกลดลง แต่ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น
37. หากโลกเราไม่มีธารน้ำแข็ง นักเรียนคิดว่าจะส่งผลกระทบต่อโลกเราบ้าง
- 1) แม่น้ำหลายสายจะแห้งและทำให้คน 1 ใน 3 ทั่วโลกขาดแคลนน้ำดื่ม น้ำใช้
 - 2) แหล่งเกษตรกรรมทั่วโลกเสียหายอย่างหนัก
 - 3) โลกจะร้อนขึ้น
 - 4) ถูกทุกข้อ
38. การไหลเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทรเกิดจากอะไรบ้าง
- 1) ความหนาแน่นและอุณหภูมิของน้ำในมหาสมุทรที่แตกต่างกัน
 - 2) การลดระดับและเพิ่มระดับของน้ำในมหาสมุทร
 - 3) ระดับน้ำในมหาสมุทรในแต่ละแห่งมีความแตกต่างกัน
 - 4) ถูกทุกข้อ
39. เราสามารถตรวจสอบสภาพภูมิอากาศในอดีตได้จากอะไร
- 1) ฟอสซิลไดโนเสาร์
 - 2) โคลนตมจากถ้ำมหาสมุทร
 - 3) ชั้นน้ำแข็งโบราณ
 - 4) วงปีต้นไม้โบราณ
40. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากสิ่งมีชีวิตคืนสู่บรรยากาศและน้ำได้อย่างไร
- 1) การหายใจของพืชและสัตว์
 - 2) การย่อยสลายสิ่งขับถ่ายของสัตว์และซากพืชซากสัตว์
 - 3) การเผาไหม้ของถ่านหินและน้ำมัน
 - 4) ถูกทุกข้อ

D.2 The critical thinking skills test

This is the partial critical thinking skills test that adapting from Cornell Critical Thinking Test Level X for lower secondary students

การสำรวจดาวเคราะห์สี่เขียว

ให้นักเรียนจินตนาการว่าตัวนักเรียนเองเป็นสมาชิกของคณะสำรวจกลุ่มที่สองจากโลกที่ลงจอดบนดาวที่มีการค้นพบใหม่ชื่อว่าดาวเคราะห์สี่เขียว ในปี พ.ศ. 2600 ประมาณกลางเดือนมิถุนายน โดยที่องค์กรอวกาศที่นักเรียนสังกัดอยู่ไม่ได้ข่าวคราวอะไรเลยจากคณะสำรวจกลุ่มแรกซึ่งลงจอดสำรวจดาวเคราะห์ดวงนี้เมื่อสองปีก่อน กลุ่มของนักเรียนถูกส่งมาเพื่อสำรวจและรายงานว่าเกิดอะไรขึ้นกับคณะสำรวจกลุ่มแรก

นักเรียนจะได้รับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจดาวเคราะห์สี่เขียวโดยกลุ่มของนักเรียน จากนั้นนักเรียนจะได้รับคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบคำถามเหล่านั้น โดยให้นักเรียนถือว่าข้อมูลต่างๆที่ให้นั้นเป็นข้อมูลที่ถูกต้อง

หมายเหตุ อย่าตอบคำถามโดยการเดาคำตอบ ถ้าข้อใดที่นักเรียนใช้ความคิดแล้วไม่สามารถหาคำตอบได้ ก็ให้ข้ามข้อนั้นไปโดยไม่ต้องตอบ แต่ถ้าข้อใดนักเรียนใช้ความคิดแล้วสามารถหาคำตอบได้ แม้ว่าจะไม่ใช่คำตอบเชิงบวกก็ให้ตอบข้อนั้นลงไป

แบบทดสอบนี้แบ่งออกเป็นสี่สถานการณ์ ในสองสถานการณ์แรกนักเรียนห้ามย้อนกลับไปทำข้อที่นักเรียนได้ทำผ่านมาแล้ว

ให้นักเรียนรอจนกว่าครูจะบอกให้เริ่มทำได้

สถานการณ์ที่ 1

เกิดอะไรขึ้นกับคณะสำรวจกลุ่มแรก

ภารกิจแรกของกลุ่มของนักเรียนคือหาสาเหตุให้เจอว่าเกิดอะไรขึ้นกับคณะสำรวจกลุ่มแรก กลุ่มของนักเรียนได้ลงจอดบนดาวเคราะห์สีเขียวและได้ตรวจพบกระท่อมที่ทำด้วยพวกเศษโลหะซึ่งสร้างโดยกลุ่มแรก เมื่อดูจากภายนอกกระท่อมยังอยู่ในสภาพที่ดี มันเป็นวันที่อากาศอบอุ่น มีแสงสว่างสดใส ต้นไม้ ก้อนหิน หญ้า และนกทำให้ดาวเคราะห์สีเขียวดูราวกับบ้านของเรามาก

นักเรียนและเจ้าหน้าที่สาธารณสุขคือพวกแรกไปถึงกลุ่มของกระท่อมก่อนที่คนอื่นๆจะตามมา นักเรียนตะโกนเรียก แต่ไม่มีใครตอบกลับมา เจ้าหน้าที่สาธารณสุขได้พูดขึ้นมาว่า “บางทีพวกเขาทั้งหมดอาจจะเสียชีวิตแล้ว” นักเรียนพยายามที่จะตรวจสอบและใช้ความคิดพิจารณาว่าที่เขาพูดถูกต้องหรือไม่

ข้อมูลแต่ละข้อด้านล่างคือข้อเท็จจริงที่นักเรียนได้เรียนรู้ นักเรียนต้องตัดสินใจว่าข้อเท็จจริงแต่ละข้อสนับสนุนหรือคัดค้านความคิดของเจ้าหน้าที่สาธารณสุข หรือไม่ใช้ทั้งสองอย่าง

สำหรับข้อเท็จจริงแต่ละข้อ ให้กาเครื่องหมายลงในข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้ในกระดาษคำตอบของนักเรียน

- A. ข้อเท็จจริงนี้สนับสนุนความคิดของเจ้าหน้าที่สาธารณสุขซึ่งคิดว่าทุกคนในกลุ่มแรกเสียชีวิตหมดแล้ว
- B. ข้อเท็จจริงนี้คัดค้านความคิดของเจ้าหน้าที่สาธารณสุข
- C. ข้อเท็จจริงนี้ไม่ได้ช่วยให้ นักเรียนตัดสินใจได้ว่าจะสนับสนุนหรือคัดค้านความคิดของเจ้าหน้าที่สาธารณสุข

นี่เป็นตัวอย่างของคำถามในส่วนนี้ของแบบทดสอบ

1. นักเรียนเข้าไปในกระท่อมหลังแรก ของทุกอย่างถูกปกคลุมด้วยฝุ่นหนา

นักเรียนคิดว่าข้อเท็จจริงนี้สนับสนุนหรือคัดค้านความคิดของเจ้าหน้าที่สาธารณสุขหรือไม่ทั้งสองอย่าง แน่ใจว่ามันไม่เพียงพอที่จะพิสูจน์ได้ว่าเขาคิดถูก แต่มันก็ได้ให้ข้อมูลที่

ไปยังหน้าถัดไป

เป็นข้อสนับสนุนบางอย่างแก่เรา ถ้านักเรียนคิดว่าข้อเท็จจริงนี้สนับสนุนความคิดของเจ้าหน้าที่สาธารณสุข ให้นักเรียนกาข้อ A ในกระดาษคำตอบสำหรับข้อนี้
พิจารณาตัวอย่างถัดไป

II. สมาชิกคนอื่นๆในกลุ่มของนักเรียนพบเศษชิ้นส่วนของจรวดของนักสำรวจกลุ่มแรกตก
อยู่ใกล้ๆ

คำตอบที่เป็นไปได้คือข้อ C เพราะจากการค้นพบเศษชิ้นส่วนจรวดของกลุ่มแรกไม่ได้
ช่วยให้นักเรียนตัดสินใจอะไรได้เลยว่าคุณคิดของเจ้าหน้าที่สาธารณสุขถูกหรือผิด ดังนั้นข้อ C
จึงเป็นคำตอบที่ถูกต้อง

ต่อไปนี้เป็นรายการของข้อเท็จจริงในแต่ละข้อ ให้นักเรียนเลือกตอบข้อ A, B หรือ C
อย่างใดอย่างหนึ่ง ถ้านักเรียนตัดสินใจไม่ได้จริงๆว่าจะเลือกข้อใดก็ให้ปล่อยว่างไว้ (ห้ามเดา
อย่างไม่มีเหตุผล) แล้วข้ามไปทำข้อถัดไป ขอให้ทำตามลำดับที่ละข้อ ค่อยๆทำอย่างตั้งใจ
และห้ามย้อนกลับไปทำข้อที่ผ่านมาแล้ว

เตือนความจำ

- A. ข้อเท็จจริงนี้สนับสนุนความคิดของเจ้าหน้าที่สาธารณสุขซึ่งคิดว่าทุกคนในกลุ่มที่
หนึ่งเสียชีวิตหมดแล้ว
- B. ข้อเท็จจริงนี้คัดค้านความคิดของเจ้าหน้าที่สาธารณสุข
- C. ข้อเท็จจริงนี้ไม่ได้ช่วยให้นักเรียนตัดสินใจได้ว่าสนับสนุนหรือคัดค้านความคิดของ
เจ้าหน้าที่สาธารณสุข

1. มีกระท่อมอยู่สิบหลัง นักเรียนเข้าไปในกระท่อมหลังที่สองและพบว่าของทุกอย่างถูกปกคลุม
ด้วยฝุ่นหนา
2. นักเรียนเข้าไปในกระท่อมหลังที่สาม พบว่ามีเตาหุงต้มที่ไม่มีฝุ่นปกคลุม
3. นักเรียนพบที่เปิดกระป๋องอยู่ข้างๆเตาหุงต้มในกระท่อมหลังที่สาม
4. ในกระท่อมหลังที่สาม นักเรียนพบบันทึกประจำวันของสมาชิกในกลุ่มแรก มันถูกเขียนโดย
ผู้ชายที่มีชื่อว่าซานน วันสุดท้ายที่มีการบันทึกไว้คือวันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ. 2600 ซึ่งเป็น
เวลาหนึ่งเดือนหลังจากการมาถึงของกลุ่มแรก

สถานการณ์ที่ 2

การตรวจสอบหมู่บ้านบนดาวเคราะห์สีเขียว

มันเริ่มมืด ดังนั้นนักเรียนจึงพักค้างคืนและเริ่มต้นสำรวจอีกทีในตอนเช้า หลังจากเดินทางมารวมหลายชั่วโมง กลุ่มของนักเรียนจึงพบหมู่บ้านซึ่งเป็นกระท่อมที่ทำด้วยหิน แต่เป็นหมู่บ้านร้างไม่มีผู้คน ในขณะนั้นดวงอาทิตย์กำลังส่องแสงอย่างเจิดจ้า

นักเรียนซึ่งเป็นหัวหน้ากลุ่มได้ให้สมาชิกในกลุ่มออกไปสำรวจหมู่บ้านแล้วให้ส่งรายงานการสำรวจมาให้นักเรียน

นักเรียนจะได้รับรายงานที่เป็นข้อความที่ละสองข้อความพร้อมกัน ให้นักเรียนอ่านข้อความทั้งสองข้อความแล้วตัดสินใจว่าข้อความใดน่าเชื่อถือมากกว่ากัน

ถ้านักเรียนคิดว่าข้อความแรกน่าเชื่อถือมากกว่า ให้กาข้อ **A**
 ถ้านักเรียนคิดว่าข้อความที่สองน่าเชื่อถือมากกว่า ให้กาข้อ **B**
 ถ้านักเรียนคิดว่าทั้งสองข้อความน่าเชื่อถือพอ ๆ กัน ให้กาข้อ **C**

ยกตัวอย่างเช่น (สำหรับข้อความแต่ละข้อ ส่วนของข้อความที่จะใช้ในการพิจารณาจะถูกขีดเส้นใต้ไว้)

- III. A. ช่างกลได้ตรวจสอบลำธารใกล้ๆหมู่บ้านแล้วรายงานว่ “น้ำไม่ปลอดภัยเพียงพอที่จะนำมาดื่ม”
- B. เจ้าหน้าที่สาธารณสุขรายงานว่ “เรายังบอกไม่ได้ว่ำน้ำปลอดภัยพอที่จะดื่มได้หรือไม่”
- C. ทั้ง A และ B น่าเชื่อถือพอ ๆ กัน

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อ **B** เพราะเจ้าหน้าที่สาธารณสุขควรรจะมีความรู้ว่ำน้ำปลอดภัยพอที่จะนำมาดื่มได้หรือไม่มากกว่าช่างกล

ต่อไปนี้จะเป็ข้อความที่จะให้นักเรียนพิจารณาเป็นคู่ๆทีละข้อ ให้นักเรียนพิจารณาไปตามลำดับทีละข้อ ห้ามย้อนกลับไปทำข้อที่ผ่านมาแล้ว จำไว้ว่ให้พิจารณาส่วนของข้อความที่ขีดเส้นใต้ไว้

ไปยังหน้าถัดไป

ห้ามย้อนกลับไปทำหรือแก้ไขคำตอบข้อที่ผ่านมาแล้ว

เตือนความจำ

ถ้านักเรียนคิดว่าข้อความแรกน่าเชื่อถือมากกว่า ให้กาข้อ **A**

ถ้านักเรียนคิดว่าข้อความที่สองน่าเชื่อถือมากกว่า ให้กาข้อ **B**

ถ้านักเรียนคิดว่าทั้งสองข้อความน่าเชื่อถือพอ ๆ กัน ให้กาข้อ **C**

24. A. เจ้าหน้าที่สาธารณสุขกล่าวว่า “น้ำนี้ปลอดภัยพอที่จะดื่มได้”
 B. มีสมาชิกหลายคนที่เป็นทหาร มีคนหนึ่งกล่าวว่า “น้ำนี้ไม่ปลอดภัยพอที่จะนำมาดื่ม”
 C. ทั้ง A และ B น่าเชื่อถือพอ ๆ กัน
25. A. ช่างกลกล่าวว่า “น้ำดูใสสะอาดดี”
 B. เจ้าหน้าที่สาธารณสุขรายงานภายหลังจากการทดสอบว่า “น้ำปลอดภัยพอที่จะดื่มได้”
 C. ทั้ง A และ B น่าเชื่อถือพอ ๆ กัน
26. A. ทหารนายหนึ่งจ้องมองไปยังควันที่กำลังลอยขึ้นมา เขาเห็นควันลอยขึ้นมาจากด้านหลังของกระท่อมหินหลังใหญ่ที่สุดบนเนินเขาซึ่งห่างจากนายทหารคนนี้ออกไปประมาณ 100 เมตร เขากล่าวว่า “ควันมาจากกองไฟซึ่งอยู่ห่างออกไป 100 เมตร”
 B. ทหารอีกคนหนึ่งซึ่งเพิ่งจะเดินมาจากด้านหลังของกระท่อมหินหลังใหญ่ที่สุดกล่าวว่า “ไม่ใช่เช่นนั้น กองไฟอยู่ไกลมากกว่านั้นอีก”
 C. ทั้ง A และ B น่าเชื่อถือพอ ๆ กัน
27. A. ช่างกลได้เดินไปรอบ ๆ กลุ่มกระท่อมหินอย่างรวดเร็วและได้ยินเสียงดังมาจากกระท่อมหลังที่อยู่ใกล้ที่สุด เขารายงานว่า “จะต้องมีใครสักคนอยู่ในกระท่อมนั้น”
 B. เจ้าหน้าที่สาธารณสุขซึ่งได้เข้าไปในกระท่อมหลังที่ใกล้ที่สุดอยู่หลายนาที่รายงานว่า “ไม่มีใครอยู่ในกระท่อมหลังนั้น”
 C. ทั้ง A และ B น่าเชื่อถือพอ ๆ กัน
28. A. หลังจากตรวจสอบกระท่อมหลังที่ใกล้ที่สุด เจ้าหน้าที่สาธารณสุขกล่าวว่า “คณะสำรวจกลุ่มแรกเป็นผู้สร้างกระท่อมเหล่านั้น”
 B. นักมานุษยวิทยา (คนที่ทำการศึกษาความแตกต่างกันทางเชื้อชาติและเผ่าพันธุ์ของผู้คนที่อาศัยอยู่) ได้ทำการตรวจสอบกระท่อมหลังที่ใกล้ที่สุดเช่นเดียวกัน เขากล่าวว่า “คณะสำรวจกลุ่มแรกไม่น่าจะเป็นผู้สร้างกระท่อมเหล่านั้น”
 C. ทั้ง A และ B น่าเชื่อถือพอ ๆ กัน

สถานการณ์ที่ 3

อะไรที่เราสามารถทำได้

นักเรียนและสมาชิกในกลุ่มพยายามที่จะใช้ความคิดอย่างมีเหตุผลเพื่อตัดสินใจว่าชาวบ้านเหล่านี้เป็นมิตรกับพวกของนักเรียนหรือไม่ ถ้าไม่ นักเรียนก็จะต้องหาวิธีช่วยชีวิตของคณะสำรวจกลุ่มแรกไว้ให้ได้

ปัญหาแต่ละข้อในสถานการณ์ที่ 3 นี้ นักเรียนจะต้องตัดสินใจว่าข้อความใดเป็นเหตุเป็นผลกับข้อความในโจทย์แต่ละข้อ โดยในปัญหาแต่ละข้อให้ยอมรับว่าสิ่งที่บุคคลใด ๆ พูดเป็นความจริง จากนั้นให้ตัดสินใจว่าข้อความใดถูกต้อง

ให้เลือกกาข้อ A, B, C หรือปล่อยว่างไว้หากนักเรียนไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าจะเลือกข้อใด ในสถานการณ์ที่ 3 นี้ นักเรียนสามารถย้อนกลับไปทำข้อที่นักเรียนทำผ่านมาแล้วได้

ตัวอย่าง

- IV. ช่างกลพูดว่า “ถ้าพวกชาวบ้านมาจากโลกแล้ว พวกเขาจะให้การต้อนรับพวกเรา และพวกเขาก็เป็นคนที่มาจากโลกอย่างแน่นอน”
- แสดงว่า**
- A. บุคคลเหล่านี้จะไม่ต้อนรับพวกเรา
 - B. บุคคลเหล่านี้ไม่ได้มาจากโลก
 - C. บุคคลเหล่านี้จะต้อนรับพวกเรา

ข้อที่ถูกต้องคือ C ถ้าสิ่งที่ช่างกลพูดเป็นความจริงแล้ว ข้อ C ก็จะต้องไปด้วย ทำต่อไปในข้อที่เหลือ มีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวในแต่ละข้อปัญหา

48. “ถ้าชาวบ้านพวกนี้มาจากโลกแล้ว จะต้องมียานอวกาศลำอื่นจอดอยู่บนดาวเคราะห์สี่เหลี่ยม และพวกเขาก็เป็นคนที่มาจากโลกอย่างแน่นอน”

แสดงว่า

- A. มียานอวกาศลำอื่นจอดอยู่บนดาวเคราะห์สี่เหลี่ยม
- B. ชาวบ้านพวกนี้ไม่ได้มาจากโลก
- C. ไม่มียานอวกาศลำอื่นจอดอยู่บนดาวเคราะห์สี่เหลี่ยม

ทำข้อต่อไปในหน้าถัดไป

49. “ถ้าชาวบ้านพวกนี้มาจากโลกแล้ว จะต้องมียานอวกาศลำอื่นจอดอยู่บนดาวเคราะห์สีเขียวนี้นี้ แต่ปรากฏว่าไม่มียานอวกาศลำอื่นจอดอยู่บนดาวเคราะห์สีเขียวนี้นี้”

แสดงว่า

- A. มียานอวกาศลำอื่นจอดอยู่บนดาวเคราะห์สีเขียวนี้นี้
- B. ชาวบ้านพวกนี้ไม่ได้มาจากโลก
- C. ชาวบ้านพวกนี้มาที่นี่ด้วยความผิดพลาด

50. “เมื่อใดก็ตามที่คนกลุ่มใดมีการแผ่รังสีทางเข้าออกอย่างระมัดระวังตัว แสดงว่าคนกลุ่มนั้นไม่เป็นมิตร แล้วคุณหญิงสองคนโน้นสิมีการแผ่รังสีทางเข้าออกอย่างระมัดระวังตัว”

แสดงว่า

- A. พวกชาวบ้านเป็นมิตร
- B. พวกชาวบ้านไม่เป็นมิตร
- C. ถ้าพวกชาวบ้านไม่เป็นมิตรจะมีการแผ่รังสีทางเข้าออกอย่างระมัดระวังตัว

51. “ชาวโลกทุกคนสามารถพูดคุยกันได้ และชาวบ้านที่นี่เป็นชาวโลก”

แสดงว่า

- A. พวกชาวบ้านสามารถพูดคุยกันได้
- B. พวกชาวบ้านไม่สามารถพูดคุยกันได้
- C. ถ้าพวกชาวบ้านสามารถพูดคุยกันได้ พวกเขาก็คงมาจากโลก

52. “ถ้าพวกชาวบ้านได้รับการทักทายในลักษณะที่เป็นมิตร พวกชาวบ้านจะเป็นมิตร แต่พวกชาวบ้านไม่เป็นมิตรกับกลุ่มนักสำรวจ” แสดงว่า

- A. กลุ่มนักสำรวจทักทายพวกชาวบ้านในลักษณะที่เป็นมิตร
- B. กลุ่มนักสำรวจไม่ได้ทักทายพวกชาวบ้านในลักษณะที่เป็นมิตร
- C. ชาวบ้านพวกนี้ไม่เป็นมิตรอยู่แล้วก่อนที่จะกลุ่มนักสำรวจจะเจอพวกเขา

53. “ถ้ากลุ่มใดจากโลกลงจอดบนดาวเคราะห์ดวงใด ขบวนการลงจอดจะถูกลงในหนังสือพิมพ์ไปทั่วโลก แต่ก็ไม่มีขบวนการลงจอดบนดาวเคราะห์สีเขียวนี้นี้ถูกลงในหนังสือพิมพ์นอกจากขบวนการลงจอดของคณะสำรวจของนักเรียนและของกลุ่มแรก”

แสดงว่า

- A. ถ้ามีขบวนการลงจอดถูกลงในหนังสือพิมพ์แล้ว แสดงว่ามีการลงจอดจริง
- B. พวกชาวบ้านมาจากโลก
- C. พวกชาวบ้านไม่ได้มาจากโลก

ทำข้อต่อไปในหน้าถัดไป

สถานการณ์ที่ 4

การทำรายงานกลับไปและการตัดสินใจว่าจะทำอะไรต่อไป

หลังจากเผ้าดูหมู่บ้านมาประมาณหนึ่งชั่วโมง นักเรียนได้นำสมาชิกในกลุ่มของนักเรียนกลับไปยังค่ายหลักของคณะสำรวจ นักเรียนได้ให้จำประนามไปรายงานสิ่งต่างๆกับกัปตัน

ในรายงานของจำประนาม เธอได้ลงข้อสรุปตามเหตุผลของเธอเอง งานของนักเรียนคือเลือกว่าแนวคิดใดของจำประนามที่ทำให้เธอลงข้อสรุปเช่นนั้น

ยกตัวอย่างเช่น

- V. “คณะสำรวจกลุ่มแรกไม่สามารถหนีออกมาได้ เพราะพวกเขาไม่สามารถพังผนังของกระท่อมหินได้” ความคิดในข้อใดที่ทำให้เธอให้เหตุผลอย่างนี้
- A. คณะสำรวจสามารถกระโดดออกไปนอกหน้าต่างได้
 - B. มีเวรยามคอยเฝ้าระวังอยู่
 - C. ไม่มีทางใดจะหนีออกไปได้ นอกจากจะพังผนังออกไป

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อ C เพราะจากตัวเลือกทั้งสามข้อ ข้อ C ช่วยสนับสนุนการให้เหตุผลมากที่สุด

ให้นักเรียนทำโจทย์ปัญหาข้อถัดไปซึ่งแต่ละข้อจะมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

62. “ในขณะที่คณะสำรวจกลุ่มแรกเป็นนักโทษ เราไม่สามารถพูดคุยกับพวกเขาได้โดยที่จะไม่ถูกจับได้” ความคิดในข้อใดที่ทำให้เธอให้เหตุผลอย่างนี้
- A. โดยปกติ นักโทษจะไม่สามารถพูดคุยกับใครได้ นอกจากผู้คุมของพวกเขาจะทราบเกี่ยวกับเรื่องนี้
 - B. โดยปกติ ถ้าเราพูดคุยอะไรกับคนทั่วไป พวกเขาก็จะบอกกับคนอื่นเกี่ยวกับเรื่องนี้
 - C. โดยปกติ ถ้าเราพูดคุยอะไรกับคนทั่วไป พวกเขาก็จะไม่บอกคนอื่นเกี่ยวกับเรื่องนี้
63. “ถ้าเราพูดคุยอย่างมีเหตุผลกับพวกชาวบ้าน พวกเขาก็จะปล่อยตัวคณะสำรวจกลุ่มแรกอย่างไรก็ตามพวกเขาก็เป็นมนุษย์และการปล่อยตัวคณะสำรวจกลุ่มแรกก็จะช่วยเหลือมนุษยชาติได้” ความคิดในข้อใดที่ทำให้เธอให้เหตุผลอย่างนี้
- A. เมื่อคุณพูดคุยกับมนุษย์ด้วยกันอย่างมีเหตุผล พวกเขาก็จะทำในสิ่งที่เป็นการช่วยเหลือมนุษยชาติ
 - B. สิ่งใดก็ตามที่มนุษย์ทำก็จะมีแนวโน้มที่จะช่วยเหลือมนุษยชาติ
 - C. คุณต้องพูดคุยกับมนุษย์ด้วยกันอย่างมีเหตุผลเพื่อที่จะให้พวกเขาทำอะไรบางอย่าง

ทำข้อต่อไปในหน้าถัดไป

64. “หนึ่งในสองคนที่ได้กว่าของคนี่สวมหมวกสีเขียวเป็นผู้หญิง ฉันรู้เพราะฉันเห็นผมยาวๆ ของเธอตอนที่เธอถอดหมวก” ความคิดในข้อใดที่ทำให้เธอให้เหตุผลอย่างนี้
- ผู้หญิงทุกคนมีผมยาว
 - เฉพาะผู้หญิงเท่านั้นที่มีผมยาว
 - ใครก็ตามที่สวมหมวกสีเขียวก็จะดูคล้ายกับผู้หญิง
65. “เนื่องจากครึ่งหนึ่งของพวกชาวบ้านมีผมที่สั้นมาก ฉันจึงคิดว่าครึ่งหนึ่งของพวกชาวบ้านเป็นผู้ชาย” ความคิดในข้อใดที่ทำให้เธอให้เหตุผลอย่างนี้
- ครึ่งหนึ่งของพวกชาวบ้านเป็นผู้หญิง
 - ผู้ชายทุกคนมีผมสั้น
 - เฉพาะผู้ชายเท่านั้นที่มีผมสั้น
66. “ถ้าอย่างน้อยครึ่งหนึ่งของพวกชาวบ้านเป็นผู้ชายแล้ว เมื่อต้องต่อสู้เราก็จะต้องต่อสู้กับพวกชาวบ้านอย่างน้อยครึ่งหนึ่ง” ความคิดในข้อใดที่ทำให้เธอให้เหตุผลอย่างนี้
- ผู้หญิงไม่ใช่นักสู้
 - ผู้ชายคือนักสู้
 - เราไม่สามารถเอาชนะพวกชาวบ้านได้ทั้งหมด ถ้าพวกเขาทุกคนเป็นนักสู้
67. “เราไม่จำเป็นต้องกังวลกับจำนวนคนที่มากกว่า 10 คนในการโจมตีแต่ละครั้ง เนื่องจากพวกเรามีปืนเพียงแค่ 10 กระบอก” ความคิดในข้อใดที่ทำให้เธอให้เหตุผลอย่างนี้
- ปืนสามารถทำเราบาดเจ็บได้
 - มีดไม่สามารถทำเราบาดเจ็บได้
 - มีเพียงปืนเท่านั้นที่สามารถทำเราบาดเจ็บได้
68. “พวกเรามีปืนเพียงแค่ 10 กระบอก ฉันรู้เพราะคนเฝ้าระวังทางเข้าออกสองคนจะมีปืนคนละหนึ่งกระบอก ส่วนที่เหลืออีกแปดกระบอกถูกวางกองไว้กลางหมู่บ้าน นั่นคือปืนทั้งหมดที่ฉันเห็น” ความคิดในข้อใดที่ทำให้เธอให้เหตุผลอย่างนี้
- ปืนทั้งหมดที่พวกเขามีอยู่ในที่มองเห็นได้
 - ปืนแปดกระบอกที่กองไว้ถูกบรรจุกระสุน
 - ปืนคืออาวุธเพียงอย่างเดียวของพวกเข

ทำข้อต่อไปในหน้าถัดไป

D.3 The questionnaire of students' opinions toward the unit

**แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน
ที่มีต่อหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
เพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยวิธีสหวิทยาการ
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**

- คำชี้แจง** 1) แบบสอบถามฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมี
วิจารณญาณ โดยวิธีสหวิทยาการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
- 2) ในการตอบคำถามของนักเรียนครั้งนี้ไม่มีถูกหรือผิด และไม่มีผลต่อการสอบได้หรือ
สอบตก ดังนั้นจึงขอความร่วมมือในการตอบตามความเป็นจริง โดยการเขียน
เครื่องหมาย / ลงในช่องว่างที่ตรงกับระดับความพึงพอใจของตนเองเพียงช่องเดียว
ในแต่ละข้อซึ่งมี 5 ระดับ ดังนี้

- 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด
4 หมายถึง พึงพอใจมาก
3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง
2 หมายถึง พึงพอใจน้อย
1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

โปรดเติมข้อมูลส่วนตัวของนักเรียนลงในช่องว่างที่กำหนดให้หรือทำเครื่องหมาย / ลง
ใน
หน้าตัวเลือก

1. ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ อายุ ปี

2. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
1	ด้านครูผู้สอน ครูชี้แจงการทำกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆให้นักเรียนเข้าใจอย่างชัดเจน					
2	ครูจัดให้มีการแบ่งกลุ่มนักเรียนอย่างเหมาะสมเพื่อทำกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ					
3	ครูให้คำปรึกษาและแนะนำนักเรียนให้สามารถดำเนินการทำกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างดีและทั่วถึง					
4	ครูส่งเสริมให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมการเรียนรู้					
5	ครูสามารถจัดสรรเวลาได้อย่างพอดีต่อการเรียนรู้และการทำกิจกรรม					
6	ด้านเนื้อหา เนื้อหา มีระดับความยากง่ายเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน					
7	เนื้อหาตรงกับความสนใจ และความต้องการของนักเรียน					
8	เนื้อหา มีการเรียงลำดับที่ทำให้นักเรียนเข้าใจได้ง่าย					
9	การจัดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน					
10	เนื้อหา มีความทันสมัย เหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวัน					
11	ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนเข้าใจจุดประสงค์ของการทำกิจกรรมได้เป็นอย่างดี					
12	กิจกรรมการเรียนรู้มีความน่าสนใจและทันสมัย					
13	กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจเนื้อหามากยิ่งขึ้น					
14	นักผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมร่วมกัน					
15	นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็นซึ่งกันและกัน					
16	กิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้					
17	นักเรียนได้ฝึกทักษะการสื่อสารระหว่างสมาชิก เช่น การเป็นผู้นำ การตัดสินใจ การแก้ปัญหา ฯลฯ					
18	ผู้เรียนปฏิบัติตามกิจกรรมเป็นไปตามลำดับขั้นตอน					

D.4 The questionnaire of teacher' opinions toward the unit

แบบวัดความคิดเห็นของครูต่อหน่วยการเรียนรู้
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อพัฒนาทักษะการคิด
อย่างมีวิจารณญาณ โดยวิธีสหวิทยาการ

คำชี้แจง หลังจากครูได้อ่านข้อความต่างๆอย่างรอบคอบแล้ว ให้ครูตัดสินใจว่าจะเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับข้อความเหล่านั้น โดยทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ครูเห็นว่าตรงกับระดับความคิดเห็นของครู ดังนี้

ช่องหมายเลข 1 ถ้าครู ไม่เห็นด้วยมากที่สุด

ช่องหมายเลข 2 ถ้าครู ไม่เห็นด้วย

ช่องหมายเลข 3 ถ้าครู ไม่แน่ใจ

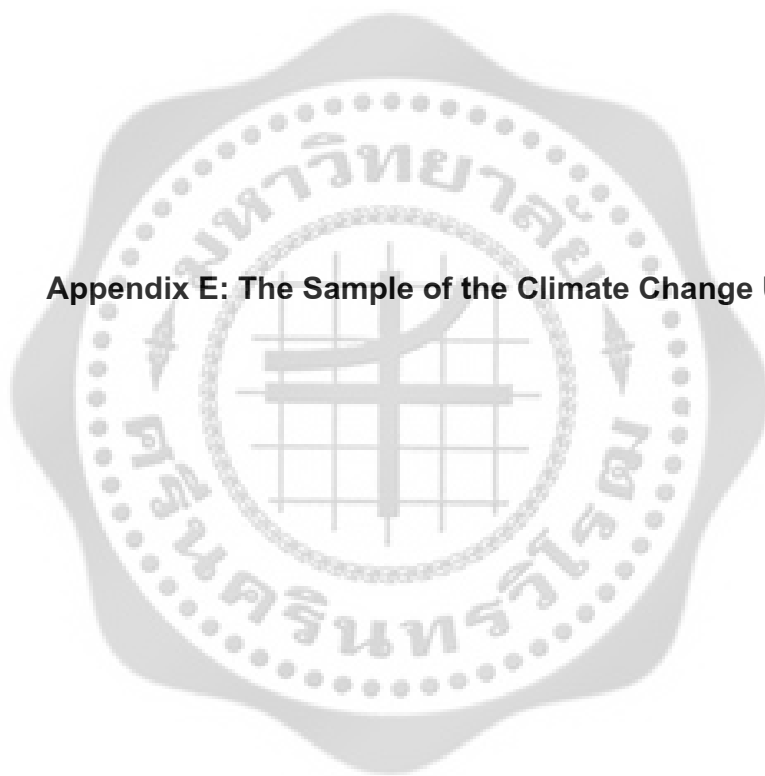
ช่องหมายเลข 4 ถ้าครู เห็นด้วย

ช่องหมายเลข 5 ถ้าครู เห็นด้วยมากที่สุด

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
1	หน่วยการเรียนรู้มีความเหมาะสม ชัดเจน กับนักเรียน					
2	กิจกรรมต่างๆในหน่วยการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับนักเรียน					
3	เนื้อหาสาระการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เป็นไปตามลำดับความยากง่าย เหมาะสมกับนักเรียน					
4	เนื้อหาสาระการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้มีความถูกต้อง					
5	สาระการเรียนรู้ของหน่วยการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการดำเนินชีวิตประจำวันของนักเรียนได้					
6	หน่วยการเรียนรู้สอดคล้องกับความต้องการและความสนใจของนักเรียน ผู้ปกครอง ชุมชน และสถานศึกษา					
7	สาระการเรียนรู้ของหน่วยการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตร					

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
8	หน่วยการเรียนรู้สามารถเชื่อมโยงความรู้ทางวิชาการกับกิจกรรมการทดลองจริงได้					
9	หน่วยการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์และตัดสินใจ แก้ไขปัญหาได้อย่างเป็นระบบ					
10	หน่วยการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสามารถศึกษาและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง					
11	มีแหล่งในการศึกษาเรียนรู้ที่หลากหลายให้แก่นักเรียน					
12	นักเรียนได้รับการส่งเสริมให้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้และทักษะนอกชั้นเรียน					
13	มีสื่อและเทคโนโลยีเพื่อช่วยเสริมการเรียนรู้ให้กับนักเรียนอย่างเพียงพอ					
14	การจัดการเรียนการสอนมีการสอดแทรกคุณธรรม จริยธรรมให้แก่นักเรียน					
15	โรงเรียนควรเสนอให้มีการจัดการเรียนการสอนหน่วยการเรียนรู้ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแก่นักเรียนต่อไป					
16	กิจกรรมต่างๆในหน่วยการเรียนรู้ที่ใช้วิธีสหวิทยาการสามารถพัฒนาความคิดวิจารณ์ญาณแก่นักเรียนได้					
17	การจัดการเรียนการสอนในหน่วยการเรียนรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยใช้วิธีสหวิทยาการมีความเหมาะสมแก่นักเรียน					
18	ครูสามารถจัดกิจกรรมการทดลองต่างๆในหน่วยการเรียนรู้ได้เองเป็นอย่างดี					
19	หน่วยการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้เป็นอย่างดี					
20	นักเรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น ผ่านการทำกิจกรรมและการทดลอง					
21	นักเรียนสามารถทำกิจกรรมการทดลองได้เองเป็นอย่างดีโดยมีครูให้คำแนะนำบ้าง					
22	การให้นักเรียนได้นำเสนอผลการทำกิจกรรมและการทดลองมีประโยชน์มากต่อตัวนักเรียนเอง					

Appendix E: The Sample of the Climate Change Unit



1. แนวคิดและหลักการ

การคิด และการสอนคิด เป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่งในการจัดการศึกษาให้มีคุณภาพสูง โดยเน้นในเรื่องของการพัฒนาผู้เรียนให้เติบโตขึ้นอย่างมีคุณภาพในทุก ๆ ด้านและการเป็นพลเมืองที่ดี แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2545- 2559) ได้กำหนดวิสัยทัศน์ในการพัฒนาประเทศ มุ่งพัฒนาสู่สังคมที่เข้มแข็งและมีคุณภาพ ใน 3 ด้าน คือ สังคมคุณภาพ สังคมแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ และสังคมสมานฉันท์และเอื้ออาทรต่อกัน โดยกำหนดว่า สังคมแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ ที่เปิดโอกาสให้คนไทยทุกคนสามารถคิดเป็น ทำเป็น มีเหตุผล มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถเรียนรู้ได้ตลอดชีวิต รู้เท่าทันโลก เพื่อพร้อมรับกับการเปลี่ยนแปลง สามารถสั่งสมทุนทางปัญญา รักษาและต่อยอดภูมิปัญญา ท้องถิ่นได้อย่างเหมาะสม และแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ (2545- 2559) ได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการพัฒนาการคิดไว้ในจุดประสงค์ว่า สร้างสังคมไทยให้เป็นสังคมแห่งคุณธรรม ภูมิปัญญา และการเรียนรู้ การพัฒนาสังคมแห่งการเรียนรู้ เพื่อเสริมสร้างความรู้ ความคิด ความประพฤติ และคุณธรรม โดยมีเป้าหมายที่คนไทยทุกคนมีทักษะและกระบวนการในการคิด การวิเคราะห์ และการแก้ปัญหา มีความใฝ่รู้ และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมสามารถพัฒนาตนเองได้อย่างต่อเนื่องเต็มตามศักยภาพ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นสิ่งจำเป็นในการทำหน้าที่ให้สมบูรณ์ของบุคคลและเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการมีส่วนร่วมอย่างมีประสิทธิภาพในสังคมประชาธิปไตย โดยมีพื้นฐานความเชื่อที่ว่า การกระทำของบุคคลและความเชื่อมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันและกัน บุคคลจะกระทำหรือไม่กระทำการสิ่งใดย่อมขึ้นอยู่กับความเชื่อที่มีต่อสิ่งนั้น แต่สิ่งสำคัญอันดับแรก คือการคิดไตร่ตรองอย่างรอบคอบ มีเหตุผล จึงมุ่งตัดสินใจว่าอะไรควรเชื่อ อะไรควรปฏิบัติ การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นการคิดอย่างมีเป้าหมาย การตัดสินใจกำกับได้ด้วยตนเองโดยขึ้นอยู่กับเหตุผลที่พิจารณาจากหลักฐาน เนื้อหาสาระ แนวคิด วิธีการและกฎเกณฑ์ต่างๆ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของบุคคลในสังคมแห่งการเรียนรู้

2. ทฤษฎีและวิธีการที่ใช้ในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้นี้ได้พัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของการพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิจารณ์ โดยใช้วิธีการสหวิทยาการ ซึ่งลักษณะของทักษะการคิดเชิงวิจารณ์และวิธีการสหวิทยาการเป็นดังนี้

2.1 ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) หมายถึง การพิจารณาไตร่ตรอง ด้วยเหตุผลอย่างรอบครอบ โดยอาศัยหลักฐานข้อสรุปที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้นๆ การคิดอย่างมี วิจารณญาณจะเริ่มจากสถานการณ์ที่ยุ่งยาก ซับซ้อน และจบลงด้วยสถานการณ์ที่มีการ พิจารณาไตร่ตรองด้วยเหตุผลว่า สิ่งใดมีความสำคัญเป็นสิ่งจำเป็นก่อนจะตัดสินใจเชื่อหรือ ปฏิบัติ

กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะนำไปสู่การคิดตัดสินใจอย่างรอบคอบ เพื่อให้เห็น ว่าเรื่องใดควรเชื่อหรือไม่ควรเชื่อ สิ่งใดควรทำหรือไม่ควรทำ เพราะเหตุใด

ผู้ที่มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณจะเป็นคนใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น อย่างมีเหตุผล ไม่ยึดความคิดเห็นของตนเองเป็นหลัก ก่อนตัดสินใจอย่างใดต้องมีข้อมูล หลักฐานเพียงพอ และสามารถเปลี่ยนความคิดเห็นของตนเองได้ หากเห็นว่าความคิดเห็นของ ผู้อื่นดีกว่า มีเหตุผลมากกว่า นอกจากนี้ผู้ที่มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณจะต้องเป็นผู้ที่มีความ กระตือรือร้นในการแสวงหาข้อมูล และความรู้อยู่เสมอ ตลอดจนเป็นผู้ที่มีเหตุผล ไม่ใช้อคติหรือ อารมณ์ของตนเองเป็นสำคัญ นอกจากนี้ยังเป็นผู้ที่ไวต่อความรู้สึกของผู้อื่น เข้าใจผู้อื่น ทำให้ รับรู้สถานการณ์ความคิด ความรู้สึกของผู้อื่นได้ดี

พฤติกรรมบ่งชี้ของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1. สามารถกำหนดเป้าหมายการคิดได้อย่างถูกต้อง
2. สามารถระบุประเด็นในการคิดได้อย่างชัดเจน
3. สามารถประมวลข้อมูลทั้งด้านข้อเท็จจริง และความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็น ที่คิดทั้งทางกว้าง ทางเลือก ทางไกล
4. สามารถวิเคราะห์ข้อมูล และเลือกข้อมูลที่จะใช้ในการคิดได้
5. สามารถประเมินข้อมูลได้
6. สามารถใช้หลักเหตุผลในการพิจารณาข้อมูล และเสนอคำตอบ / ทางเลือกที่ สมเหตุสมผลได้
7. สามารถเลือกทางเลือก / ลงความเห็นในประเด็นที่คิดได้

ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นี้จะส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 4 ทักษะ คือ

1. การให้เหตุผลแบบอุปนัย

คือ การอ้างเหตุผลโดยอาศัยหลักฐานจากประสบการณ์ ซึ่งมีลักษณะดังนี้

1. อาศัยหลักฐานจากประสบการณ์
2. เริ่มต้นจากข้อมูลที่มีลักษณะเฉพาะ (particular) ไปสู่ข้อสรุปซึ่งมีลักษณะทั่วไป (universal)
3. ความน่าเชื่อถือของข้อสรุปอยู่ในระดับ ความน่าจะเป็น (probability)
4. มีความรู้ใหม่เกิดขึ้น

2. การสังเกตและประเมินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล

คือ ความสามารถในการพิจารณาตัดสินความถูกต้องของข้อมูล ความเป็นไปได้ของข้อความ หรือจากรายงานที่ได้จากการสังเกต เป็นการสังเกตข้อมูลที่ได้รับมาแล้วทำการประเมินว่าแหล่งที่มาของข้อมูลที่น่าเชื่อถือหรือไม่ หรือถ้าเราได้ข้อมูลในสถานการณ์เดียวกันมากกว่า 1 ข้อมูล ก็ทำการสังเกตและประเมินว่าข้อมูลใดมีความน่าเชื่อถือมากกว่ากัน

3. การให้เหตุผลแบบนิรนัย

คือ การอ้างเหตุผลที่อาศัยหลักฐานจากความรู้เดิมหรือความจริงทั่วไปซึ่งเป็นที่ยอมรับ ซึ่งมีลักษณะดังนี้

1. อาศัยหลักฐานจากความรู้เดิม
2. เริ่มต้นจากข้ออ้างซึ่งมีลักษณะทั่วไป (universal) ไปสู่ข้อสรุปซึ่งมีลักษณะเฉพาะ (particular)
3. ความน่าเชื่อถือของข้อสรุปอยู่ในขั้นความแน่นอน (certainty)
4. ไม่ให้ความรู้ใหม่

4. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น

คือ ความสามารถที่รู้และบอกได้ว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ซึ่งเป็นข้อความที่จำเป็นต้องมีก่อนข้อความที่กำหนดให้ เพื่อให้ข้อความมีความถูกต้องในการหาข้อสรุป

2.2 วิธีสหวิทยาการ (Interdisciplinary Approach)

วิธีสหวิทยาการ (Interdisciplinary Approach) เป็นการสร้างหัวเรื่อง (Theme) ขึ้นมาแล้วนำเนื้อหาจากวิชาต่างๆ มาโยงสัมพันธ์กับหัวเรื่องนั้น ซึ่งบางครั้งก็อาจเรียกวิธีแบบนี้ได้ว่า สหวิทยาการแบบมีหัวข้อ (Thematic Interdisciplinary Studies) หรือบูรณาการที่เน้นการนำไปใช้เป็นหลัก (Application – First Approach)

การกำหนดหัวเรื่อง (Theme) ได้แก่ การสร้างหัวเรื่องโดยมีหลักในการกำหนดหัวเรื่องดังนี้

1. เป็นเรื่องที่น่าสนใจ และมีโอกาสได้เลือกเรียน
2. เป็นเรื่องที่สามารถโยงความสัมพันธ์ได้หลายวิชาหรือหลายกลุ่มประสบการณ์
3. เป็นเรื่องที่น่าสนใจนักเรียนมีประสบการณ์เดิมอยู่แล้วและสอดคล้องกับชีวิตจริง และมีความหมายต่อผู้เรียน
4. เป็นเรื่องที่มีแหล่งความรู้ให้ผู้เรียนรู้ได้ศึกษาค้นคิดอย่างหลากหลาย และเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับท้องถิ่นกับความรู้ที่เป็นสากล
5. เป็นเรื่องที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียนและส่งเสริมการพัฒนาผู้เรียนรอบด้าน การตั้งชื่อต้องทันสมัย และน่าสนใจยั่วให้ผู้เรียนอยากรู้ อยากเรียน

วิธีสอนเชิงสหวิทยาการ

เป็นการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมมือกันค้นคว้า หรือศึกษาสิ่งที่สนใจ นักเรียนกับครูจะต้องร่วมมือกันเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ นักเรียนอาจเป็นกลุ่มเล็กๆ หรือศึกษาเป็นรายบุคคลก็ได้เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงหลายรายวิชาเข้าด้วยกัน ไม่ใช่แต่ด้านเนื้อหาวิชาเข้าด้วยกัน แต่ยังเกี่ยวข้องกับวิธีสอนของครูอีกด้วย ถ้าครูสอนแยกเป็นรายวิชาจะทำให้การเรียนการสอนไม่ต่อเนื่อง

ลักษณะของหน่วยการเรียนรู้แบบสหวิทยาการ ประกอบด้วย

1. การจัดเวลาให้มากพอแก่การเรียนรู้
2. การศึกษาหาความรู้เป็นไปอย่างอิสระภายใต้การแนะนำของครู
3. การศึกษาเพื่อเสริมสร้างความรู้ ครูต้องใช้เวลาให้เหมาะสมเพื่อเสริมสร้างรากฐานความรู้ให้นักเรียน
4. มีการตอบสนองความสนใจที่ต่างกันของนักเรียน

องค์ประกอบในการเรียนเชิงสหวิทยาการทั้ง 4 ประการนี้ ทำให้ครูค้นพบความสามารถและความสนใจของนักเรียนและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะต่างๆ ของตนให้ก้าวหน้าต่อไป

แนวทางในการจัดการเรียนการสอนเชิงสหวิทยาการ

หน่วยการเรียนรู้เชิงสหวิทยาการจะรวมเนื้อหาหลายวิชามาอยู่ในหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนจะใช้เวลาเรียนรู้ทักษะของวิชาต่างๆ และใช้เวลาประยุกต์ทักษะเหล่านั้น หน่วยการเรียนรู้เชิงสหวิทยาการใช้วิธีการสอน 2 แบบคือ

1. การสอนทางตรง [Direct Teaching] สำหรับทักษะพื้นฐานที่จำเป็นของแต่ละวิชา
2. การสอนทางอ้อม [Indirect Teaching] สำหรับบทเรียนที่นักเรียนนำทักษะพื้นฐานมาใช้ในการทำกิจกรรมที่ต้องใช้ความรู้จากหลายๆ วิชา

ครูที่สอนโดยใช้หน่วยการเรียนรู้เชิงสหวิทยาการ ควรพยายามให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมให้มากที่สุด การเรียนตามหน่วยการเรียนรู้เชิงสหวิทยาการ ต้องใช้วิธีต่างๆ เช่น การเรียนอย่างอิสระ การเรียนรวมกันเป็นกลุ่มๆ การเรียนรู้จากวัสดุอุปกรณ์ และการเรียนรู้จากประสบการณ์ รวมทั้งการเรียนรู้จากแบบเรียนด้วย

โครงสร้างพื้นฐานของการเรียนเชิงสหวิทยาการคือ การจัดเวลา สถานที่ วัสดุอุปกรณ์ และความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล การมีเวลาสำหรับการทำกิจกรรม และต้องอาศัยความต่อเนื่องด้วย บทบาทของครูในชั่วโมงกิจกรรม ก็คือต้องไม่นั่งอยู่เฉยๆ ต้องเดินไปสังเกตการทำงานของนักเรียน การร่วมฟังการอภิปรายของนักเรียนทุกกลุ่ม ครูต้องเข้าไปร่วมกิจกรรมกลุ่มที่นักเรียนต้องการ วิธีการสอนแบบนี้ ครูมีบทบาทเป็นผู้แนะนำ ผู้จัดการ และผู้อำนวยความสะดวกเท่านั้น โดยอาจต้องการใช้การสอนหลายรูปแบบ เพื่อสนองความต้องการหรือความสนใจของนักเรียนแต่ละคน การสอนแบบนี้คือการสอนทางอ้อมนั่นเอง

สิ่งสำคัญในการสอนเชิงสหวิทยาการก็คือ วิธีนี้เปิดโอกาสให้ครูได้สอน โดยเน้นถึงศูนย์กลาง โดยครูต้องสนใจว่าเด็กแสดงความเป็นตัวของตัวเอง และแสดงต่อผู้อื่นอย่างไรบ้าง รวมทั้งต้องสนใจว่าเด็กได้เรียนรู้อะไรบ้าง ดังนั้น รูปแบบการสอนเชิงสหวิทยาการ จึงต้องการการผสมผสานระหว่างวิธีการเรียนการสอนกับแนวคิดทางจิตวิทยาเข้าด้วยกัน

3. มาตรฐานสาระการเรียนรู้ และตัวชี้วัดชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ในหน่วยการเรียนรู้นี้ได้พัฒนาขึ้นให้สอดคล้องกับมาตรฐานสาระการเรียนรู้ และตัวชี้วัดในสาระการเรียนรู้ต่างๆ ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งมาตรฐานสาระการเรียนรู้ และตัวชี้วัดที่ใช้มีดังนี้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสิ่งแวดล้อมของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ

สาระที่ 3 ภาษากับความสัมพันธ์กับกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น

มาตรฐาน ต 3.1 ใช้ภาษาต่างประเทศในการเชื่อมโยงความรู้กับกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น และเป็นพื้นฐานในการพัฒนา แสวงหาความรู้ และเปิดโลกทัศน์ของตน

กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย

สาระที่ 1 การอ่าน

มาตรฐาน ท 1.1 ใช้กระบวนการอ่านสร้างความรู้และความคิด เพื่อนำไปใช้ตัดสินใจแก้ปัญหาในการดำเนินชีวิตและมีนิสัยรักการอ่าน

สาระที่ 2 การเขียน

มาตรฐาน ท 2.1 ใช้กระบวนการเขียนเขียนสื่อสาร เขียนเรียงความ ย่อความ และเขียนเรื่องราวในรูปแบบต่างๆ เขียนรายงานข้อมูลสารสนเทศและรายงานการศึกษาค้นคว้าอย่างมีประสิทธิภาพ

สาระที่ 3 การฟัง การดู และการพูด

มาตรฐาน ท 3.1 สามารถเลือกฟังและดูอย่างมีวิจารณญาณ และพูดแสดงความรู้ ความคิด และความรู้สึกในโอกาสต่างๆ อย่างมีวิจารณญาณและสร้างสรรค์

กลุ่มสาระการเรียนรู้ศิลปะ

สาระที่ 1 ทักษะศิลป์

มาตรฐาน ศ 1.1 สร้างสรรค์งานทัศนศิลป์ตามจินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ วิเคราะห์ วิพากษ์ วิจัยคุณค่างานทัศนศิลป์ ถ่ายทอดความรู้สึก ความคิดต่องานศิลปะอย่างอิสระ ชื่นชม และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สาระที่ 4 พีชคณิต

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical model) อื่น ๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหา

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

4. เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามหน่วยการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้วิธีสหวิทยาการ มีเป้าหมายสำคัญดังต่อไปนี้

1. เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งมีความสำคัญมากต่อนักเรียนที่จะต้องประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันของนักเรียน
2. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดเชิงวิจารณญาณ
3. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์
5. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมที่หลากหลายตามวิธีสหวิทยาการ



5. คำแนะนำเกี่ยวกับหน่วยการเรียนรู้

5.1 ลักษณะของหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้นี้เป็นหน่วยการเรียนรู้สำหรับใช้สอนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้วิธีสหวิทยาการ เป็นหน่วยการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นอย่างสอดคล้องและตรงตามสาระมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามรายวิชาต่างๆคือ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ศิลปะ ภาษาอังกฤษ และภาษาไทย โดยมีชั้นการเรียนรู้และกิจกรรมที่น่าสนใจที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและเข้าใจเนื้อหาวิชามากยิ่งขึ้น

5.2 เนื้อหาของหน่วยการเรียนรู้

เนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ 8 แผน โดยแต่ละแผนมีเนื้อหาดังนี้

ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้	กิจกรรม	สาระวิชาที่ใช้
แผนที่ 1 บรรยายภาพที่ห่อหุ้มโลก จำนวน 3 คาบ	กิจกรรมที่ 1 แยกแยะองค์ประกอบของอากาศ กิจกรรมนี้นักเรียนจะสร้างแผนภูมิวงกลมเพื่อแยกแยะองค์ประกอบของอากาศว่ามีอะไรบ้าง และมีอัตราส่วนเท่าใด กิจกรรมที่ 2 สืบหาองค์ประกอบของอากาศ แบ่งออกเป็น 3 การทดลองคือ การทดลองที่ 1 สืบหาไอน้ำในอากาศ เป็นการทดลองเพื่อตรวจสอบว่าในอากาศมีไอน้ำหรือไม่ การทดลองที่ 2 สืบหาก๊าซออกซิเจนในอากาศ เป็นการทดลองเพื่อตรวจสอบว่าในอากาศมีก๊าซออกซิเจนหรือไม่	1. วิทยาศาสตร์ 2. ภาษาต่างประเทศ 3. ภาษาไทย 4. ศิลปะ 5. คณิตศาสตร์

ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้	กิจกรรม	สาระวิชาที่ใช้
แผนที่ 1 บรรยายอากาศที่ห่อหุ้มโลก (ต่อ)	การทดลองที่ 3 สืบหาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ เป็นการทดลองเพื่อตรวจสอบว่าในอากาศมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือไม่	
แผนที่ 2 ปัจจัยสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ จำนวน 3 คาบ	กิจกรรมที่ 1 สร้างกราฟแสดงข้อมูล ในกิจกรรมนี้จะฝึกให้นักเรียนได้รู้จักการสร้างกราฟจากข้อมูลที่ได้จากครู เพื่อให้นักเรียนได้รู้จักส่วนต่างๆของกราฟเพื่อเป็นประโยชน์ในการแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ในรูปของกราฟ กิจกรรมที่ 2 แปรข้อมูลจากกราฟ ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้ฝึกแปลความหมายข้อมูลจากกราฟที่กำหนดให้ โดยนักเรียนจะต้องความสัมพันธ์ของข้อมูลต่างๆในกราฟให้ได้ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร	1. วิทยาศาสตร์ 2. ศิลปะ 3. คณิตศาสตร์
แผนที่ 3 ธารน้ำแข็งที่หายไป จำนวน 3 คาบ	กิจกรรมที่ 1 ละครใบ้แสดงการเปลี่ยนแปลงของธารน้ำแข็ง กิจกรรมนี้นักเรียนจะได้แสดงละครใบ้เลียนแบบการเปลี่ยนแปลงของธารน้ำแข็งซึ่งมี 3 ระยะด้วยกันคือ 1) การสะสมตัว 2) การเคลื่อนที่ไปข้างหน้า และ 3) การถดถอย เพื่อให้นักเรียนได้สนุกกับการทำกิจกรรมและเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของธารน้ำแข็งดียิ่งขึ้น	1. วิทยาศาสตร์ 2. ภาษาไทย 3. ศิลปะ

ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้	กิจกรรม	สาระวิชาที่ใช้
แผนที่ 3 ธารน้ำแข็งที่หายไป (ต่อ)	กิจกรรมที่ 2 เปรียบเทียบภาพธารน้ำแข็ง กิจกรรมนี้นักเรียนจะได้ภาพธารน้ำแข็ง 2 ภาพ ที่เกิดในระยะเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อให้นักเรียนได้เปรียบเทียบว่าธารน้ำแข็งในสถานที่เดียวกัน แต่ระยะเวลาต่างกันจะมีความแตกต่างกันอย่างไร โดยให้เขียนเปรียบเทียบโดยใช้แผนภาพเวนน์ กิจกรรมที่ 3 เทือกเขาหิมาลัยกับประเทศไทย กิจกรรมนี้นักเรียนจะได้ภาพของธารน้ำแข็งบนเทือกเขาหิมาลัย ซึ่งนักเรียนจะต้องช่วยกันวิเคราะห์ว่า หากธารน้ำแข็งบนเทือกเขาหิมาลัยหมดไป จะส่งผลกระทบต่อประเทศไทยบ้าง	
แผนที่ 4 กระแสน้ำมหาสมุทร จำนวน 3 คาบ	การทดลองที่ 1 ความหนาแน่นของน้ำ: น้ำร้อนและน้ำเย็น นักเรียนจะได้ทำการทดลองเพื่อสรุปให้ได้ว่า ระหว่างน้ำร้อนกับน้ำเย็น มีความหนาแน่นแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งจะสามารถนำไปสู่ข้อสรุปได้ว่า การไหลของกระแสน้ำมหาสมุทรเป็นอย่างไร การทดลองที่ 2 ความหนาแน่นของน้ำ: น้ำเค็มและน้ำจืด นักเรียนจะได้ทำการทดลองเพื่อสรุปให้ได้ว่า ระหว่างน้ำเค็มกับน้ำจืด (เค็มน้อยกว่า) มีความหนาแน่นแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งจะสามารถนำไปสู่ข้อสรุปได้ว่า การไหลของกระแสน้ำมหาสมุทรเป็นอย่างไร	1. วิทยาศาสตร์ 2. ภาษาไทย 3. ศิลปะ

ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้	กิจกรรม	สาระวิชาที่ใช้
แผนที่ 5 ย้อนเวลาไปกับแห่งน้ำแข็ง จำนวน 3 คาบ	กิจกรรมที่ 1 สํารวจแห่งน้ำแข็ง ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้สํารวจแห่งน้ำแข็งจำลอง โดยนักเรียนจะต้องวาดภาพแห่งน้ำแข็งที่ได้รับว่ามีลักษณะอย่างไร เพื่อฝึกการสังเกตลักษณะที่สำคัญของแห่งน้ำแข็ง กิจกรรมที่ 2 สร้างกราฟจากแห่งน้ำแข็ง ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้สร้างกราฟจากข้อมูลต่างๆที่ได้จากแห่งน้ำแข็งจำลองในกิจกรรมที่ 1 ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ว่าเวลาที่นักวิทยาศาสตร์ได้แห่งน้ำแข็งโบราณมา พวกเขาจะต้องแปลข้อมูลจากแห่งน้ำแข็งอย่างไร กิจกรรมที่ 3 ปริศนาอักษรไขว้ นักเรียนจะได้สร้างปริศนาอักษรไขว้จากคำศัพท์ภาษาอังกฤษที่เกี่ยวข้องกับแห่งน้ำแข็ง โดยนักเรียนจะต้องหาความหมายของคำศัพท์เหล่านั้นก่อนจึงจะสร้างปริศนาอักษรไขว้ได้	1. วิทยาศาสตร์ 2. ภาษาต่างประเทศ 3. ศิลปะ 4. คณิตศาสตร์
แผนที่ 6 ชีวิตในเรือนกระจก จำนวน 3 คาบ	กิจกรรมที่ 1 วาดภาพปรากฏการณ์เรือนกระจก ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้ฝึกวาดภาพเกี่ยวกับปรากฏการณ์เรือนกระจกให้สมบูรณ์ โดยนักเรียนจะได้ฟังสิ่งที่บรรยายเกี่ยวกับรายละเอียดต่างๆที่ต้องวาดเติมลงไปเพื่อให้ภาพเกี่ยวกับปรากฏการณ์เรือนกระจกสมบูรณ์	1. วิทยาศาสตร์ 2. ศิลปะ

ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้	กิจกรรม	สาระวิชาที่ใช้
แผนที่ 6 ชีวิตในเรือนกระจก (ต่อ)	กิจกรรมที่ 2 เกมคำถามตามแต้ม ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้ทดสอบความรู้ผ่านการเล่นเกมที่ประกอบด้วยคำถามระดับต่างๆ เพื่อให้นักเรียนได้สนุกกับการตอบคำถามไปพร้อมกับการสะสมคะแนนเพื่อแข่งขันกัน นักเรียนจะได้ทดสอบความรู้ของนักเรียนกับคำถามระดับต่างๆ	
แผนที่ 7 รอยเท้าคาร์บอน (carbon footprint) จำนวน 3 คาบ	กิจกรรมที่ 1 วิเคราะห์การประชุม รัฐภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นักเรียนจะได้จัด “การประชุมในชั้นเรียนว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ” เพื่อกำหนดมาตรการในการหยุดยั้งภาวะโลกร้อนร่วมกัน โดยแต่ละกลุ่มจะต้องเสนอโครงการที่จะลดภาวะโลกร้อน โดยเสนอวิธีการดังกล่าวให้เพื่อนๆในชั้นได้ฟัง กิจกรรมที่ 2 คำนวณหาปริมาณคาร์บอน ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้คำนวณปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่จะถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศจากภายในครอบครัวของนักเรียนเอง ซึ่งก็คือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	1. วิทยาศาสตร์ 2. ภาษาไทย 3. คณิตศาสตร์

ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้	กิจกรรม	สาระวิชาที่ใช้
แผนที่ 7 รอยเท้าคาร์บอน (carbon footprint) (ต่อ)	กิจกรรมที่ 3 ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานทางเลือก ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้สวมบทบาทเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานทางเลือกต่างๆ แล้วนักเรียนจะต้องบอกข้อดีข้อเสียของพลังงานทางเลือกที่นักเรียนรับบทเป็นผู้เชี่ยวชาญ	
แผนที่ 8 ชีวิตนิเวศกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	กิจกรรมที่ 1 กิจกรรมสืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับชีวิตนิเวศแบบต่างๆ ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้แบ่งกลุ่มเพื่อค้นคว้าเกี่ยวกับชีวิตนิเวศที่กลุ่มนักเรียนได้รับ โดยนักเรียนจะต้องเขียนรายละเอียดเกี่ยวกับชีวิตนิเวศตามที่ครูได้กำหนดไว้ กิจกรรมที่ 2 เกม “สายใยแห่งความสัมพันธ์” ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้เล่นเกมที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่างๆในชีวนิเวศ ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้ถึงผลกระทบต่างๆที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของชีวนิเวศ	1. วิทยาศาสตร์ 2. ภาษาไทย 3. ศิลปะ

5.3 คำแนะนำสำหรับครู

1. หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีเอกสารประกอบการเรียนรู้ ครูผู้สอนจะต้องศึกษาให้เข้าใจก่อนนำหน่วยการเรียนรู้นี้ไปใช้
2. ครูผู้สอนจะต้องศึกษาแผนการจัดการเรียนรู้ให้เข้าใจทุกครั้งก่อนทำการสอนและตรวจสอบความเรียบร้อยของเอกสารประกอบการเรียนรู้ทุกครั้งก่อนนำไปใช้

3. ครูจะต้องศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในหน่วยการเรียนรู้ก่อนนำไปใช้ คือ ครูต้องทำความเข้าใจว่าทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณนั้นมีลักษณะอย่างไร และวิธีสหวิทยาการนั้นเป็นอย่างไร
4. ในการทำกิจกรรม ครูต้องกำชับให้นักเรียนตั้งใจทำกิจกรรมอย่างเต็มที่ กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ทักษะการคิดในการทำกิจกรรมและสรุปผลของการทำกิจกรรม
5. ก่อนเรียนทุกครั้งนักเรียนจะต้องทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน และภายหลังที่เรียนจบแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ครูผู้สอนจะต้องให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนประจำหน่วยการเรียนรู้ โดยครูจะต้องตรวจสอบความพร้อมของแบบทดสอบและกระดาษคำตอบให้ครบตามจำนวนนักเรียนทุกคน และจะต้องคอยดูแลให้นักเรียนแต่ละคนทำแบบทดสอบด้วยตนเอง
6. ครูต้องเตรียมห้องเรียนหรือสถานที่และอุปกรณ์ให้พร้อมก่อนการใช้หน่วยการเรียนรู้



6. แนวปฏิบัติของการจัดการเรียนการสอน

การใช้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิจักษ์ญาณโดยวิธีสหวิทยาการ มีแนวปฏิบัติดังนี้

1. **ผู้ใช้หน่วยการเรียนรู้:** หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่พัฒนาขึ้นนี้ มีแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิจักษ์ญาณ โดยกิจกรรมต่างๆในหน่วยการเรียนรู้เป็นกิจกรรมสหวิทยาการ ที่ต้องอาศัยรายวิชาต่างๆในการดำเนินกิจกรรม และกิจกรรมที่หลากหลายจะกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิจักษ์ญาณได้ ดังนั้นครูผู้สอนจะต้องศึกษาทำความเข้าใจและปฏิบัติตามคู่มือการจัดการเรียนรู้ให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ซึ่งได้กำหนดแนวปฏิบัติไว้อย่างชัดเจนก่อนที่จะนำไปใช้กับผู้เรียน

2. **กลุ่มเป้าหมาย:** นักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายของหน่วยการเรียนรู้นี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่จะทำการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งครูสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับนักเรียนในระดับอื่นตามความเหมาะสม

3. ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้นี้ คือ 24 คาบ

4. หน่วยการเรียนรู้นี้จะประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ และเอกสารประกอบการเรียน พร้อมทั้งแนวทางการวัดและประเมินผล

5. เพื่อให้การใช้หน่วยการเรียนรู้ประสบความสำเร็จสูงสุด และในการดำเนินการตามขั้นตอนที่จะช่วยให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ผลตามเป้าหมาย และประสบความสำเร็จสูงสุด ครูผู้สอนจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษากระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามหน่วยการเรียนรู้นี้ให้ละเอียดก่อนการดำเนินการ ดังนี้

- ศึกษาคู่มือการจัดการเรียนรู้ให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ว่ามีขั้นตอนกระบวนการในการจัดกิจกรรมอย่างไร ประกอบด้วยเอกสารอะไรบ้าง
- ศึกษาเนื้อหาในเอกสารให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ก่อนจะดำเนินการใช้
- จัดเตรียมอุปกรณ์ และสิ่งแวดล้อมในชั้นเรียนที่เสนอแนะให้พร้อม ก่อนการใช้หน่วยการเรียนรู้

หมายเหตุ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามหน่วยการเรียนรู้นี้นั้น ใช้แผนการจัดการเรียนรู้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จริงนั้น บางครั้งอาจมีการปรับเปลี่ยนให้เกิดความเหมาะสม ทั้งในเรื่องของเวลา สถานที่ และรายละเอียดของเนื้อหาสาระ ให้มีความสอดคล้องกับความต้องการและความสนใจของผู้เรียนได้

7. การเตรียมความพร้อม

กิจกรรมการเรียนรู้การสอนในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิจารณ์โดยวิธีสหวิทยาการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 นั้น ประกอบด้วยใบความรู้ ใบกิจกรรม ใบบันทึกผลการทำกิจกรรม และแบบทดสอบประเมินความรู้ของนักเรียนที่ครูผู้สอนสามารถนำไปใช้ได้ทันที หรืออาจนำไปปรับปรุงและเพิ่มเติมได้ตามความเหมาะสม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มากที่สุด

ครูผู้สอนควรเตรียมความพร้อมดังต่อไปนี้

การเตรียมสื่อและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้

กิจกรรมการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิจารณ์โดยวิธีสหวิทยาการ นี้มุ่งเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาไปพร้อมกับพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิจารณ์ โดยนักเรียนเป็นผู้ลงมือทำกิจกรรมต่างๆ ตามใบกิจกรรมและใบความรู้ โดยมีแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับครูผู้สอนใช้เป็นแนวทาง ครูผู้สอนจึงควรเตรียมสื่อ และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ให้อยู่ในสภาพที่ใช้การได้ดี และมีจำนวนที่เพียงพอแก่นักเรียน โดยทำความเข้าใจในแผนการจัดการเรียนรู้อย่างละเอียดและชัดเจน เตรียมเอกสารนักเรียนโดยทุกกิจกรรมจะมีใบบันทึกผลการทำกิจกรรม พร้อมให้ครูผู้สอนถ่ายสำเนาเพื่อแจกให้นักเรียนทุกคน

การเตรียมเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผล

ครูผู้สอนต้องตระหนักว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลเป็นกระบวนการเดียวกัน จำเป็นต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่อง และเพื่อให้การวัดและประเมินผลได้สะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนอย่างแท้จริง ผลการประเมินควรได้มาจากแหล่งข้อมูล และวิธีการที่หลากหลาย เช่น การสังเกต การประเมินผลงานของนักเรียน บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน เป็นต้น

ดังนั้นผู้สอนควรเตรียมศึกษาวิธีการวัดและประเมินผลดังกล่าว เพื่อการเก็บข้อมูลอย่างตรงไปตรงมา และนำไปสู่การแปลผลและลงข้อสรุปที่สมเหตุสมผล

ส่วนการประเมินความรู้ในเนื้อหานั้น ครูผู้สอนสามารถใช้แบบวัดที่ได้ออกแบบไว้ได้

8. บทบาทครูและนักเรียน

8.1 บทบาทครู

ครูผู้สอนมีบทบาทในฐานะเป็นผู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาอย่างลึกซึ้ง ควบคู่ไปกับการพัฒนาความคิดขั้นสูง ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้เกิดการประยุกต์ใช้ความที่ได้กับการดำเนินชีวิตประจำวัน ซึ่งครูสามารถปฏิบัติได้ดังนี้

การใช้กลวิธีการสอน

- การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีสหวิทยาการ เป็นการจัดกิจกรรมที่หลากหลายใช้วิธีผสมผสานหลากหลายวิชาเพื่อให้ความรู้ไปกันได้กับการปฏิบัติจริง โดยเน้นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้คิด ทั้งที่เป็นรายบุคคลและกระบวนการกลุ่ม
- เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แลกเปลี่ยนความรู้หรือประสบการณ์ซึ่งกันและกัน การระดมสมองและอภิปรายกลุ่ม กับการรู้จักสื่อสารร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ ครูผู้สอนจำเป็นต้องแบ่งผู้เรียนเป็นกลุ่มย่อยๆ
- ขณะที่ครูผู้สอนใช้หน่วยการเรียนรู้ควรสังเกตความสนใจและความถนัดของนักเรียน ว่ามีความสนใจหรือความถนัดในเรื่องใดเป็นพิเศษ เพื่อจะได้พิจารณาจัดกิจกรรมได้จากแหล่งการเรียนรู้ที่มีอย่างเพียงพอที่จะให้เลือกใช้ตามความสนใจ
- ใช้รูปแบบการสอนที่สนุกไม่น่าเบื่อ และตอบสนองความสนใจของนักเรียน การจัดกิจกรรมเป็นไปตามธรรมชาติ ไม่เร่งหรือกดดันให้นักเรียนเกิดความเครียดหรือเหนื่อยกับการทำกิจกรรมมากเกินไป
- ใช้คำถามช่วยกระตุ้นนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้เกิดความเข้าใจในเรื่องที่กำลังเรียนรู้
- รับฟังความคิดเห็นของนักเรียน และให้ความสำคัญต่อการแสดงความคิดเห็นของนักเรียน
- อธิบายการทำกิจกรรมให้นักเรียนเข้าใจอย่างชัดเจน ชัดเจน ด้วยภาษาที่เข้าใจ ค่อยเป็นค่อยไป ให้กำลังใจและเป็นไปในเชิงสร้างสรรค์
- กำกับการทำกิจกรรมของนักเรียนให้ถูกต้อง อำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้จากการทำกิจกรรมได้
- ช่วยผู้เรียนสรุปประเด็นสาระที่เรียนรู้เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมสิ้นสุดลง

การจัดบรรยากาศการเรียนรู้

- ส่งเสริมและสร้างโอกาสให้นักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็นหรือนำเสนอความคิด ลดการถ่ายทอดความรู้จากครูผู้สอนให้น้อยลง

- ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างสรรค์ผลงานหรือชิ้นงาน และให้คุณค่าต่อผลงานของนักเรียนอย่างอิสระ
- สร้างบรรยากาศของความร่วมมือร่วมใจ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมอย่างเท่าเทียมกันทุกคน

การปรับปรุงพฤติกรรมการเรียนรู้

- สังเกตและประเมินนักเรียนอย่างต่อเนื่อง โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนมีพัฒนาการในภาพรวมมากกว่าจะพิจารณาจากผลการทดสอบทางวิชาการและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนประเมินตนเอง ทั้งยอมรับการประเมินจากเพื่อนและครูผู้สอน เพื่อปรับปรุงพฤติกรรม的学习ของตนเอง

การเสริมแรงและการตอบสนองของครูผู้สอนต่อนักเรียน

- ครูผู้สอนควรมีการให้รางวัลหรือชมเชยเมื่อผู้เรียนตอบคำถามหรือร่วมตอบข้อซักถามหรือเมื่อทำกิจกรรมได้ถูกต้อง เพื่อเป็นการสร้างแรงจูงใจ และเป็นกำลังใจให้แก่ผู้เรียน โดยเฉพาะนักเรียนในวัยนี้จะรู้สึกภูมิใจมากที่ได้รับคำชมเชย และการยอมรับจากผู้สอนและเพื่อน

8.2 บทบาทนักเรียน

บทบาทนักเรียนในฐานะผู้แสวงหาความรู้ และพัฒนาตนเองนั้น ครูผู้สอนควรชี้แนะให้นักเรียนเข้าใจบทบาทของตน โดยเฉพาะการฝึกฝนให้นักเรียนดำเนินการในเรื่องต่อไปนี้

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



แผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

เรื่อง ธารน้ำแข็งที่หายไป
ช่วงชั้นที่ 3 ภาคเรียนที่ 2/2555

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
เวลา 3 คาบ

1. รายวิชา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจกระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่างๆที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และ สัตว์ของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำ ความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหา ความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย

สาระที่ 1 การอ่าน

มาตรฐาน ท 1.1 ใช้กระบวนการอ่านสร้างความรู้และความคิด เพื่อนำไปใช้ตัดสินใจ แก้ปัญหาในการดำเนินชีวิตและมีนิสัยรักการอ่าน

สาระที่ 3 การฟัง การดู และการพูด

มาตรฐาน ท 3.1 สามารถเลือกฟังและดูอย่างมีวิจารณญาณ และพูดแสดงความรู้ ความคิด และความรู้สึกในโอกาสต่างๆ อย่างมีวิจารณญาณและสร้างสรรค์

กลุ่มสาระการเรียนรู้ศิลปะ

สาระที่ 1 ทักษะศิลป์

มาตรฐาน ศ 1.1 สร้างสรรค์งานทัศนศิลป์ตามจินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ วิเคราะห์ วิพากษ์ วิจัยคุณค่างานทัศนศิลป์ ถ่ายทอดความรู้สึก ความคิดต่องานศิลปะอย่าง อิสระ ชื่นชม และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

2. ตัวชี้วัดชั้นปี

2.1 สังเกต วิเคราะห์ และ อภิปรายการเกิด ปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศที่มีผลต่อมนุษย์ (ว 6.1 ม.1/3)

2.2 บันทึกและอธิบายผลการสังเกตการสำรวจ ตรวจสอบ ค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่างๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม (ว 8.1 ม.1/8)

2.3 จับใจความสำคัญจากเรื่องที่อ่าน (ท 1.1 ม.1/2)

2.4 พูดยแสดงความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์เกี่ยวกับเรื่องที่ฟังและดู (ท 3.1 ม.1/3)

2.5 ออกแบบรูปภาพ สัญลักษณ์ หรือกราฟิกอื่นๆ ในการนำเสนอความคิดและข้อมูล (ศ 1.1 ม.1/5)

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ทำความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงของธารน้ำแข็งได้

3.2 แสดงละครใบ้เกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงของธารน้ำแข็งให้ผู้อื่นเข้าใจได้

3.3 สร้างแผนภาพเวนน์เพื่อเปรียบเทียบและระบุความแตกต่างระหว่างภาพถ่ายธารน้ำแข็งได้

4. สาระสำคัญ

การจัดจำแนกธารน้ำแข็ง (Classification of Glaciers)

ธารน้ำแข็งแบ่งออกได้เป็น 4 ลักษณะคือ

1. **valley glacier** (หรือ alpine glaciers) เป็นธารของน้ำแข็ง ที่ไหลอยู่ในหุบเขา ของบริเวณที่เป็นเทือกเขา

2. **piedmont glaciers** เป็นการรวมตัวของธารน้ำแข็งตั้งแต่สองอันขึ้นไป และเคลื่อนตัวลงมาอยู่บนพื้นที่ราบตอนล่าง

3. **ice sheets** เป็นเนินของน้ำแข็งขนาดใหญ่ ที่แผ่กระจายออกไป ทุกทิศทุกทางด้วยน้ำหนักของมันเอง

4. **continental glacier** เป็นชื่อที่ใช้เรียกมวลน้ำแข็งขนาดใหญ่มาก ที่ปกคลุมส่วนที่เป็นเทือกเขา และพื้นราบส่วนใหญ่ของทวีป

การกระจายตัวของธารน้ำแข็งในปัจจุบัน (Distribution of modern glaciers)

ประมาณ 10% ของพื้นที่โลก ที่เป็นแผ่นดินถูกปกคลุมด้วยธารน้ำแข็ง พบกระจายอยู่ทั่วไป ทั้งอเมริกาเหนือ อเมริกาใต้ ยุโรป เอเชีย แอฟริกา ขั้วโลกใต้ กรีนแลนด์ ขั้วโลกเหนือ เกาะต่างๆของปาปัวนิวกินีในมหาสมุทรแปซิฟิก และ นิวซีแลนด์

พื้นที่ทั้งหมดที่ปกคลุมด้วยธารน้ำแข็ง ประมาณ 17.9 ล้านตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่ของกรีนแลนด์ประมาณ 1.8 ล้านตารางกิโลเมตร และขั้วโลกใต้ประมาณ 15.3 ล้านตารางกิโลเมตร ซึ่งคิดเป็น 96% ของพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยธารน้ำแข็ง ส่วนที่เหลืออีกประมาณ 4% เป็นธารน้ำแข็งที่ปกคลุมยอดเขา

ธารน้ำแข็งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 บริเวณ คือ zone of accumulation ซึ่งเป็นบริเวณที่สะสมตัวของหิมะ และ zone of wastage เป็นบริเวณที่หิมะละลาย รอยต่อระหว่าง 2 บริเวณนี้เรียกว่า snowline เมื่อน้ำหนักของธารน้ำแข็งที่อยู่ใน zone of accumulation มีน้ำหนักมากพอ ก็จะเริ่มมีการเคลื่อนที่ข้ามเส้น snowline มายัง zone of wastage เกิดการระเหยและการหลอมเหลว และจะเกิดมากในบริเวณที่เป็นขอบของธารน้ำแข็ง

ตำแหน่งที่เป็นส่วนหน้าของธารน้ำแข็ง จะขึ้นกับสัดส่วนระหว่างการสะสมตัวและการสูญเสีย เมื่อการสะสมตัวและการสูญเสียมียัตราเท่ากัน ส่วนหน้าของธารน้ำแข็งจะไม่เคลื่อนที่ แต่สภาพนี้จะเกิดเฉพาะช่วงเวลาสั้นๆ ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการสะสมตัวหรืออัตราการสูญเสียเพียงเล็กน้อย ก็จะทำให้ส่วนหน้าของธารน้ำแข็งเดินหน้าหรือถอยหลังได้

การเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็ง (Glacier movement)

การเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งเกิดในลักษณะที่เรียกว่า การไหล (flow) โดยทั่วไปมีความเร็วประมาณ 2-3 เมตรต่อวัน กลไกการเคลื่อนที่ เกิดจากการเคลื่อนที่ภายในธารน้ำแข็ง และการเลื่อนไถลไปตามพื้นของหุบเขา การศึกษาการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็ง อาจทำได้ง่ายๆ โดยการปักหมุดขวางธารน้ำแข็ง เมื่อเวลาผ่านไป หมุดจะมีการเคลื่อนที่ ไปตามธารน้ำแข็ง โดยหมุดที่ปักอยู่ตอนกลาง ของธารน้ำแข็ง จะมีการเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า หมุดที่ปักอยู่ใกล้ผนังของหุบเขา

หลักฐานอีกชิ้นหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่ามีการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็ง คือเศษหินที่ตกอยู่ในหุบเขาธารน้ำแข็ง เศษหินเหล่านี้ บางส่วนไม่น่าจะได้มาจากผนังของหุบเขาในบริเวณใกล้เคียง แต่จะมาจากตอนบนของหุบเขาที่ธารน้ำแข็งเคลื่อนที่มา

การเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งลงมาตามหุบเขา มักจะพาเอาเศษหินขี้ตู่ หรือขี้ตู่ขี้ตู่พื้นหุบเขาให้เป็นร่อง ซึ่งก็เป็นหลักฐานอีกชิ้นหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็ง การเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็ง ในแต่ละส่วน มีความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่เท่ากัน ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 บริเวณ คือ

1. zone of fracture เป็นส่วนบนของธารน้ำแข็ง ซึ่งมีความหนาประมาณ 30-60 เมตร มีลักษณะเปราะ มีการแตกหักง่ายเมื่อมีการเคลื่อนที่

2. zone of flow เป็นส่วนล่างของธารน้ำแข็ง อยู่ภายใต้แรงกดดัน ซึ่งมาจากน้ำแข็งที่ปิดทับอยู่ด้านบน ทำให้มีสมบัติเป็นพลาสติก

เนื่องจากส่วนล่างของธารน้ำแข็งมีลักษณะเป็นพลาสติก มีความยืดหยุ่น การเคลื่อนที่ในแต่ละบริเวณมีความเร็วไม่เท่ากันได้ แต่ธารน้ำแข็งส่วนบนซึ่งเปราะกว่า จะเกิดการแตกหักเป็นร่องลึกที่เรียกว่า เหวน้ำแข็ง (crevasses) บางครั้งอาจลึกได้ถึง 50 เมตร

การกร่อนพังโดยธารน้ำแข็ง (Glacier erosion)

ธารน้ำแข็งมีความสามารถในการพัดพาตะกอนไปได้เป็นปริมาณมากๆ เมื่อธารน้ำแข็งเคลื่อนตัวมาตามหุบเขา มันจะกัดกร่อนเอาตะกอนจากพื้นและผนังของหุบเขามาด้วย การพัดพาตะกอนของธารน้ำแข็ง แตกต่างไปจากการพัดพาตะกอนของทางน้ำหรือลม ตะกอนจะไม่ตกจมระหว่างที่มีการพัดพาตะกอน ธารน้ำแข็งสามารถพัดพาตะกอนขนาดใหญ่มากได้ การกัดกร่อนโดยธารน้ำแข็ง เกิดได้ใน 2 ลักษณะ

1. Plucking หรือ Quarrying ธารน้ำแข็งไหลที่ไหลผ่านผิวหน้าของชั้นหินที่มีรอยแตก น้ำที่ได้จากการละลายจะแทรกลงไปตามช่องว่างหรือรอยแตก เมื่อน้ำเหล่านี้แข็งตัวเป็นน้ำแข็งอีกครั้ง หินจะเกิดการแตกและธารน้ำแข็งจะดึงเอาเศษหินเหล่านี้ติดไปด้วย ขนาดของตะกอนที่ได้ในลักษณะนี้มีทุกขนาด

2. Abrasion เมื่อธารน้ำแข็งพัดพาเอาตะกอนมากับธารน้ำแข็ง จะเกิดการขัดสีกับพื้นหุบเขา ได้เป็นตะกอนขนาดเล็กละเอียดเป็นผง ที่เรียกว่า แป้งหิน (rock flour) น้ำที่ละลายจากธารน้ำแข็งอาจพาเอาแป้งหินเหล่านี้มาด้วย ทำให้ได้น้ำเป็นสีเทาคล้ายนม (skimmed milk) ซึ่งเป็นหลักฐานที่แสดงให้เห็นถึงพลังของธารน้ำแข็ง หินที่รองรับธารน้ำแข็งอยู่ด้านล่าง เมื่อธารน้ำแข็งเคลื่อนที่ผ่าน จะเกิดการขัดสี เกิดเป็นร่องบนผิวหน้าหิน เรียกว่า glacial striation ร่องรอยเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็ง

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

5.1 ขั้นทำลายและทำให้กระจ่าง

1. แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4 – 5 คน หลังจากนั้นครูแจกเนื้อหาข่าวเกี่ยวกับธารน้ำแข็งให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอ่านเพื่อทำความเข้าใจเนื้อหาข่าวนี้

2. ครูสนทนากับนักเรียนว่า ในโลกของเรานั้นมีปริมาณธารน้ำแข็งอยู่มากมาย ซึ่งในประเทศไทยของเรานั้นไม่มี แต่ธารน้ำแข็งก็มีอิทธิพลต่อโลกซึ่งรวมถึงประเทศไทยของเราด้วยเหมือนกัน ให้นักเรียนช่วยกันคิดหาเหตุผลว่า “ธารน้ำแข็งมีความสำคัญอย่างไร”

3. นักเรียนช่วยกันตอบคำถาม โดยครูจะบันทึกคำตอบโดยย่อไว้ในกระดาน

4. ครูแจกใบความรู้เรื่อง อิทธิพลของธารน้ำแข็ง ให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่ม หลังจากนั้นให้นักเรียนช่วยกันตอบใหม่อีกครั้งว่า “ธารน้ำแข็งมีความสำคัญอย่างไร” โดยเปรียบเทียบกับคำตอบเดิมว่า เหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร โดยครูจะคอยช่วยนักเรียนสรุปอีกครั้งหนึ่ง

5. จากนั้นครูถามนักเรียนว่า “ธารน้ำแข็งเกิดขึ้นมาได้อย่างไร” โดยให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถาม แล้วครูบันทึกคำตอบเอาไว้

6. ครูอธิบายเพิ่มเติมต่อว่า ธารน้ำแข็งเองก็มีเกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยต่างๆ เหมือนกัน ซึ่งในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของธารน้ำแข็งจะให้นักเรียนทำกิจกรรมต่อไปนี้

กิจกรรมที่ 1 ละครใบ้แสดงการเปลี่ยนแปลงของธารน้ำแข็ง

หมายเหตุ: ครูควรจัดให้มีพื้นที่หรือเวทีหน้าชั้นเรียนที่กว้างขวางพอสำหรับให้นักเรียนเล่นละครใบ้

1. ครูแสดงละครใบ้เป็นกิริยาท่าทางต่างๆ เช่น ปอกและกินกล้วย อ่านหนังสือ เล่นสเกตน้ำแข็ง แล้วให้นักเรียนทายว่าครูกำลังทำอะไรอยู่

2. อธิบายว่า สิ่งที่ได้ทำไปนั้นคือการแสดงกิริยาท่าทางของมนุษย์ จากนั้นครูแสดงท่าทางเป็นเหตุการณ์ทางธรรมชาติ เช่น อาทิตย์ขึ้น ดอกไม้บาน และฝนที่กำลังตก (อาจขอให้นักเรียนที่สมัครใจมาช่วยแสดงท่าทางแทน และใช้อุปกรณ์ประกอบการแสดงได้)

3. บอกนักเรียนว่า นักเรียนจะได้แสดงละครใบ้เกี่ยวกับเหตุการณ์ทางธรรมชาติที่มีความซับซ้อนขึ้นกว่าเมื่อครู นั่นคือ เรื่องราวการเปลี่ยนแปลงของธารน้ำแข็ง

4. ให้นักเรียนเริ่มทำกิจกรรมโดยระดมความคิดร่วมกันเพื่อหาคำจำกัดความที่ใช้บรรยายเกี่ยวกับธารน้ำแข็ง จากนั้นให้นักเรียนเขียนนิยามของคำว่า ธารน้ำแข็ง (นิยาม: ธารน้ำแข็ง คือ สายธารน้ำแข็งขนาดใหญ่ที่เคลื่อนตัวไปอย่างช้าๆ เกิดขึ้นจากการทับถมกันแน่นของชั้นหิมะ)

5. อธิบายเพิ่มเติมว่า ธารน้ำแข็ง คือ แหล่งกักเก็บน้ำจืดที่ใหญ่ที่สุดบนโลก รองจากมหาสมุทรซึ่งเป็นแหล่งกักเก็บน้ำที่ใหญ่ที่สุดบนโลก

6. แบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม แล้วแจกใบข้อมูลย่อย “เรื่องราวการเปลี่ยนแปลงของธารน้ำแข็ง” ที่เตรียมไว้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม จากนั้นอธิบายว่านักเรียนจะต้องเล่นละครใบ้ที่แสดงเรื่องราวเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงของธารน้ำแข็ง ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ระยะคือ 1) การสะสมตัว 2) การเคลื่อนที่ไปข้างหน้า และ 3) การถดถอย โดยครูจะแจกใบความรู้เกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงของธารน้ำแข็งทั้ง 3 ระยะดังกล่าว ครูควรกำหนดเงื่อนไขและข้อห้ามในการเล่นละครเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น เช่น ห้ามต่อตัวหรือปีนขึ้นบนหลังของเพื่อน นอกจากนี้ควรกระตุ้นให้นักเรียนนำอุปกรณ์ที่เหมาะสมมาประกอบแสดง

7. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มในการคิดสร้างสรรค์และฝึกซ้อมการแสดง ทั้งนี้แต่ละกลุ่มควรฝึกซ้อมโดยไม่ให้กลุ่มอื่นเห็น

8. เมื่อทุกกลุ่มพร้อม ให้นักเรียนแสดงละครใบ้ โดยครูเป็นผู้อ่านข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของธารน้ำแข็งทั้ง 3 ระยะ

9. ให้นักเรียนปรบมือแสดงความชื่นชมการแสดงแต่ละเรื่อง

10. จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันคิดว่า ละครใบ้ที่แสดงไปนั้นให้ประโยชน์กับนักเรียนอย่างไร มีข้อดีข้อเสียอย่างไร ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกไว้เพื่อเตรียมอภิปรายต่อไป

11. ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า ธารน้ำแข็งส่วนใหญ่ของโลกพบได้ที่บริเวณขั้วโลก แต่ภาคพื้นทวีปทุกแห่งก็มีธารน้ำแข็งเช่นกัน ไม่เว้นแม้กระทั่งทวีปแอฟริกา ส่วนประเทศออสเตรเลียนั้นแม้จะไม่มีธารน้ำแข็งแต่ก็จัดเป็นส่วนหนึ่งของหมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิกทางตอนใต้ ซึ่งมีทั้งเกาะขนาดเล็กจำนวนมาก รวมทั้งเกาะขนาดใหญ่ซึ่งเป็นที่ตั้งของประเทศปาปัวนิวกินี และนิวซีแลนด์ ซึ่งทั้ง 2 ประเทศ ต่างมีธารน้ำแข็งด้วยกันทั้งสิ้น

11. อธิบายนักเรียนว่า ในปัจจุบันธารน้ำแข็งทั่วโลกกำลังละลายและลดปริมาณลงอันเกิดมาจากสภาวะโลกร้อน ทำให้ธารน้ำแข็งในปัจจุบันแตกต่างจากในอดีต โดยครูจะให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างของธารน้ำแข็งในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยใช้แผนภาพเวนน์จากกิจกรรมต่อไปนี้

5.2 ขั้นแสวงหาความรู้

กิจกรรมที่ 2 เปรียบเทียบภาพธารน้ำแข็ง

1. แจกใบความรู้เรื่อง “การละลายครั้งใหญ่ของพืดน้ำแข็งและธารน้ำแข็ง” ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม

2. ทบทวนและอธิบายวิธีการสร้างแผนภาพเวนน์ให้นักเรียน

เปรียบเทียบความเหมือนต่างด้วยแผนภาพเวนน์

แผนภาพเวนน์ มีลักษณะเป็นรูปร่างกลมสองรูปทับซ้อนกัน ซึ่งวงกลมแต่ละวงจะแสดงถึงลักษณะเฉพาะของสัตว์หรือสิ่งของชนิดนั้น นั่นคือความต่างกันนั่นเอง ส่วนที่ทับซ้อนกันจะแสดงถึงความเหมือนของสัตว์หรือสิ่งของ 2 สิ่งนั้น



ที่มา <http://www.planforkids.com/homepage.php?maincat=teacherall&id=49>

ยกตัวอย่างการเปรียบเทียบนกและผีเสื้อว่าแตกต่างและเหมือนกันอย่างไรลงในแผนภาพเวนน์ ซึ่งเป็นสิ่งที่พบเห็นได้ในธรรมชาติ

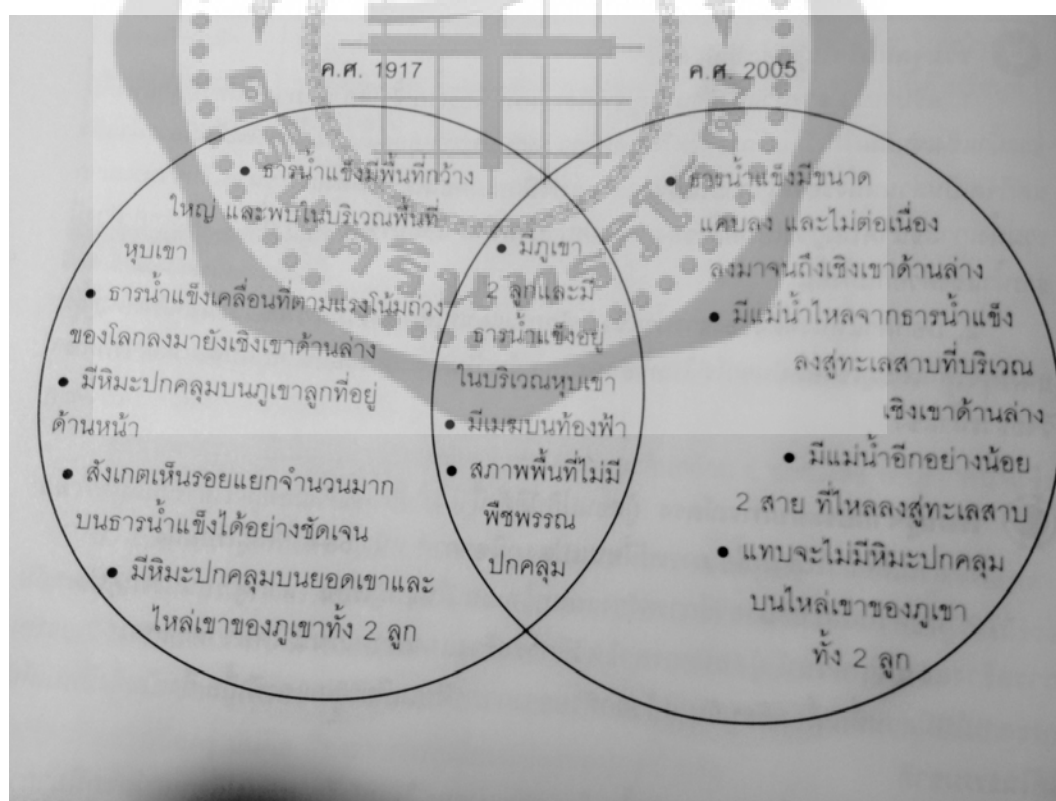
3. จากนั้นให้นักเรียนสังเกตภาพถ่ายธารน้ำแข็งแอทะบาสกา ในใบความรู้เรื่อง “การละลายครั้งใหญ่ของพืดน้ำแข็งและธารน้ำแข็ง” อย่างละเอียดถี่ถ้วน

4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างแผนภาพเวนน์เปรียบเทียบความแตกต่างและความเหมือนของภูมิทัศน์ในภาพถ่ายทั้งสองภาพ

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลที่สังเกตพบลงในแผนภาพเวนน์ เพื่อเตรียมนำเสนอต่อไป

6. นำภาพถ่ายเปรียบเทียบธารน้ำแข็งในพื้นที่อื่นๆมาแสดง แล้วให้นักเรียนเปรียบเทียบและระบุความแตกต่าง พร้อมทั้งอธิบายถึงแนวโน้มที่กำลังเกิดขึ้นกับธารน้ำแข็งบนโลก

7. ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันและบันทึกข้อมูลภายในกลุ่มว่า เหตุใดนักวิทยาศาสตร์จึงมีความเห็นว่า การถดถอยของธารน้ำแข็งหลายแห่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ตัวอย่างแผนภาพเวนน์ที่ได้จากกิจกรรมที่ 2 มีแนวทางดังนี้



5.3 ขั้นประเมินและประมวลผลข้อมูล

1. หลังจากนักเรียนบันทึกผลการทำกิจกรรมทั้งสองกิจกรรมเสร็จแล้ว นักเรียนจะต้องร่วมกันวิเคราะห์และประมวลผลว่านักเรียนได้อะไรจากการทำกิจกรรมนี้บ้าง แล้วช่วยกันตอบคำถามในใบบันทึกผลการทดลอง

2. เตรียมการอภิปรายโดยใช้ข้อมูลจากการทำกิจกรรมทั้งสองกิจกรรม โดยแนวทางในการนำเสนอจะมาจากประเด็นคำถามต่างๆที่ได้ถามนักเรียนไปข้างต้นและจากการทำกิจกรรมต่างๆ ซึ่งครูจะต้องคอยกระตุ้นให้แต่ละกลุ่มเตรียมข้อมูลในการอภิปรายให้ครบ

3) นักเรียนสามารถสร้างสรรค์วิธีการนำเสนอในรูปแบบต่างๆ พร้อมทั้งออกแบบการนำเสนอในหนึ่งแผ่นกระดาษแข็งให้สามารถอภิปรายให้เพื่อนสามารถเข้าใจได้ง่ายอย่างสร้างสรรค์

ในขั้นนี้จะเป็นการฝึกให้นักเรียนได้นำข้อมูลต่างๆที่ได้มาประมวลผลว่าได้อะไรออกมาบ้างและเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้นเข้าด้วยกัน เพื่อให้สามารถนำเสนอข้อมูลต่างๆได้สอดคล้องกัน

5.4 ขั้นการแสดงผลและลงความเห็น

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลของการปฏิบัติกิจกรรมภายในกลุ่ม แล้วส่งตัวแทนออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน

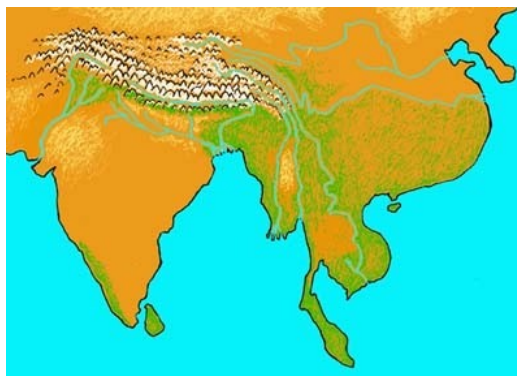
2) นักเรียนจะต้องนำเสนอคำตอบที่มาจากคำถามต่างๆข้างต้น และสรุปผลจากการทำกิจกรรมต่างๆให้ชัดเจน

3) เมื่อทุกกลุ่มอภิปรายเสร็จแล้ว ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปเปรียบเทียบว่า ธารน้ำแข็งในอดีตกับธารน้ำแข็งในปัจจุบันแตกต่างกันอย่างไร และในอนาคตธารน้ำแข็งมีแนวโน้มเป็นอย่างไร

5.5 ขั้นการประยุกต์ใช้ความรู้

กิจกรรมที่ 3 เทือกเขาหิมาลัยกับประเทศไทย

1. ครูแจกภาพดังที่แสดงไว้ด้านล่างให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่ม



2. อธิบายนักเรียนว่า บริเวณแถบสีขาวด้านบนคือเทือกเขาหิมาลัยซึ่งมีธารน้ำแข็งอยู่มากมาย ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์ว่า หากธารน้ำแข็งบนเทือกเขาหิมาลัยลดลงอย่างรวดเร็วในอนาคตข้างหน้า จะส่งผลอย่างไรกับประเทศไทย

3. ให้นักเรียนบันทึกผลการวิเคราะห์เพื่อเตรียมนำเสนอต่อไป

4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาอภิปรายให้เพื่อนๆ ฟัง หลังจากทุกกลุ่มอภิปรายเสร็จแล้วครูจะสรุปเพิ่มเติมอีกครั้งหนึ่ง

5.6 ขั้นประเมินผลการเรียนรู้

1) ให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่า จากหัวข้อที่เรียนมาและการปฏิบัติกิจกรรมมีจุดใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจหรือยังมีข้อสงสัย ถ้ามีครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจ

2) นักเรียนร่วมกันประเมินการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มว่ามีปัญหาหรืออุปสรรคใดและได้มีการแก้ไขอย่างไรบ้าง

3) นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้รับจากการปฏิบัติกิจกรรมและการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์

4) ทดสอบความเข้าใจของนักเรียนโดยการให้ตอบคำถามในแบบทดสอบท้ายกิจกรรม

6. วัสดุ / สื่อ / อุปกรณ์ / แหล่งการเรียนรู้

6.1 เอกสารข่าวเรื่อง สัญญาณอันตราย! ธารน้ำแข็งกรีนแลนด์"แตกตัว"ขนาด 2 เท่าของเกาะแมนฮัตตัน

6.2 ใบข้อมูลย่อย “เรื่องราวการเปลี่ยนแปลงของธารน้ำแข็ง”

6.3 ใบความรู้เรื่อง “การละลายครั้งใหญ่ของพืดน้ำแข็งและธารน้ำแข็ง”

6.4 ใบความรู้เรื่อง อิทธิพลของธารน้ำแข็ง

6.5 ใบบันทึกกิจกรรมการทดลอง

7. การวัดผลประเมินผล

วิธีการวัด	เครื่องมือที่ใช้วัด	เกณฑ์การผ่าน
สังเกตพฤติกรรม ตรวจผลการปฏิบัติงาน	แบบสังเกตพฤติกรรม แบบบันทึกการตรวจ ผลการปฏิบัติงาน	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60
ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	
ตรวจผลงานกลุ่ม	แบบบันทึกการตรวจผลงานกลุ่ม	

8. บันทึกผลหลังสอน

ผลการสอน

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

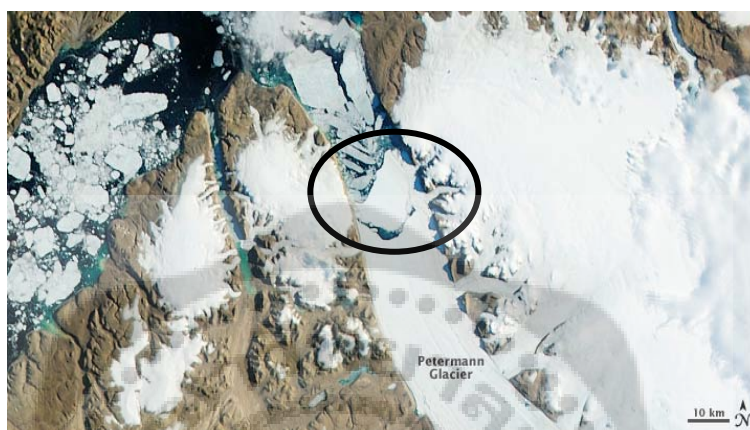
ลงชื่อ..... ผู้สอน
(.....)



สัญญาณอันตราย! ธารน้ำแข็งกรีนแลนด์"แตกตัว"

ขนาด 2 เท่าของเกาะแมนฮัตตัน

ธารน้ำแข็งปีเตอร์แมนน์ ทางตอนเหนือของเกาะกรีนแลนด์ ได้แตกออกเป็นแผ่นน้ำแข็งขนาดใหญ่ ซึ่งมีขนาดเป็นสองเท่าของเกาะแมนฮัตตันของสหรัฐฯ



ภาพถ่ายดาวเทียมจากกล้อง Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer บนดาวเทียม"อะควา" ขององค์การนาซา ชี้ให้เห็นแผ่นน้ำแข็งที่แตกออกจนกลายเป็นเกาะขนาดใหญ่ บริเวณส่วนปลายสุดของธารน้ำแข็ง และเริ่มลอยออกเมื่อวันที่ 16-17 ก.ค.

ทั้งนี้ เมื่อปี 2010 ได้เกิดเหตุการณ์คล้ายคลึงกันนี้ เมื่อธารน้ำแข็งปีเตอร์แมนน์ แตกออกเป็นเกาะขนาดใหญ่ ที่มีพื้นที่กว้างใหญ่ถึง 250 ตารางกิโลเมตร

ตามธรรมชาติแล้ว ธารน้ำแข็งจะแตกตัวออกเป็นแผ่นน้ำแข็งเป็นปกติ แต่ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา พบว่าแผ่นน้ำแข็งเริ่มมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งสร้างความประหลาดใจให้แก่ผู้เชี่ยวชาญ โดยอีริก ริโญต์ ผู้เชี่ยวชาญจากนาซา กล่าวว่า นี่ไม่ใช่การแตกตัวธรรมดา แต่เป็นเหตุการณ์ที่น่าตกตะลึง

ด้านคอนราด สเตฟเฟน ผู้อำนวยการสถาบันปาไม้ หิมะ และภูมิทัศน์แห่งชาติของสวีตเซอร์แลนด์ คาดว่า แผ่นน้ำแข็งดังกล่าว เมื่อกะขนาดโดยคร่าวๆ จะมีขนาดเป็นครึ่งหนึ่งของแผ่นน้ำแข็งที่แตกออกเมื่อปี 2010 อย่างไรก็ดี คาดว่าแผ่นน้ำแข็งที่แตกออกไม่น่าจะส่งผลกระทบต่อระดับน้ำทะเลมากนัก แม้ว่ามันจะเริ่มลอยออกห่างบ้างแล้ว

จากข้อมูลของสมาคมแคนาเดียน ไอซ์ เซอร์วิส แผ่นน้ำแข็งจากธารน้ำแข็งปีเตอร์แมนน์ บางครั้งมักจะลอยออกไปไกลถึงชายฝั่งรัฐนิวฟันด์แลนด์ของแคนาดา ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเดินทางเรือและการทำประมง

นอกจากนั้น นักวิทยาศาสตร์ยังแสดงความเป็นห่วงว่า ในช่วงไม่กี่ปีมานี้ แผ่นน้ำแข็งจากเกาะกรีนแลนด์ เริ่มมีความบางลงเรื่อยๆ ขณะที่อากาศก็เริ่มอุ่นขึ้นเรื่อยๆเช่นกัน

ใบความรู้เรื่อง อิทธิพลของธารน้ำแข็ง

นักวิทยาศาสตร์พบว่าทุกวันนี้ ธารน้ำแข็งในพื้นที่ต่างๆ ได้หลอมละลายลงเป็นจำนวนมากหรืออย่างในบริเวณหลังคาโลกอย่างเทือกเขาหิมาลัยก็ยังโดนผลกระทบตามมาด้วย ปัจจุบันพบว่าธารน้ำแข็งบนเทือกเขาหิมาลัย ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งน้ำจืดที่สำคัญของผู้คนกว่าสองพันล้านชีวิตกำลังละลายลงอย่างรวดเร็ว และคาดการณ์กันว่า หากยังปล่อยให้เป็นเช่นนี้ ธารน้ำแข็งแห่งนี้จะละลายหมดไปภายในระยะเวลา 50 ปี ซึ่งผลที่ตามมาคือ ประชากรโลกเกือบครึ่งหนึ่งต้องประสบกับปัญหาขาดแคลนน้ำจืด



เมื่อธารน้ำแข็งเกือบทุกแห่งทั่วโลกพร้อมใจกันละลายเพราะอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น ในบางพื้นที่เช่น แถบขั้วโลกเหนือ เราก็จะเห็นต้นไม้ที่เคยทรงตัวตั้งตรงกลับโงนเงนเอียงไปมาได้ เหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะการหยั่งรากของมันลงไปในพื้นที่ดินซึ่งมีน้ำแข็งเป็นส่วนประกอบคอยพยุงเอาไว้ เมื่อเกิดการละลายของน้ำแข็งในชั้นดินจึงทำให้มันมี

สภาพโงนเงนเอียงไปได้ แถมบ้านพักอาศัยในแถบนั้นก็จะมีสภาพไม่แตกต่างกัน

เมื่อน้ำแข็งในพื้นที่ต่างๆ ละลายพร้อมกันนั้นย่อมเป็นสัญญาณว่าจะทำให้ระดับน้ำในทะเลเพิ่มสูงขึ้นอีกมาก และการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลนี้เองที่ทำให้เกิดการกัดเซาะชายฝั่ง รวมไปถึงการรุกเข้าพื้นที่ซึ่งมีความสูงไม่มากนักในบริเวณชายฝั่งตามประเทศต่างๆ ทั่วโลก ข้ำยังก่อให้เกิดปัญหาการรุกรานของน้ำเค็มในพื้นที่ของแหล่งน้ำจืดอีกด้วย

ลักษณะภูมิประเทศที่เกิดจากการกระทำของธารน้ำแข็งและพืดน้ำแข็งนับว่ามีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์มาก โดยนอกจากจะเป็นอุปสรรคต่อการเข้าไปใช้ประโยชน์ของมนุษย์แล้ว ยังพบว่าที่ราบธารน้ำแข็งที่ปกคลุมไปด้วยกรวด และทรายจากการชะล้างของพืดน้ำแข็งหรือธารน้ำแข็งยังไม่สามารถนำมาใช้ในการเพาะปลูกได้ และกรวดหินต่างๆ ยังนับว่าเป็นอุปสรรคต่อการไถพรวนและปรับปรุงหน้าดินเป็นอย่างมากเช่นกัน แต่ในทางตรงกันข้ามที่ราบดังกล่าวเราสามารถนำมาใช้เป็นสถานที่อยู่อาศัย หรือสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ ตลอดจนพื้นที่ที่เป็นเนินเขาก็สามารถขุดเจาะเอาทรายที่มีคุณภาพดีมาใช้ในการก่อสร้างได้เช่นกัน นอกจากนั้นทะเลสาบที่เกิดจากการละลายของน้ำแข็งยังสามารถนำมาพัฒนาให้เป็นแหล่งกักเก็บน้ำตามธรรมชาติ และพัฒนาให้เป็นท่าเรือ ตลอดจนความงดงามตามสภาพภูมิทัศน์ เป็นแหล่งดึงดูดใจนักท่องเที่ยวให้ไปเที่ยวชม และพักผ่อน ในแ่งนั้นหนทางการได้เช่นกัน

ใบบันทึกกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ธารน้ำแข็งที่หายไป

กลุ่มที่.....

สมาชิกในกลุ่ม 1)..... 2).....
3)..... 4).....
5).....

กิจกรรมที่ 1 ละครใบ้แสดงการเปลี่ยนแปลงของธารน้ำแข็ง

คำถามก่อนการทำกิจกรรม

1. กิจกรรมนี้มีวัตถุประสงค์อะไร

.....
.....

วิธีการทำกิจกรรม

1. แบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม แล้วแจกใบข้อมูลย่อย “เรื่องราวการเปลี่ยนแปลงของธารน้ำแข็ง” ที่เตรียมไว้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม

2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มในการคิดสร้างสรรค์และฝึกซ้อมการแสดง ทั้งนี้แต่ละกลุ่มควรฝึกซ้อมโดยไม่ให้กลุ่มอื่นเห็น

3. เมื่อทุกกลุ่มพร้อม ให้นักเรียนแสดงละครใบ้ โดยครูเป็นผู้อ่านข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของธารน้ำแข็งทั้ง 3 ระยะ

สรุปผลการทำกิจกรรม

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

คำถามหลังการทำกิจกรรม

1. ให้คำจำกัดความของคำว่า “ธารน้ำแข็ง”

.....
.....

2. การแสดงละครใบ้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของธารน้ำแข็งมีข้อดีและข้อเสียอย่างไร

.....

.....

.....

กิจกรรมที่ 2 เปรียบเทียบภาพธารน้ำแข็ง

คำถามก่อนการทำกิจกรรม

1. กิจกรรมนี้มีวัตถุประสงค์อะไร

.....

2. แผนภาพเวนน์มีลักษณะอย่างไร

.....

วิธีการทดลอง

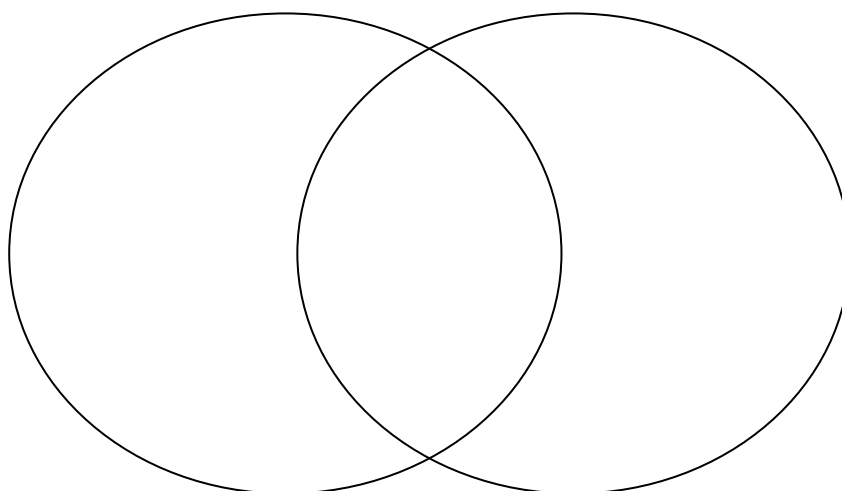
1. แจกใบความรู้เรื่อง “การละลายครั้งใหญ่ของพืดน้ำแข็งและธารน้ำแข็ง” ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม

2. ทบทวนและอธิบายวิธีการสร้างแผนภาพเวนน์ให้นักเรียน (หากมีนักเรียนไม่รู้ว่าแผนภาพเวนน์คืออะไร)

3. สังเกตภาพถ่ายธารน้ำแข็งแอตทาบาสกา ในใบความรู้เรื่อง “การละลายครั้งใหญ่ของพืดน้ำแข็งและธารน้ำแข็ง” อย่างละเอียดถี่ถ้วน

4. สร้างแผนภาพเวนน์เปรียบเทียบความแตกต่างและความเหมือนของภูมิทัศน์ในภาพถ่ายทั้งสองภาพ

บันทึกผลการทำกิจกรรม



สรุปผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

คำถามหลังการทำกิจกรรม

1. นักเรียนได้อะไรจากการเปรียบเทียบภาพถ่ายธารน้ำแข็งแอตทาสกา

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่าแนวโน้มที่กำลังเกิดขึ้นกับธารน้ำแข็งบนโลกเป็นอย่างไร

.....

.....

3. เหตุใดนักวิทยาศาสตร์จึงมีความเห็นว่า การถดถอยของธารน้ำแข็งหลายแห่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

.....

.....

กิจกรรมที่ 3 เทือกเขาหิมาลัยกับประเทศไทย

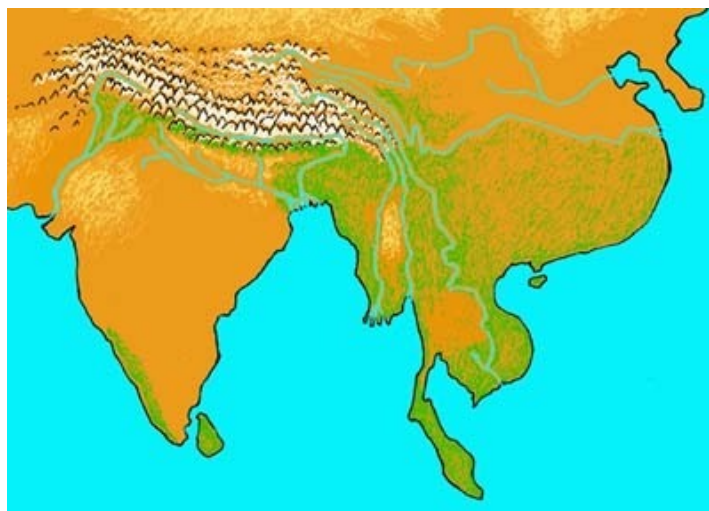
คำถามก่อนการทำกิจกรรม

1. กิจกรรมนี้มีวัตถุประสงค์อะไร

.....

วิธีการทดลอง

1. ครูแจกภาพดังที่แสดงไว้ด้านล่างให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม



2. อธิบายนักเรียนว่า บริเวณแถบสีชาวดำบนคือเทือกเขาหิมาลัยซึ่งมีธารน้ำแข็งอยู่มากมาย ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์ว่า หากธารน้ำแข็งบนเทือกเขาหิมาลัยลดลงอย่างรวดเร็วในอนาคตข้างหน้า จะส่งผลอย่างไรกับประเทศไทย

3. ให้นักเรียนบันทึกผลการวิเคราะห์

บันทึกผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

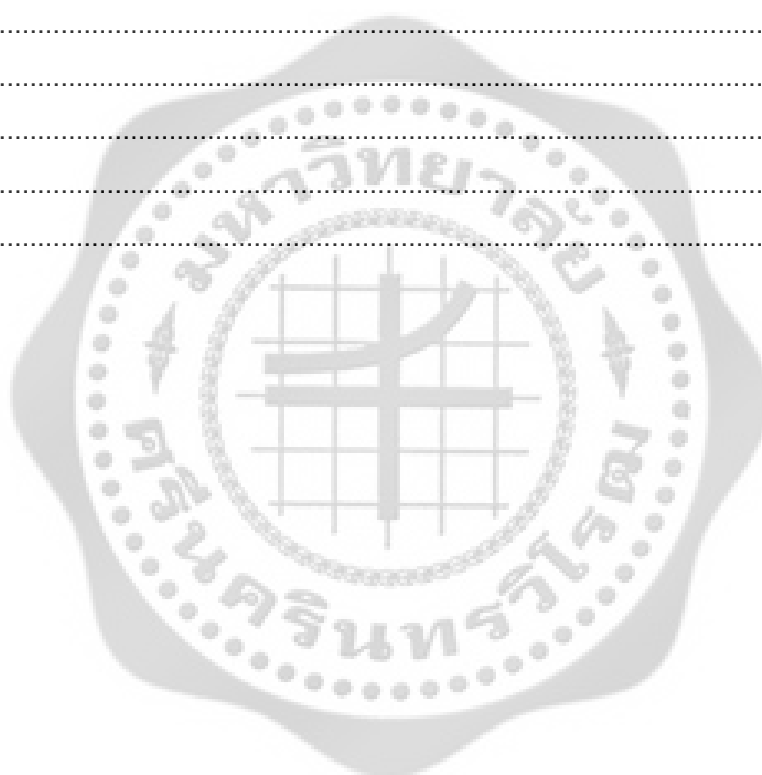
.....

.....

.....

.....

.....



ประเมินผลท้ายกิจกรรม เรื่อง ธารน้ำแข็งที่หายไป

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง จงเติมคำหรือข้อความในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ลักษณะของธารน้ำแข็งเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

2. ธารน้ำแข็งเกิดขึ้นได้อย่างไร

.....

.....

.....

3. นักเรียนคิดว่าแนวโน้มของธารน้ำแข็งในปัจจุบันเป็นอย่างไร แล้วเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

.....

.....

.....

4. หากโลกเราไม่มีธารน้ำแข็ง นักเรียนคิดว่าจะส่งผลกระทบต่อโลกเราบ้าง

.....

.....

.....

5. เหตุใดนักวิทยาศาสตร์จึงมีความเห็นว่า การถดถอยของธารน้ำแข็งหลายแห่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

.....

.....

.....

แบบสังเกตพฤติกรรมรายบุคคล

ที่	พฤติกรรม ชื่อ - สกุล	ความสนใจ			การแสดงความคิดเห็น			การตอบคำถาม			การยอมรับฟังผู้อื่น			ทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย			รวมคะแนน
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

...../...../.....

เกณฑ์การให้คะแนน

- 3 คะแนน = ดี
- 2 คะแนน = ปานกลาง
- 1 คะแนน = ปรับปรุง

แบบประเมินผลงานกลุ่ม

ชื่อครูผู้ประเมิน.....
 ประเมินกลุ่ม.....เรื่อง.....
 รูปแบบผลงาน.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินใส่เครื่องหมายลงในช่องว่างตามความเป็นจริง

4 หมายถึง ดีมาก 3 หมายถึง ดี 2 หมายถึง พอใช้ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

รายการ	4	3	2	1	ข้อเสนอแนะ
เนื้อหา					
1. ความถูกต้องของเนื้อหา					
2. การลำดับความคิด					
3. การสรุปความคิดเห็น					
รูปแบบการนำเสนอ					
1. น่าสนใจ					
2. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์					
การทำงานกลุ่ม					
1. การเตรียมตัว					
2. การทำงานเป็นระบบ					
3. การมีส่วนร่วมของสมาชิก					
4. ความภูมิใจในผลงานของสมาชิก					
เกณฑ์การประเมิน ร้อยละ 80 ขึ้นไป ระดับ ดีมาก ร้อยละ 70 – 79 ระดับ ดี ร้อยละ 60 – 69 ระดับ พอใช้ ต่ำกว่าร้อยละ 60 ระดับ ควรปรับปรุง	สรุปการประเมินผลงานกลุ่ม รวมได้คะแนน..... คิดเป็นร้อยละ..... อยู่ในเกณฑ์.....				

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

เรื่อง ย้อนเวลาไปกับแห่งน้ำแข็ง
ช่วงชั้นที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 / 2555

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
เวลา 3 คาบ

1. รายวิชา

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สาระที่ 4 พีชคณิต

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical model) อื่น ๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจกระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่างๆที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสิ่งแวดล้อมของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

กลุ่มสาระการเรียนรู้ศิลปะ

สาระที่ 1 ทศศิลป์

มาตรฐาน ศ 1.1 สร้างสรรค์งานทัศนศิลป์ตามจินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ วิเคราะห์ วิพากษ์ วิจัยคุณค่างานทัศนศิลป์ ถ่ายทอดความรู้สึก ความคิดต่อกันศิลปะอย่างอิสระ ชื่นชม และประยุกต์ใช้ในชีวิตรประจำวัน

กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ

สาระที่ 3 ภาษากับความสัมพันธ์กับกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น

มาตรฐาน ต 3.1 ใช้ภาษาต่างประเทศในการเชื่อมโยงความรู้กับกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น และเป็นพื้นฐานในการพัฒนา แสวงหาความรู้ และเปิดโลกทัศน์ของตน

2. ตัวชี้วัดชั้นปี

2.1 เขียนกราฟบ่งชี้แนวโน้มในระบบพิกัดฉาก แสดงความเกี่ยวข้องของปริมาณสองชุดที่กำหนดให้ (ค 4.2 ม.1/4)

2.2 อ่านและแปลความหมายของกราฟบ่งชี้แนวโน้มในระบบพิกัดฉากที่กำหนดให้ (ค 4.2 ม.1/5)

2.3 สังเกต วิเคราะห์ และ อภิปรายการเกิด ปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศที่มีผลต่อมนุษย์ (ว 6.1 ม.1/3)

2.4 ออกแบบรูปภาพ สัญลักษณ์ หรือกราฟิกอื่นๆในการนำเสนอความคิดและข้อมูล (ศ1.1 ม. 1/5)

2.5 ค้นคว้า รวบรวม และสรุปข้อมูล/ข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่นจากแหล่งเรียนรู้และนำเสนอด้วยการพูด/การเขียน (ต 3.1 ม. 1/1)

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 แต่งบทร้อยกรองเกี่ยวกับแห่งน้ำแข็งได้

3.2 สร้างกราฟเส้นหรือกราฟแท่งแสดงปริมาณหิมะที่สะสมในรอบปีได้

3.3 ตอบคำถามเกี่ยวกับกราฟที่สร้างขึ้นได้

3.4 ทำการทดลองสังเกตและศึกษาแห่งน้ำแข็งจำลอง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาจัดกระทำและแสดงในรูปของกราฟได้

3.5 นำคำศัพท์ภาษาอังกฤษต่างๆที่ได้มาสร้างเป็นเกมปริศนาอักษรไขว้ได้

4. สาระสำคัญ

เบาะแสเกี่ยวกับอุณหภูมิของบรรยากาศ (atmosphere) ในอดีตนั้นได้มาจากแห่งน้ำแข็งโบราณ หิมะที่ตกลงบนธารน้ำแข็งจะทับถมกันเป็นชั้นๆปีแล้วปีเล่า ชั้นน้ำแข็งเหล่านี้คือบันทึกแห่งฤดูกาลที่ไม่เพียงบอกข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณหิมะที่ตกลงมาเท่านั้น แต่ฟองอากาศที่ถูกกักเก็บในชั้นน้ำแข็งยังช่วยบอกถึงสภาพอุณหภูมิ ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งแก๊สอื่นๆในบรรยากาศเมื่อสมัยโบราณได้ แม้แต่ฝุ่นที่พบในชั้นน้ำแข็งก็ยังช่วยบอกถึงภาวะแห้งแล้งที่เคยเกิดขึ้นเมื่อหลายพันปีที่แล้วได้เช่นกัน

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

5.1 ขั้นท้าทายและทำให้กระจ่าง

1. ให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อน แล้วแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกันว่า หากเราต้องการศึกษาโลกในอดีตว่ามีสภาพเป็นเช่นไร โดยย้อนกลับไปเมื่อหลายแสนปีมาแล้ว เราจะ

สามารถศึกษาหาข้อมูลได้จากอะไร ให้นักเรียนคิด 3 นาที หลังจากนั้นครูจะเขียนคำตอบของนักเรียนไว้บนกระดานดำ

2. อธิบายนักเรียนว่า เราสามารถศึกษาสภาพของโลกในอดีตได้จากแท่งน้ำแข็งที่ขุดเจาะมาจากทวีปแอนตาร์กติกา ซึ่งแท่งน้ำแข็งดังกล่าวสามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับโลกในอดีตแก่นักวิทยาศาสตร์ย้อนหลังกลับไปนานถึงประมาณ 800,000 ปี

3. แจกใบความรู้เรื่อง อดีตที่ถูกแช่แข็ง ให้แก่นักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาและพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันในแต่ละคู่ของนักเรียนเองก่อนที่จะทำกิจกรรม

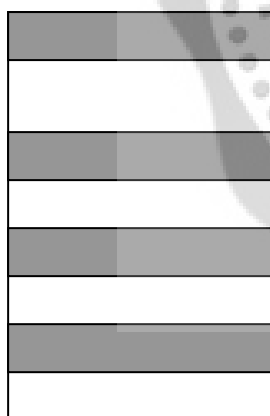
5.2 ขั้นแสวงหาความรู้

กิจกรรมที่ 1 สืบหาแท่งน้ำแข็ง

1 แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน จากนั้นแจกวัสดุอุปกรณ์ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอันได้แก่ แท่งน้ำแข็งหมายเลข 1, 2 และ 3, ถ้วยที่บรรจุน้ำร้อน, ไม้บรรทัด 3 อัน, กระดาษสีขาว 3 แผ่น, กระดาษกราฟ 3 แผ่น, กระดาษเช็ดมือ และเทปกาว

การเตรียมแท่งน้ำแข็ง: สำหรับครู

เตรียมแท่งน้ำแข็งจำลองสำหรับนักเรียนแต่ละกลุ่ม โดยให้มีชั้นน้ำแข็งใสและน้ำแข็งสีเทาสลับกันไปหลายๆชั้น รายละเอียดมีดังนี้



1. ผสมสีผสมอาหารลงในน้ำให้เป็นสีเทาเข้ม

2. เตรียมแท่งน้ำแข็งหมายเลข 3 สำหรับนักเรียนแต่ละกลุ่ม

2.1 เติมน้ำประปา 1/2 ถ้วยตวง ลงในกระป๋อง แล้วนำไปแช่เย็นจนกระทั่งน้ำกลายเป็นน้ำแข็ง

2.2 จากนั้นเติมน้ำสีเทา 3 ช้อนโต๊ะ ลงในกระป๋อง แล้วนำไปแช่เย็นอีกครั้งจนกระทั่งน้ำกลายเป็นน้ำแข็ง

2.3 เติมน้ำประปาและน้ำสีเทาสลับกันที่ละชั้นไปเรื่อยๆ โดยเมื่อเติมน้ำแต่ละชั้นแล้ว ให้นำไปแช่เย็นจนกระทั่งน้ำกลายเป็นน้ำแข็ง จึงค่อยเติมชั้นต่อไป; ลำดับการเติมเป็นดังนี้ น้ำประปา 1/3

ถ้วยตวง, น้ำสีเทา 3 ช้อนโต๊ะ, น้ำประปา 2/3 ถ้วยตวง, น้ำสีเทา 3 ช้อนโต๊ะ, น้ำประปา 2/3 ถ้วยตวง และน้ำสีเทา 3 ช้อนโต๊ะ

3. เขียนป้ายกำกับไว้ที่ข้างกระป๋องว่า “แท่งน้ำแข็งหมายเลข 3” และเขียนคำว่า “บน” และ “ล่าง” กำกับไว้ที่ด้านบนและด้านล่างของทุกกระป๋อง

4. ระหว่างที่เตรียมแท่งน้ำแข็งหมายเลข 3 ให้เตรียมแท่งน้ำแข็งหมายเลข 1 และ 2 สำหรับนักเรียนแต่ละกลุ่มไปพร้อมกัน

4.1 เตรียมแท่งน้ำแข็งหมายเลข 1 และ 2 ด้วยวิธีการเดียวกับการเตรียมแท่งน้ำแข็งหมายเลข 3 โดยให้มีชั้นน้ำแข็งใส และน้ำแข็งสีเทาสลับกันไป ทั้งนี้ ต้องให้น้ำแข็งทั้ง 3 ตัวอย่างมีความหนาของชั้นน้ำแข็งใสแตกต่างกัน

4.2 ในการเตรียมแท่งน้ำแข็งแต่ละตัวอย่าง ให้เติมน้ำประปาลงไปเป็นชั้นแรก ส่วนชั้นสุดท้ายให้เติมน้ำสีเทา 3 ซ้อนโต๊ะ สำหรับปริมาณน้ำประปาที่จะเติมลงไปนั้น สามารถปรับเปลี่ยนได้โดยให้มีปริมาตรระหว่าง $\frac{1}{3}$ ถึง $\frac{2}{3}$ ถ้วยตวง แล้วสลับด้วยการเติมน้ำสีเทา 3 ซ้อนโต๊ะ หากเตรียมแท่งน้ำแข็งได้ถูกต้อง จะพบว่า ชั้นน้ำแข็งสีเทาจะมีความหนาน้อยกว่าชั้นน้ำแข็งใส

4.3 เขียนป้ายกำกับไว้ที่ข้างกระป๋องว่าเป็น “แท่งน้ำแข็งหมายเลข 2” หรือ แท่งน้ำแข็งหมายเลข 1” และเขียนคำว่า “บน” และ “ล่าง” กำกับไว้ที่ด้านบนและด้านล่างของทุกกระป๋อง

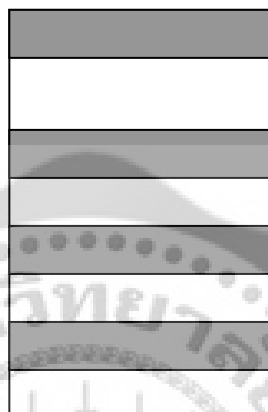
ข้อสังเกต: การเตรียมแท่งน้ำแข็งจำลองจะต้องใช้เวลาหลายวัน เนื่องจากต้องรอให้น้ำที่เติมลงไปแต่ละชั้นแข็งตัวก่อนที่จะเติมชั้นต่อไป หากเป็นไปได้อาจพิจารณาขอให้ผู้ปกครองที่สมัครใจร่วมช่วยเตรียมแท่งน้ำแข็งด้วย

2 อธิบายนักเรียนว่า โดยปกติแล้ว นักวิทยาศาสตร์จะแบ่งแท่งน้ำแข็งที่ขุดเจาะได้มาศึกษาเป็นส่วนๆ ซึ่งแต่ละส่วนจะยาวประมาณ 2-3 เมตร ครูอธิบายนักเรียนต่อไปว่า น้ำแข็งที่บรรจุอยู่ในกระป๋องทั้ง 3 ใบ ใช้เป็นตัวแทนของแท่งน้ำแข็งที่เจาะมาจากทวีป แอนตาร์กติกา และถูกแบ่งมาเป็นส่วนๆ โดยหมายเลขที่เขียนกำกับไว้ก็คือ ลำดับที่มันถูกขุดเจาะขึ้นมา เมื่ออธิบายถึงตอนนี้ ครูลองให้นักเรียนนำกระป๋องทั้ง 3 ใบ มาซ้อนต่อกัน โดยให้กระป๋องที่เขียนกำกับไว้ว่า “แท่งน้ำแข็งหมายเลข 3” อยู่ด้านล่างสุด กระป๋อง “แท่งน้ำแข็งหมายเลข 2” อยู่ถัดขึ้นมา และให้กระป๋อง “แท่งน้ำแข็งหมายเลข 1” อยู่ด้านบนสุด ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนจินตนาการภาพได้ชัดเจนขึ้น ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า กระป๋องนั้นเปรียบได้กับท่อที่ขุดเจาะลงไปในชั้นน้ำแข็งจริงๆ

3 ให้นักเรียนแยกกระป๋องที่วางซ้อนกันอยู่ออกจากนั้นให้นักเรียนนำแท่งน้ำแข็งออกจากกระป๋อง โดยจุ่มกระป๋องลงในถ้วยน้ำร้อนสักครู่ เพื่อให้ผิวน้ำแข็งด้านนอกละลายเล็กน้อย ซึ่งจะทำให้สามารถนำแท่งน้ำแข็งออกจากกระป๋องได้ง่ายขึ้น ครูเตือนให้นักเรียนจำว่า ด้านใดของน้ำแข็งเป็นด้านบน และด้านใดเป็นด้านล่าง (หากเกิดความสับสน มีข้อสังเกตคือ ด้านล่างของแท่งน้ำแข็งทุกแท่งจะเป็นชั้นน้ำแข็งใส) ครูให้นักเรียนวางแท่งน้ำแข็งไว้บนโต๊ะที่รองด้วยกระดาษเช็ดมือเพื่อให้แท่งน้ำแข็งตั้งตรง

4 สอนวิธีวัดขนาดของแท่งน้ำแข็งด้วยไม้บรรทัดให้นักเรียนทราบ และให้นักเรียนวาดภาพแท่งน้ำแข็งที่มีขนาดถูกต้องตามความเป็นจริงลงบนกระดาษสีขาว (ข้อแนะนำ: ควรให้นักเรียนวาดภาพแท่งน้ำแข็งเป็นแนวตั้ง และมีความกว้างเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของกระป๋องที่บรรจุแท่งน้ำแข็ง) จากนั้น ให้นักเรียนแรเงาภาพแท่งน้ำแข็งเพื่อแสดงให้เห็นชั้นน้ำแข็งสีเทา

ด้านบน



ด้านล่าง

5 เมื่อนักเรียนวาดภาพแท่งน้ำแข็งทั้ง 3 แท่งเสร็จแล้ว ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำภาพวาดแท่งน้ำแข็งแต่ละภาพมาเรียงต่อกัน (โดยให้แท่งน้ำแข็งหมายเลข 3 อยู่ด้านล่างสุด ส่วนแท่งน้ำแข็งหมายเลข 1 อยู่ด้านบนสุด) แล้วติดเข้าด้วยกันด้วยเทปกาว ซึ่งขั้นตอนนี้จะทำให้นักเรียนได้ภาพแท่งน้ำแข็งทั้งหมดออกมา ครูให้นักเรียนนำแท่งน้ำแข็งจริงที่วาดภาพแล้วไปปักไว้ในอ่างล้างมือ

กิจกรรมที่ 2 สร้างกราฟจากแท่งน้ำแข็ง

1 ครูให้นักเรียนแต่ละคนเลือกสร้างกราฟใดกราฟหนึ่งตามข้อกำหนดด้านล่าง โดยใช้ข้อมูลจากแท่งน้ำแข็งในกิจกรรมที่ 1 แล้วตอบคำถามเกี่ยวกับกราฟที่นักเรียนสร้างขึ้น

- กราฟเส้นแสดงปริมาณหิมะที่สะสมในแต่ละปี (1 รอบปี ประกอบด้วย ชั้นน้ำแข็งใสและน้ำแข็งสีเข้ม) โดยกำหนดให้แกน y เป็นปริมาณหิมะสะสมต่อปี หน่วยเป็นเซนติเมตร และแกน x เป็นปี โดยคำถามเกี่ยวกับกราฟคือ

- ปีใดมีหิมะตกมากที่สุด
- ปีใดมีหิมะตกน้อยที่สุด
- นักเรียนสังเกตเห็นแนวโน้มจากกราฟหรือไม่

- กราฟแท่งแสดงปริมาณหิมะที่สะสมในฤดูหนาวและฤดูร้อนของแต่ละปี (แสดงข้อมูลในฤดูหนาวและฤดูร้อนด้วยสีกราฟที่แตกต่างกัน) โดยกำหนดให้แกน y เป็นปริมาณหิมะสะสม หน่วยเป็น เซนติเมตร และแกน x เป็นปี คำถามเกี่ยวกับกราฟ:

- ฤดูหนาวในปีใดมีปริมาณหิมะสะสมสูงที่สุด

2 ให้นักเรียนนำเสนอกราฟที่ตนเองสร้างขึ้น และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับคำตอบของคำถามข้างต้น

5.3 ขั้นประเมินและประมวลผลข้อมูล

5.3.1 หลังจากนักเรียนบันทึกผลการทำกิจกรรมทั้ง 2 กิจกรรมเสร็จแล้ว นักเรียนจะต้องร่วมกันวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลว่านักเรียนได้อะไรจากการทำกิจกรรมนี้บ้าง แล้วช่วยกันตอบคำถามในใบบันทึกผลการทดลอง โดยครูให้นักเรียนพิจารณาภาพวาดแท่งน้ำแข็งของกลุ่มตนเอง และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับคำถามบนกระดาน ซึ่งประกอบด้วยคำถามที่ว่า

- เหตุใดจึงมีชั้นน้ำแข็งที่แตกต่างกันเกิดขึ้นในแท่งน้ำแข็ง
- นักเรียนคิดว่าชั้นน้ำแข็งดังกล่าวเกิดขึ้นเพราะสาเหตุใด
- ชั้นน้ำแข็งใดมีความหนาน้อยที่สุดและชั้นดังกล่าวมีสีอ่อนหรือเข้ม
- ชั้นน้ำแข็งสีเข้มน่าจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาใดของปี
- เหตุใดชั้นน้ำแข็งสีเข้มจึงมีความหนาน้อยกว่าชั้นน้ำแข็งใส

หลังจากที่นักเรียนในกลุ่มอภิปรายเกี่ยวกับคำถามแต่ละข้อเสร็จแล้ว ให้นักเรียนคนหนึ่งในกลุ่มบันทึกคำตอบของกลุ่มไว้

5.3.2 เตรียมการอภิปรายโดยใช้ข้อมูลจากการทำกิจกรรม โดยแนวทางในการนำเสนอจะมาจากประเด็นคำถามต่างๆที่ได้ถามนักเรียนไปข้างต้นและจากการทำกิจกรรมต่างๆ ซึ่งครูจะต้องคอยกระตุ้นให้แต่ละกลุ่มเตรียมข้อมูลในการอภิปรายให้ครบ

5.3.3 นักเรียนสามารถสร้างสรรค์วิธีการนำเสนอในรูปแบบต่างๆ พร้อมทั้งออกแบบการนำเสนอในหนึ่งแผ่นกระดานแข็งให้สามารถอภิปรายให้เพื่อนสามารถเข้าใจได้ง่ายอย่างสร้างสรรค์

ในขั้นนี้จะเป็นการฝึกให้นักเรียนได้นำข้อมูลต่างๆที่ได้มาประมวลผลว่าได้อะไรออกมาบ้างและเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้นเข้าด้วยกัน เพื่อให้สามารถนำเสนอข้อมูลต่างๆได้สอดคล้องกัน

5.4 ขั้นการแสดงผลและลงความเห็น

5.4.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายคำตอบและกราฟของตนเอง พร้อมทั้งเหตุผลประกอบ (แนวทางอภิปรายและตอบคำถามคือ ชั้นน้ำแข็งก็คล้ายคลึงกับวงปีของต้นไม้ น้ำแข็งแต่ละชั้นเป็นตัวแทนที่แสดงถึงช่วงเวลาที่หิมะตก และตามมาด้วยช่วงเวลาที่มีหิมะแข็งตัว

กลายเป็นน้ำแข็ง ชั้นน้ำแข็งใส คือ หิมะที่ตกสะสมในฤดูหนาว ส่วนชั้นน้ำแข็งสีเข้ม คือ หิมะที่สะสมในช่วงฤดูร้อน สาเหตุที่ชั้นน้ำแข็งสีเข้มมีความหนาแน่น เนื่องจากในฤดูร้อนมีหิมะตกน้อย อีกทั้งหิมะมีการละลายและแข็งตัวใหม่เป็นระยะ ทำให้น้ำแข็งมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และส่งผลให้น้ำแข็งมีสีเข้มขึ้นเล็กน้อย)

5.4.2 ครูอธิบายนักเรียนว่า ชั้นน้ำแข็งแต่ละคู่ซึ่งประกอบด้วยชั้นน้ำแข็งใสและชั้นน้ำแข็งสีเข้ม แสดงถึงปริมาณหิมะที่ตกในรอบ 1 ปี หากนักเรียนนับจำนวนชั้นน้ำแข็งแต่ละคู่ก็จะทราบอายุของแท่งน้ำแข็งได้ ซึ่งเป็นหลักการเดียวกันกับการหาอายุของต้นไม้โดยการนับวงปีของมัน จากนั้นครูลองให้นักเรียนหาคำตอบว่า แท่งน้ำแข็งจำลองที่นักเรียนศึกษาอยู่นั้นมีอายุกี่ปี

5.4.3 ครูอธิบายสิ่งต่อไปนี้จะเพิ่มเติมแก่นักเรียน

นักวิทยาศาสตร์ได้นำแท่งน้ำแข็งไปทดสอบทางเคมี เพื่อหาข้อมูลหลักฐานที่จะช่วยบ่งชี้ถึงสภาพบรรยากาศและภูมิอากาศในช่วงเวลาที่หิมะตก การทดสอบหนึ่งก็คือ การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุสตรอนเชียม-90 (Strontium-90) และซีเซียม-137 (Cesium-137) ซึ่งเป็นฝุ่นกัมมันตรังสีที่เกิดจากการทดสอบระเบิดปรมาณูในมหาสมุทรแปซิฟิก เมื่อปี ค.ศ. 1950 เมื่อฝุ่นเหล่านี้ฟุ้งกระจายสู่บรรยากาศ มันได้ถูกพัดพาไปกับกระแสลม และสุดท้ายก็ตกลงมาที่ทวีปแอนตาร์กติกาพร้อมกับหิมะ หลังจากนั้น ฝุ่นกัมมันตรังสีเหล่านี้ก็ถูกกักเก็บอยู่ในชั้นน้ำแข็ง และกลายเป็นประวัติศาสตร์ที่ถูกจารึกและถูกแช่แข็งอยู่ในชั้นน้ำแข็งนั่นเอง เมื่อหาดำแหน่งได้ว่าชั้นน้ำแข็งที่พบธาตุสตรอนเชียม-90 และซีเซียม-137 ในปริมาณสูงอยู่ที่ระดับความลึกเท่าใด นักวิทยาศาสตร์ก็สามารถนับอายุย้อนกลับไปได้ว่า ชั้นน้ำแข็งดังกล่าวเกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1955

5.2.10 ย้อนกลับมาอธิบายนักเรียนว่า ในกรณีแท่งน้ำแข็งของนักเรียนนั้น พบว่ามีปริมาณธาตุสตรอนเชียม-90 อยู่สูงในชั้นน้ำแข็งที่ระดับ 10 เซนติเมตร จากด้านล่าง ดังนั้น ที่ตำแหน่งดังกล่าวจึงเป็นชั้นน้ำแข็งที่เกิดจากหิมะซึ่งตกลงมาในปี ค.ศ. 1955 ครูให้นักเรียนวาดภาพวาดแท่งน้ำแข็งของตนเองและทำเครื่องหมายแสดงปี ค.ศ. 1955 ให้ถูกต้อง แล้วตอบคำถามว่า “ช่วงเวลาที่พบธาตุสตรอนเชียม-90 นั้น เป็นฤดูร้อนหรือฤดูหนาว”

5.2.11 สอนวิธีระบุปีลงบนภาพวาดแท่งน้ำแข็ง โดยเริ่มแรกให้ทำเครื่องหมายไว้ที่จุดเริ่มต้นของน้ำแข็งแต่ละชั้นที่เกิดในช่วงฤดูหนาว ต่อจากนั้นให้เขียนปีกำกับไว้ที่ด้านข้างของเครื่องหมาย สุดท้ายครูให้นักเรียนหาคำตอบว่า แท่งน้ำแข็งจำลองของนักเรียนเกิดขึ้นในช่วงปีใดถึงปีใด

5.5 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้ความรู้

กิจกรรมที่ 3 ปรินาอักษรไขว้

5.5.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบสร้างปรินาอักษรไขว้โดยใช้คำศัพท์ภาษาอังกฤษต่อไปนี้

atmosphere, snow, iceberg, glacier, ice cores, temperature, ocean, climate, polar และ annual ring

5.5.2 ให้นักเรียนหาความหมายของคำศัพท์เหล่านี้เพื่อใช้เป็นคำอธิบายในปริศนาอักษรไขว้

5.5.3 เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างปริศนาอักษรไขว้เสร็จแล้ว ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอปริศนาอักษรไขว้ของกลุ่มของตนเองให้เพื่อนๆดู

5.6 ชั้นประเมินผลการเรียนรู้

5.6.1 ให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่า จากหัวข้อที่เรียนมาและการปฏิบัติกิจกรรมมีจุดใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจหรือยังมีข้อสงสัย ถ้ามีครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจ

5.6.2 นักเรียนร่วมกันประเมินการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มว่ามีปัญหาหรืออุปสรรคใด และได้มีการแก้ไขอย่างไรบ้าง

5.6.3 นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้รับจากการปฏิบัติกิจกรรมและการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์

5.6.4 ทดสอบความเข้าใจของนักเรียนโดยการให้ตอบคำถามในแบบทดสอบท้ายกิจกรรม

6. วัสดุ / สื่อ / อุปกรณ์ / แหล่งการเรียนรู้

6.1 ใบความรู้เรื่อง อดีตที่ถูกแช่แข็ง

6.2 ใบบันทึกกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ศึกษาโลกในอดีตจากแท่งน้ำแข็ง

6.3 เอกสารจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น หนังสือเรียน หนังสืออ้างอิง หนังสือประกอบ หนังสือพิมพ์ วารสารต่างๆ หรือทางอินเทอร์เน็ต

6.4 พจนานุกรมไทย-อังกฤษ

6.5 แท่งน้ำแข็งตัวอย่าง กลุ่มละ 3 แท่ง โดยเตรียมจากกระป๋องน้ำอัดลมหรือน้ำผลไม้เปล่า, น้ำ และสีผสมอาหาร

6.6 กระดาษสีขาวและกระดาษกราฟ คนละ 1 แผ่น

6.7 ไม้บรรทัด คนละ 1 อัน

6.8 เทปขาว กลุ่มละ 1 ม้วน

6.9 น้ำร้อน กลุ่มละ 1 ถ้วย

6.10 กระดาษเช็ดมือ กลุ่มละ 1 ม้วน

7. การวัดผลประเมินผล

วิธีการวัด	เครื่องมือที่ใช้วัด	เกณฑ์การผ่าน
สังเกตพฤติกรรม ตรวจผลการปฏิบัติงาน ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน ตรวจผลงานกลุ่ม	แบบสังเกตพฤติกรรม แบบบันทึกการตรวจ ผลการปฏิบัติงาน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน แบบบันทึกการตรวจผลงานกลุ่ม	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60

8. บันทึกผลหลังสอน

ผลการสอน

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ..... ผู้สอน
(.....)

ใบบันทึกกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ศึกษาโลกในอดีตจากแท่งน้ำแข็ง

กลุ่มที่.....

สมาชิกในกลุ่ม 1)..... 2).....
3)..... 4).....
5).....

กิจกรรมที่ 1 สำรวจแท่งน้ำแข็ง

คำถามก่อนการทำกิจกรรม

1. การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์อะไร

.....

วิธีการทำกิจกรรม

1. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน จากนั้นแจกวัสดุอุปกรณ์ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอันได้แก่ แท่งน้ำแข็งหมายเลข 1, 2 และ 3, ถ้วยที่บรรจุน้ำร้อน, ไม้บรรทัด 3 อัน, กระดาษสีขาว 3 แผ่น, กระดาษกราฟ 3 แผ่น, กระดาษเช็ดมือ และเทปกาว

2. ให้นักเรียนแยกกระป๋องที่วางซ้อนกันอยู่ออก จากนั้นให้นักเรียนนำแท่งน้ำแข็งออกจากกระป๋อง โดยจุ่มกระป๋องลงในถ้วยน้ำร้อนสักครู่ เพื่อให้ผิวน้ำแข็งด้านนอกละลายเล็กน้อย ซึ่งจะทำให้สามารถนำแท่งน้ำแข็งออกจากกระป๋องได้ง่ายขึ้น ครูเตือนให้นักเรียนจำว่า ด้านใดของน้ำแข็งเป็นด้านบน และด้านใดเป็นด้านล่าง (หากเกิดความสับสน มีข้อสังเกตคือ ด้านล่างของแท่งน้ำแข็งทุกแท่งจะเป็นชั้นน้ำแข็งใส) ครูให้นักเรียนวางแท่งน้ำแข็งไว้บนโต๊ะที่รองด้วยกระดาษเช็ดมือเพื่อให้แท่งน้ำแข็งตั้งตรง

3. สอนวิธีวัดขนาดของแท่งน้ำแข็งด้วยไม้บรรทัดให้นักเรียนทราบ และให้นักเรียนวาดภาพแท่งน้ำแข็งที่มีขนาดถูกต้องตามความเป็นจริงลงบนกระดาษสีขาว จากนั้น ให้นักเรียนแรเงาภาพแท่งน้ำแข็งเพื่อแสดงให้เห็นชั้นน้ำแข็งสีเทา

4. เมื่อนักเรียนวาดภาพแท่งน้ำแข็งทั้ง 3 แท่งเสร็จแล้ว ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำภาพวาดแท่งน้ำแข็งแต่ละภาพมาเรียงต่อกัน (โดยให้แท่งน้ำแข็งหมายเลข 3 อยู่ด้านล่างสุด ส่วนแท่งน้ำแข็งหมายเลข 1 อยู่ด้านบนสุด) แล้วติดเข้าด้วยกันด้วยเทปกาว ครูให้นักเรียนนำแท่งน้ำแข็งจริงที่วาดภาพแล้วไปปักไว้ในอ่างล้างมือ

บันทึกผลการทำกิจกรรม

นำภาพแท่งน้ำแข็งที่เรียงต่อกันแล้วติดไว้ด้านล่างนี้

สรุปผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

คำถามหลังการทำกิจกรรม

1. เหตุใดจึงมีชั้นน้ำแข็งที่แตกต่างกันเกิดขึ้นในแท่งน้ำแข็ง

.....

2. นักเรียนคิดว่าชั้นน้ำแข็งดังกล่าวเกิดขึ้นเพราะสาเหตุใด

.....

3. ชั้นน้ำแข็งใดมีความหนาน้อยที่สุดและชั้นดังกล่าวมีสีอ่อนหรือเข้ม

.....

4. ชั้นน้ำแข็งสีเข้มน่าจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาใดของปี

.....

5. เหตุใดชั้นน้ำแข็งสีเข้มจึงมีความหนาน้อยกว่าชั้นน้ำแข็งใส

.....

กิจกรรมที่ 2 สร้างกราฟจากแท่งน้ำแข็ง

คำถามก่อนการทำกิจกรรม

1. การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์อะไร

.....

วิธีการทำกิจกรรม

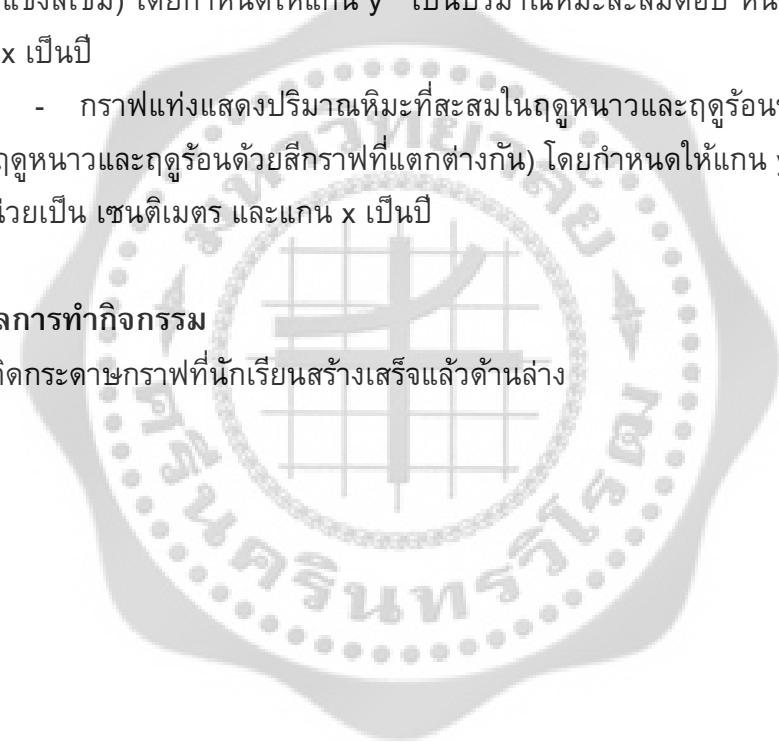
1 ครูให้นักเรียนแต่ละคนเลือกสร้างกราฟใดกราฟหนึ่งตามข้อกำหนดด้านล่าง โดยใช้ข้อมูลจากแท่งน้ำแข็งในกิจกรรมที่ 1 แล้วตอบคำถามเกี่ยวกับกราฟที่นักเรียนสร้างขึ้น

- กราฟเส้นแสดงปริมาณหิมะที่สะสมในแต่ละปี (1 รอบปี ประกอบด้วย ชั้นน้ำแข็งใสและน้ำแข็งสีเข้ม) โดยกำหนดให้แกน y เป็นปริมาณหิมะสะสมต่อปี หน่วยเป็น เซนติเมตร และแกน x เป็นปี

- กราฟแท่งแสดงปริมาณหิมะที่สะสมในฤดูหนาวและฤดูร้อนของแต่ละปี (แสดงข้อมูลในฤดูหนาวและฤดูร้อนด้วยสีกราฟที่แตกต่างกัน) โดยกำหนดให้แกน y เป็นปริมาณหิมะสะสม หน่วยเป็น เซนติเมตร และแกน x เป็นปี

บันทึกผลการทำกิจกรรม

ติดกระดาษกราฟที่นักเรียนสร้างเสร็จแล้วด้านล่าง



สรุปผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

คำถามหลังการทำกิจกรรม

1. ปีใดมีหิมะตกมากที่สุด

.....

2. ปีใดมีหิมะตกน้อยที่สุด

.....

3. นักเรียนสังเกตเห็นแนวโน้มจากกราฟหรือไม่

.....

4. ฤดูหนาวในปีใดมีปริมาณหิมะสะสมสูงที่สุด

.....

กิจกรรม ปริศนาอักษรไขว้

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบสร้างปริศนาอักษรไขว้โดยใช้คำศัพท์ภาษาอังกฤษต่อไปนี้

atmosphere, snow, iceberg, glacier, ice cores, temperature, ocean, climate, polar และ annual ring

2. ให้นักเรียนหาความหมายของคำศัพท์เหล่านี้เพื่อใช้เป็นคำอธิบายในปริศนาอักษรไขว้

3. บันทึกปริศนาอักษรไขว้ที่สร้างเสร็จแล้วด้านล่าง

ประเมินผลท้ายกิจกรรม เรื่อง ศึกษาโลกในอดีตจากแหล่งน้ำแข็ง

ชื่อ-สกุล.....ชั้น..... เลขที่.....

คำชี้แจง จงเติมคำหรือข้อความในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. แหล่งน้ำแข็งที่ขุดเจาะมาจากทวีปแอนตาร์กติกา บอกอะไรเราได้บ้าง

.....

.....

.....

2. ทำไมเราต้องศึกษาแหล่งน้ำแข็งที่ขุดเจาะมาจากทวีปแอนตาร์กติกา

.....

.....

.....

3. เราสามารถรู้อายุของแหล่งน้ำแข็งที่ขุดเจาะมาจากทวีปแอนตาร์กติกา ได้อย่างไร

.....

.....

.....

4. นักเรียนคิดว่าชั้นน้ำแข็งดังกล่าวเกิดขึ้นเพราะสาเหตุใด

.....

.....

.....

5. ทำไมแหล่งน้ำแข็งที่ขุดเจาะขึ้นมาจึงมีความหนาและมีสีแตกต่างกัน

.....

.....

.....

6. ชั้นน้ำแข็งของแหล่งน้ำแข็งและวงปีของต้นไม้ เหมือนกันอย่างไร

.....

.....

แบบสังเกตพฤติกรรมรายบุคคล

ที่	พฤติกรรม ชื่อ - สกุล	ความสนใจ			การแสดงความคิดเห็น			การตอบคำถาม			การยอมรับฟังผู้อื่น			ทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย			รวมคะแนน
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

...../...../.....

เกณฑ์การให้คะแนน

3 คะแนน = ดี

2 คะแนน = ปานกลาง

1 คะแนน = ปรับปรุง

แบบประเมินผลงานกลุ่ม

ชื่อครูผู้ประเมิน.....
 ประเมินกลุ่ม.....เรื่อง.....
 รูปแบบผลงาน.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินใส่เครื่องหมายลงในช่องว่างตามความเป็นจริง

4 หมายถึง ดีมาก 3 หมายถึง ดี 2 หมายถึง พอใช้ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

รายการ	4	3	2	1	ข้อเสนอแนะ
เนื้อหา					
1. ความถูกต้องของเนื้อหา					
2. การลำดับความคิด					
3. การสรุปความคิดเห็น					
รูปแบบการนำเสนอ					
1. น่าสนใจ					
2. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์					
การทำงานกลุ่ม					
1. การเตรียมตัว					
2. การทำงานเป็นระบบ					
3. การมีส่วนร่วมของสมาชิก					
4. ความภูมิใจในผลงานของสมาชิก					
เกณฑ์การประเมิน ร้อยละ 80 ขึ้นไป ระดับ ดีมาก ร้อยละ 70 – 79 ระดับ ดี ร้อยละ 60 – 69 ระดับ พอใช้ ต่ำกว่าร้อยละ 60 ระดับ ควรปรับปรุง	สรุปการประเมินผลงานกลุ่ม รวมได้คะแนน..... คิดเป็นร้อยละ..... อยู่ในเกณฑ์.....				

Appendix F: The pictures of learning activities



Step 1: Clarification & Challenge





Step 2: Data collection





Step 3: Judging & Processing Information





Step 4: Inference





Step 5: Applying Knowledge





Step 6: Assessment







VITAE

Name: Mr. Apichart Payakkhin
Date of Birth: November, 1 1981
Place of Birth: Chum Porn, Thailand
Home Address: 230/175 M. 5, T. Makhamtia, A. Mueang, Surat
 Thani province, Thailand, 56130
 E-mail: nueng-ray@hotmail.com

Educational Background:

2013 Doctor of Education (Ed.D.)
 Science Education
 from Srinakharinwirot University, Bangkok

2005 Graduate Diploma in Teacher (Grad.Dip.)
 from Thaksin University, Songkhla

2004 Bachelor of Science (B.Sc.)
 Physics
 from Thaksin University, Songkhla