THE DEVELOPMENT OF THE SCIENCE OF SOUND IN TRADITIONAL THAI MUSICAL INSTRUMENTS INTERDISCIPLINARY COURSE FOR NON-SCIENCE UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS BY USING INTEGRATED TEACHING APPROACH

A DISSERTATION

BY

CHANINAN PRUEKPRAMOOL

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Doctor of Education Degree in Science Education

at Srinakharinwirot University

May 2011

THE DEVELOPMENT OF THE SCIENCE OF SOUND IN TRADITIONAL THAI MUSICAL INSTRUMENTS INTERDISCIPLINARY COURSE FOR NON-SCIENCE UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS BY USING INTEGRATED TEACHING APPROACH

A DISSERTATION

BY

CHANINAN PRUEKPRAMOOL

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Doctor of Education Degree in Science Education

at Srinakharinwirot University

May 2011

Copyright 2011 by Srinakharinwirot University

การพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์แบบสหวิทยาการเรื่องเสียงในเครื่องดนตรีไทย สำหรับนักเรียนไม่เน้นวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้วิธีการสอนแบบบูรณาการ

บทคัดย่อ

ของ

ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
พฤษภาคม 2554

ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล. (2554). *การพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์แบบสหวิทยาการเรื่องเสียงในเครื่องดนตรีไทยสำหรับนักเรียนไม่เน้นวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้วิธีการสอนแบบบูรณาการ.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

คณะกรรมการควบคุม: รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรรค์ ผลโภค, ดร.กุศลิน มุสิกุล, Assist. Prof. Dr.Orvil L. White

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาหลักสูตรแบบสหวิทยาการเรื่องเสียงในเครื่องดนตรีไทย (SoSTI course) สำหรับนักเรียนไม่เน้นวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และเพื่อศึกษาถึงพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องเสียง เจตคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์ และความตระหนักถึงความสำคัญของวัฒนธรรมที่มีค่าของชาติไทยโดยมุ่งเน้นเฉพาะเครื่องดนตรีไทยของนักเรียนก่อนและหลังเรียนจากหลักสูตรนี้ หลักสูตรวิทยาศาสตร์เรื่องเสียงในเครื่องดนตรีไทยมีพื้นฐานมาจากแบบจำลองแนวความคิดด้านสหวิทยาการและทฤษฎีสรรคนิยม โดยระเบียบวิธีวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นเตรียมการ ขั้นการพัฒนาหลักสูตร ขั้นการศึกษานำร่อง ขั้นการนำหลักสูตรไปใช้ และขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล ตามลำดับ โดยจัดทำหลักสูตรเป็นวิชาเลือกและสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ผู้วิจัยได้นำหลักสูตรไปใช้กับนักเรียนไม่เน้นวิทยาศาสตร์ ที่กำลังศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 โรงเรียนรัตนโกสินทร์สมโภชบางเขน จำนวน 35 คน เป็นเวลา 40 คาบ (1 ภาคการศึกษา) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องเสียง แบบสอบถามถึงความตระหนักของนักเรียนที่มีต่อดนตรีไทย และแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อหลักสูตรวิทยาศาสตร์เรื่องเสียงในเครื่องดนตรีไทย การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติ t-test กรณีกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระจากกัน

ผลการวิจัยพบว่า หลังเรียนนักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนจากแบบทดสอบวัดความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องเสียง พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนมากกว่าคะแนนสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเจตคติที่นักเรียนมีต่อวิทยาศาสตร์โดยภาพรวม พบว่า ก่อนและหลังเรียนเจตคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่เมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่า เจตคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หลังจากเรียนตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์เรื่องเสียงในเครื่องดนตรีไทย พบว่า นักเรียนมีความตระหนักถึงความสำคัญของเครื่องดนตรีไทยในฐานะวัฒนธรรมที่มีค่าของชาติไทยมากขึ้นและมีความคิดเห็นต่อหลักสูตรในทางบวก

THE DEVELOPMENT OF THE SCIENCE OF SOUND IN TRADITIONAL THAI MUSICAL INSTRUMENTS INTERDISCIPLINARY COURSE FOR NON-SCIENCE UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS BY USING INTEGRATED TEACHING APPROACH

AN ABSTRACT

BY

CHANINAN PRUEKPRAMOOL

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Doctor of Education Degree in Science Education

at Srinakharinwirot University

May 2011

Chaninan Pruekpramool. (2011). *The Development of the Science of Sound in Traditional Thai Musical Instruments Interdisciplinary Course for Non-science Upper Secondary School Students by using Integrated Teaching Approach.* Dissertation, Ed.D (Science Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assoc.Prof.Dr.Nason Phonphok, Dr.Kusalin Musikul, Assist. Prof. Dr.Orvil L. White

The objectives of this study were to develop the Science of Sound in Traditional Thai Musical Instruments course (SoSTI course), an interdisciplinary one, for non-science upper secondary school students and to study the development of students' scientific creativity, the students' understanding in science of sound concept, the students' attitude toward science and students' awareness of precious Thai culture and tradition focusing on traditional Thai musical instruments before and after completing the course. The SoSTI course development was based on interdisciplinary concept model proposed by Jacobs (1989) and constructivist theory. The research study was divided into five phases, pre-developing the course, developing the course, conducting pilot study, implementation and evaluation and analyzing data and conclusion, respectively. The SoSTI course is an elective course corresponding to the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008). This course was conducted to thirty five non-science students in 12th grade in second semester of 2010 academic year at Rattanakosinsompoch Bangkhen School, Bangkok for 40 periods (a whole semester). The research instruments were students' scientific creativity test, students' attitude toward science questionnaire, the science of sound understanding test, the students' awareness in traditional Thai musical instruments questionnaire, and students' opinions toward the SoSTI course questionnaire. The data were statistically analyzed by using t-test for dependent sample.

The findings of this study indicated that, after complete the SoSTI course, the students' scientific creativity is significantly increased at the .05 level. The students' understanding in the science of sound content posttest score is significantly higher than the pretest one at .05 level. The students' attitudes toward science before and after completing the SoSTI course are not significantly different at the .05 level. However, students' attitudes toward science are significantly different at the .05 level by using item analysis. After studying from the SoSTI course, the students have become more aware of Thai culture and tradition focusing on traditional Thai musical instruments and they have positive opinion toward the course.

The dissertation titled

The Development of the Science of Sound in Traditional Thai Musical Instruments Interdisciplinary Course for Non-science Upper Secondary School Students by using Integrated Teaching Approach

by

Chaninan Pruekpramool

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

(Associate Professor Dr.Somchai Santiwatanakul)

May 2011

Advisor Committee	Oral Defense Committee
…… Major-advisor	…… Chair
(Assoc. Prof. Dr.Nason Phonphok)	(Assist. Prof. Dr.Surasak Chiangga)
…… Co-advisor	…… Committee
(Dr.Kusalin Musikul)	(Assoc. Prof. Dr.Nason Phonphok)
…… Co-advisor	…… Committee
(Assist. Prof. Dr.Orvil L. White)	(Dr.Kusalin Musikul)
	…… Committee
	(Assist. Prof. Dr.Orvil L. White)
	…… Committee
	(Acting Sub Lt. Dr.Manat Boonprakob)

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

ACKNOWLEDGEMENTS

I owe my deepest gratitude to Assoc. Prof. Dr.Nason Phonphok, the supervisor, Dr. Kusalin Musikul and Assist. Prof. Dr.Orvil L. White, advisors, for their supervision, guidance, support and encouragement.

I'm pleased to thank Dr.Orvil L. White again including his family and his colleagues for taking good cares of me during my time at State University of New York College at Cortland, New York, USA.

I would like to thank Kru Surin Udomsawat, my traditional Thai musical instruments instructor, and Ajarn Pissamai Thaworn, my first physics teacher, for the best inspiration that aspired me to merge such a perfect combination between art and science.

I am heartily thankful to my experts, Acting Sub Lt. Dr.Manat Boonprakob, Assist. Prof. Dr.Surasak Chiangga, Dr.Kanchulee Punyain, Dr.Sumalee Nakprada, Dr. Chade Sirisawat, Dr.Theerapong Sangpradit, and Dr.Khajornsak Buaraphan for their suggestions and useful comments throughout this study and the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), for the financial support of my study.

I am indebted to all my instructors, staffs, colleagues and friends during five years of study at Science Education Center, Srinakharinwirot University. Moreover, it is a pleasure to thank all teachers and all of my students who helped me beautifully pass through this study.

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

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

Chaninan Pruekpramool

TABLE OF CONTENTS

Chapter Page

1 INTRODUCTION

Background..... 1
Research questions..... 5
Research objectives..... 5
Significance of research..... 6
Delimitation of the study..... 6
Definition of terms..... 7
Conceptual framework of this study..... 9
Research hypotheses..... 10

2 REVIEW OF LITERATURE

Science of sound..... 12
Traditional Thai musical instruments..... 16
Curriculum development..... 22
Interdisciplinary curriculum..... 31
Constructivism..... 40
Integrated teaching approach..... 55
Scientific creativity..... 62

3 METHODOLOGY

Phase 1: Pre-developing the course..... 78
Phase 2: Developing the course..... 79
Phase 3: Conducting pilot study..... 83
Phase 4: Implementation..... 84
Phase 5: Analyzing data and conclusion..... 84

4. FINDINGS

Phase 1: Pre-developing the course..... 88

TABLE OF CONTENTS (Continued)

Chapter Page

4. FINDINGS (continued)

Phase 2: Developing the course..... 100

Phase 3: Conducting pilot study..... 108

Phase 4: Implementation..... 110

Student's opinions toward the SoSTI course..... 129

5. CONCLUSION AND DISCUSSION

Research objectives..... 131

Research hypotheses..... 131

Research instruments..... 132

Research methodology..... 132

Conclusion..... 134

Discussion..... 140

Recommendations..... 145

BIBLIOGRAPHY..... 147

APPENDIX

Appendix A The list of experts and participating teachers..... 163

Appendix B The science of sound in traditional Thai musical instruments course..... 166

Appendix C Authorized electronic letters and examples of research instruments..... 176

Appendix D The examples of the lesson plans..... 195

Appendix E The gathered data from the study..... 225

- The pretest and posttest scores of students' understanding in science of sound concept..... 226
- The pre and post scores of students' scientific creativity..... 227

TABLE OF CONTENTS (Continued)

Chapter Page

APPENDIX (continued)

- Examples of students' awareness of traditional Thai musical instruments pre and post written responses……..……..…….. 227

Appendix F The pictures of learning atmosphere and activities…….…… 231

VITAE……..……... 236

LIST OF TABLES

Table Page

1 The classification of traditional Thai musical instruments……..…….. 19
2 Biggs & Collis (1982) Structural learning model……..…….. 36
3 Application of Biggs & Collis (1982) structural model to interdisciplinary learning……... 37
4 5-E Learning cycle……...…….. 58
5 The results of index of congruence for content validity of questionnaire used to ask for non-science upper secondary school students' opinions toward science and traditional Thai musical instruments evaluated by 3 experts…… 89
6 Participants' demographic background…….. 91
7 Students' opinion why they chose to study in a non-science major……..… 93
8 Non-science students' opinion about science……...…….. 94
9 Students' learning experience in traditional Thai music and musical instruments…….. 95
10 The reasons why students HAVE listened to traditional Thai music……. 96
11 The reasons why students HAVE NOT listened to traditional Thai music 97
12 The reasons why students WILL attend to the ceremony……..…… 98
13 The reasons why students WILL NOT attend to the ceremony……..….. 99
14 Types of instruments and the students' views of the top three traditional Thai musical instruments…… 100
15 Index of congruence to verify content validity and appropriateness of the SoSTI course by 5 experts……..…….. 103
16 Index of congruence from five experts for knowledge papers……..…… 105
17 Index of congruence from five experts for lesson plans……..…….. 106
18 Index of congruence from five experts for the overall assessment…..…… 107
19 Index of congruence from five experts for the research instruments…...… 108
20 Reliability of research instruments……..…… 108
21 The revision of the time used in lesson plans……..…… 109

LIST OF TABLES (Continued)

Table Page

22 Paired sample correlation pretest and posttest in each task……..….. 111
23 Paired sample t-test for pretest and posttest in each task……..…….. 112
24 Overall paired sample t-test for pretest and posttest for students' scientific creativity…… 112
25 Overall paired sample t-test for pretest and posttest for students' understanding in the science of sound content……. 113
26 Overall paired sample t-test for pretest and posttest for students' attitude toward science……..……... 115
27 The result of item analysis of the students' scientific attitude test..……. 116
28 The item analysis paired sample t-test for pretest and posttest for students' attitude toward science…… 119
29 Students' opinions toward Thai culture focusing on traditional Thai music and musical instruments before completing the course..... 120
30 Students' opinions toward Thai culture focusing on traditional Thai music and musical instruments after completing the course……..… 122
31 The students' opinions in traditional Thai musical instruments before and after taking the SoSTI course……... 124
32 Grade Point Average (GPA) of the participants…….…… 129
33 Students' opinion toward the SoSTI course……...…….. 129

LIST OF FIGURES

Figure Page

1 Conceptual framework of is study ……...…….. 10
2 Types of curriculum…….. 24
3 The relationship between curriculum and instruction model……..… 25
4 Curriculum development process model…….. 29
5 A simplified systems approach to course and curriculum design…… 30
6 Interdisciplinary Concept Model……. 35
7 The problem-based model…….. 39
8 The theme-based model…….. 39
9 The model of different teaching and learning approaches in education…… 41
10 Wenger's model of how meaning emerges from the interplay between participation and reification……..... 48
11 Types and dimensions of constructivist teaching…….. 53
12 Learning cycle of Star Legacy……... 58
13 McCarthy 4-MAT Learning cycle……... 59
14 Three main components and six specific stages of creative problem solving……..... 67
15 DO IT model of creativity……..…… 68
16 The artistic and scientific creative personal characteristics……..… 70
17 The three-dimensional Scientific Creativity Structure Model (SCSM)…… 72
18 Processes and methods of creative thinking…….. 74
19 The overview of research methodology…….. 77
20. Interdisciplinary Concept Model of the science of sound in traditional Thai musical instruments course……...… 80
21 The students' scientific creativity pretest and posttest scores……..... 113
22 The students' pre and post-test score in understanding in the science of sound content…… 114
23 The students' pre and post-test score in attitude toward science..... 116
24 The item analysis of students' attitude toward science pretest and posttest scores…….. 119

CHAPTER 1
INTRODUCTION

Background

Science reflects the progressiveness of every country. It can be seen that countries in which success in science and technology have priority can become the world's leader in every aspect. Many countries are interested in developing science and technology rather than looking back to their precious treasures such as art, culture and local wisdom etc. Science, which is related to the daily life of every person, has an important role on personal thinking and efficiency development (IPST, 2002: 1). The committee of National Research Council (NRC) (2007) concludes that it is essential to teach science because science is a noteworthy fraction of human culture and represents the competency of human thinking. Science is more than a subject—it is the foundation and basis for life. Science knowledge and scientific methodology also have an impact on personal decision making about the fundamental issues in human lives. Additionally, scientific abilities of people have reflected the national economic competitiveness and needs of their countries (NRC, 2007).

The historical view of science curriculum reform in the United State is divided in three major time periods. First, from 1959 until 1971 or the 1960s reform, this is called 'a Golden Age of Science Education'. This reform began specifically at the secondary school level and progressed to the elementary school level. Furthermore, this reform was based on specific disciplines of studies. Second, in the 1970s, science curriculum underlined science literacy for all students at middle school level. Third, in the late 1980s and early 1990s, this reform presented several projects and frameworks for science curriculum involving to science programs in the schools. This reform has stressed the integration of science knowledge and constructivist approaches to learning and teaching. Examples of this reform are the project 2061 from the American Association for the Advancement of Science (AAAS) and the Scope Sequence and Coordination (SS&C) Project of the National Science Teachers Association (NSTA) (Anderson, 1994). Not only has the United State realized the imperative of science education and curriculum, but also other countries. It is arguable that science curriculum reform and development constantly change and are a long-lasting process.

Science education in Thailand also has obtained influence from science curriculum reform in the United States. In 1964-1970, the UNESCO Pilot project for chemistry teaching

in Asia has been originated in Thailand. This project emphasized on bringing innovative ideas to chemistry education and expanded to physics education afterward. Later on, the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) has been developing Thai science curriculum since 1970. IPST science curricula endeavor to develop three main characteristics of science; scientific knowledge, practice of scientific inquiry, and the development of scientific attitudes. The curricula are considered an activity-based structure including inquiry and discovery approaches. Moreover, in 1980s Thailand had new science curricula for students in primary to upper secondary levels under a theme 'A Science for All' that means all students have to study science. In 1999, the National Education act was launched and stated that students could freely make their decision to study or not to study science and even mathematics (Klainin & Soydhurum, 2004). Although, Thailand has been developing Thai science curriculum for a long time, the result is unsatisfied because students have various learning styles. Thai science curriculum for students in upper secondary school level is divided into three disciplines, physics, chemistry, and biology. If we specifically consider non-science students in the upper secondary school level, we will find that the current Thai science curriculum is quite not suitable for them. Generally, non-science students are students who have selected and emphasized on other subjects such as Art, Language, Music, and Mathematics. Whether the non-science students like or dislike science, they are still required to enroll courses in science. This requirement certainly makes almost non-science students earn low grade point average (GPA) in science.

Many researchers, science educators, and educational experts have struggled to develop science curriculum because many concepts in science are abstract and uneasy to find suitable instructional strategies (Chang, 2005 & Ogan-Bekiroglu, 2007). Knight (2004) proposed many topics in science emphasizing on physics concepts that seem to be abstract and hard to understand. The science of sound is one of the most difficult topics in physics. Moreover, during a four-month teaching experience in physics, I realized that abstract issues like waves and sound were a challenge for me and other physics teachers. It is very difficult for students to understand physics because they lack of context and background especially for non-science students. The physics instructor is an immense source of factual, conceptual, and procedural knowledge about physics, but this source is typically mismatched with the student (Knight, 2004).

A study of Merck institute revealed that few students could explain the topic of wave and sound propagation (Driver R.; Squire A.; Ruthworth P.; & Wood-Robinson V., 2005:

136-137). Moreover, students still have problems with textbook pictures because the images of waves are static and obviously unclear when displayed in two dimensions (Knight, 2004). One issue that the science curriculum lacks is obviously connecting science with the real world or everyday life, the things that interest people. Science at the secondary school level, i.e., physics, chemistry or biology, contains much content. In addition, learning is directly focused on memorization, numerical manipulation and computation (Knight, 2004).

The National Science Curriculum Standards, the basic education curriculum 2001, issued by IPST, states that there are several characteristics of curriculum and teaching/learning in science.

First, science curriculum should simultaneously link content, principals, concepts and traditional processes such as culture and wisdom together, yet also have flexibility and diversity of learning mode at the same time. Second, science curriculum should support learners in developing their thinking skills and learning abilities. Moreover, for a particular community, the science curriculum should correspond to society, culture and tradition as much as possible (The basic education curriculum, 2001). The students' surrounding communities can help students to understand science in their own context and help them to see the connection between science and the world around them (AAAS, 1998: 126).

Back to one of the difficult and abstract topics in science, the science of sound, Karri (2007) stated that the science of sound and music share some relationship in sense of understanding sound, can provide basic ideas for investigating musical instruments scientifically (Karri, 2007). In the same tone, Eger (2005), a musician, concluded that physics and music are an interdisciplinary complement of each other (Tanrattanakula, 2007: 410). In addition, Browne (2007) has show that musical instruments could help students to easily understand the science of sound in a scientific way. Musical instruments can provide many comprehensible examples of standing waves to help the students and instructors to understand the music concepts (Knight, 2004). Therefore, the researcher believes that using traditional Thai musical instruments will be one way to help students who are afraid of science to understand the concept of sound.

Thai society has its own unique culture and traditions and Thai classical music is one example of this uniqueness. In the past, Thai classical music strongly influences every Thai person. Thai classical music has special melodious musical tones reflecting the easy way of life of Thai people. Traditional Thai musical instruments are classified into three categories, stringed, wind and percussion instruments (The Department of fine Arts,

Thailand, 2001). The aesthetic of Thai classical music has continuously cultivated the Thai people's mind for a very long time and is the origin of culture and civilization of the Thai society. Traditional Thai music and musical instruments are assumed to be a precious cultural heritage of Thailand from the past to present (Indhawong, 2003). Conversely and recently, because of popularity of contemporary music, Thai people know and value Thai classical music less and less. Additionally, the National Education Act of A.D. 1999 (revised in 2002) also realizes the significant of both art and science, in which science blends very well with art, culture and local wisdom. The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008) stated that in order to develop Thai juveniles for the 21st century, we should encourage them to become aware of preserving all aspects of Thai culture and wisdom. Besides, cherishing Thai-ness is one of desirable characteristics in this core curriculum (The ministry of education, 2008).

Thus, the researcher was inspired to design a new science course dealing with music, in order to make this course suitable for non-science upper secondary school students. In addition, the course corresponded to the basic core curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008). Furthermore, this course was an interdisciplinary work following the interdisciplinary concept model proposed by Jacobs (1989) which blended the science content from physics, chemistry and biology (sound and material concepts), music content (Traditional Thai musical instruments), mathematics (equations of sound wave) and human culture. An interdisciplinary curriculum is a way to organize and connect different areas of knowledge, and interdisciplinary connections formulate scientific principles suitable for a wide variety of students.

As aforementioned, the Science of Sound in Traditional Thai Musical Instruments course (SoSTI course) was designed exclusively for non-science students in such a way that they had an opportunity to develop both left and right brains. Moreover, this course promoted student's scientific creativity in the classroom by using a research and development (R&D) as the research design in the study. This course was an activity-based course facilitated by integrating teaching approach, which was based on the theory of constructivism and was a significant part of instructional learning material. The expectations of this course were to connect the world of science and the world of music through the context of classical music of Thailand and to help Thai students be aware of their precious Thai culture and tradition.

The purpose of this concurrent mixed methods study was to develop and test the effectiveness of an interdisciplinary course, the SoSTI course, for non-science upper

secondary school students by converging both quantitative and qualitative data. In the process of collecting data, the Adolescence Scientific Creativity Test (ASCT) (Hu & Aday, 2002) was used to measure the development of the students' scientific creativity on a pre and posttest. At the same time, the study explored using Scientific Attitude Inventory (SAI II) (Richard & Foy, 1997) concerning students' attitude toward science, the science of sound understanding test and an interviewing form concerning students' awareness of traditional Thai musical instruments created by researcher. Regarding the completion of the course, the students were required to invent their own Thai style classical music instruments using local materials.

Research questions

The research of "Science of Sound in Traditional Thai Musical Instruments" addressed the following questions.

1) How does the science of sound in traditional Thai musical instruments course develop students' scientific creativity?
2) How does the science of sound in traditional Thai musical instruments course influence students' understanding in the topic of sound?
3) How does the science of sound in traditional Thai musical instruments course influence students' attitude toward science?
4) How does the science of sound in traditional Thai musical instruments course convince the students to become aware of the precious Thai culture and tradition?

Research objectives

The objectives of this study are summarized as follows:

1. To develop the science of sound course for non-science upper secondary school students, an interdisciplinary course, by applying traditional Thai musical instruments and using integrated teaching approach
2. To study the development of students' scientific creativity
3. To compare the students' understanding in science of sound before and after completing the course
4. To compare students' attitude toward science before and after taking the course

5. To promote Thai students' awareness of precious Thai culture and tradition especially of in traditional Thai musical instruments

Significance of research

This research provided a science course that introduced the sound concept via traditional Thai musical instruments, an interdisciplinary course, for non-science upper secondary school students by using an integrated teaching approach. The elective course promoted both content and scientific creativity of students into the classroom through the context of traditional Thai musical instruments. Moreover, the course represented the ways for the Thai lifestyle and to convince students to be proud of their heritage.

Delimitation of the study

Population

The population of this study was non-science students who were studying in Mathayomsuksa 4-6 (Grade 10-12) during the second semester of 2010 academic year. (November to March)

Participants

The samples of this study were 35 non-science students who were studying in Mathayomsuksa 6 (Grade 12) of at Rattanakosinsompoch Bangkhen School, Bangkok, in the second semester of 2010 academic year.

Variables

Independent variable

Using the science of sound in traditional Thai musical instruments course via integrated teaching approach

Dependent variable

1. Students' scientific creativity
2. Students' understanding in science of sound concept
3. Students' attitude toward science
4. Thai students' awareness in the precious culture and tradition, emphasizing on traditional Thai musical instruments

Definition of terms

1. **Science of sound in traditional Thai musical instruments course (SoSTI course)**

Science of sound in traditional Thai musical instruments course (SoSTI course), an elective one, is the set of science knowledge and activities for non-science upper secondary school students. The course is composed of two main science content ideas, waves and sound. It also contained music concepts in the context of traditional Thai music and musical instruments as well as additional content from physics, chemistry, biology and mathematics and also included of human culture in Thai context.

2. **The interdisciplinary course/curriculum**

The interdisciplinary course/curriculum in this study emphasized on the integration among disciplines by using the interdisciplinary concept model proposed by Jacobs (1989) in the following.

Step1: Selecting an organizing theme; the organizing theme in this curriculum is the science topic of sound.

Step2: Brainstorming associations; the associated ideas related to organizing theme in this curriculum are Physics (sound concept), Music content (traditional Thai music and musical instruments), Mathematics (measurement, equations of sound wave), Chemistry (matter and materials), Biology (Hearing process and some part of human body) and Human culture.

Step3: Establishing the guiding questions to serve as a scope and sequence; the researcher as the curriculum developer designed a content scope, created the curriculum outline and series of interdisciplinary units including the outline of lesson planning, learning activities, and worksheets.

Step4: Writing activities for implementation; In the effective daily lesson planning, the researcher designed learning activities, identified the suitable approach based on constructivist theory in order to develop students' scientific creativity, students' understanding in science of sound, attitude toward science of sound and Thai students' awareness in the precious culture and tradition, emphasizing traditional Thai musical instruments.

3. **Integrated teaching approach**

Integrated teaching approach refers to the integration of various methods of Instructional strategies together based on constructivist theory which means all of the selected approaches will promote students to construct their own knowledge and

understanding in order to make students' learning more interesting and supportive. This approach is different from the traditional approach, chalk-talk-homework-exam, in terms of emphasizing conceptual understanding, relational understanding instead of memorizing formulae. The characteristics of the integrated teaching approach that were used in this curriculum are;

1. Variety of pedagogical strategies such as group discussion, demonstration, laboratory, individual student project and so on.

2. Variety of non-traditional assessments i.e. adolescent scientific creativity test (Hu & Adey, 2002), A Scientific Attitude Inventory (SAI II) (Richard & Foy, 1997), observation form, the science of sound understanding test, interviewing, etc.

3. Effective and meaningful learning

4. Paying more attention to listening (hearing, interpreting), students' thinking

5. Promoting cooperative learning among students

6. Teacher serving as the role of a facilitator.

4. Non-science upper secondary school students

Non-science upper secondary students means the group of students who were studying in Mathayomsuksa 4-6 (grade 10-12) and had selected and emphasized studying in non-science subjects such as art, language, music, and mathematics for studying instead of science subjects which are physics, chemistry, and biology.

5. Students' scientific creativity

Scientific creativity means ability in designing and discovering new knowledge. It is concerned with creative science experiments, creative scientific problem finding and solving, and creative science activities for example in the SoSTI course, students will design and create Thai classical music instruments by themselves, by applying knowledge they earned from the course. The three dimensional structures of scientific creativity are composed of 24 characteristics of;

1. Products (technical product, science knowledge, science phenomena, and science problem)
2. Traits (fluency, flexibility and originality) and
3. Processes (thinking and imagination).

The students' scientific creativity can be measured by using the Scientific Creativity Test for Adolescents (SCTA) (Hu & Adey, 2002). The results of SCTA test presented that SCTA has high reliability and validity by using statistical methods to confirm that SCTA test

should be suitable for measuring scientific creativity of secondary school students. This means, for this research, the researcher translated and adapted to the context of the SoSTI course.

6. **Students' understanding in science of sound**

Students' understanding in science of sound refers to the abilities and behaviors of the students underpinning by Bloom's revised taxonomy of cognitive domain in the understanding level. The abilities and behaviors present that students understand science of sound refers to students who can interpret, summarize, classify, categorize, compare, explain, exemplify, comment, annotate the knowledge in the science of sound topic and can measure this by using the science topic of sound understanding test created by the researcher.

7. **Students' attitude toward science**

Students' attitude toward science refers to the opinions of students in positive or negative responses about science. In addition, it refers specifically to whether a person likes or dislikes science by using their prior knowledge and experiences they have had including students' feelings about importance of science. The students' attitude toward science assessed by using and applying Scientific Attitude Inventory (SAI II) in order to correspond to the SoSTI course (Richard & Foy, 1997)

8. **Thai students' awareness in traditional Thai musical instruments**

Thai students' awareness of traditional Thai musical instruments means the students' opinions, feeling, beliefs, decision making toward traditional Thai musical instruments. This was done by individually considering of students' interest which are the consistency of listening to traditional Thai music, the inclination to attend traditional Thai music festivals or activities, including the students concern about maintaining and continuing one of the most precious items Thai culture, traditional Thai musical instruments.

Conceptual framework of this study

The conceptual framework of this study is an attempt to identify the relationship between the independent variable which is using of the SoSTI course and the dependent variables which are the development of students' scientific creativity, students' understanding in science of sound before and after taking the course. Also, to identify students' attitude toward science before and after studying this course, and the Thai

students' awareness of the precious culture and tradition, emphasizing traditional Thai musical instruments as is shown in Figure 1.

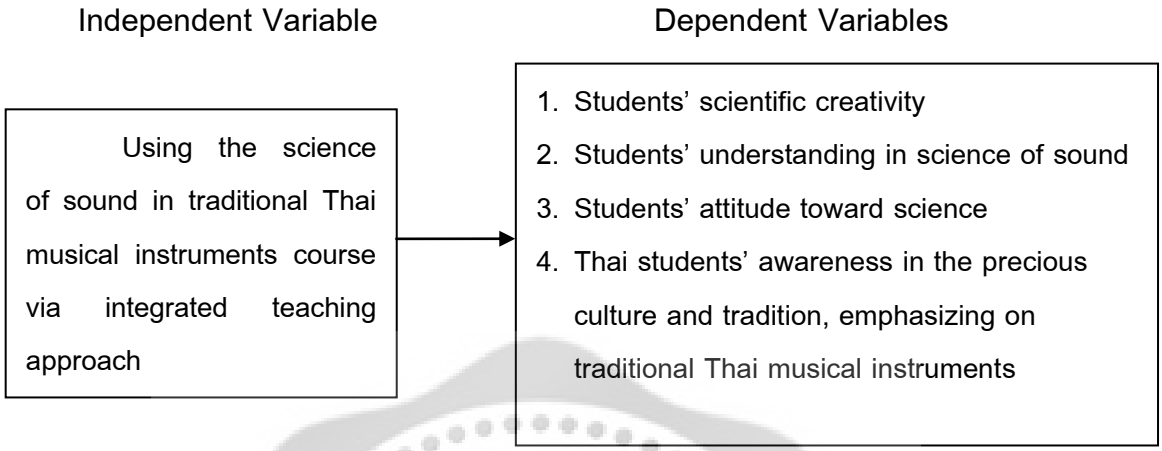


Figure 1 Conceptual framework of this study

Research hypotheses

1. After complete the SoSTI course, the students' scientific creativity will increase.
2. The students' post-test score in understanding in the science of sound will be higher than on the pre-test.
3. The students' attitude toward science at the end of the course will be positive.
4. The students will have become more aware of their Thai culture and tradition especially traditional Thai musical instruments after completing the course.

CHAPTER 2

REVIEW OF THE LITERATURE

This chapter is a review of the available literatures related to this research particularly dealing with:

1. Science of sound
   - Some issues that teacher faced
   - The relationship between physics and music
2. Traditional Thai musical instruments
   - An overview of traditional Thai musical instruments
   - The classification of traditional Thai musical instruments
3. Curriculum development
   - An overview of curriculum development
   - The types of curriculum
   - Curriculum versus Instruction
   - Curriculum development: process and design
4. Interdisciplinary curriculum
   - Introduction of interdisciplinary curriculum
   - Model of curriculum integration
5. Constructivism
   - An overview of constructivism
   - The theories of constructivism
   - Social constructivism and Socio-cultural Theory (SCT)
   - Teaching and learning in constructivist perspective
6. Integrated teaching approach
   - Introduction of integrated teaching approach
   - Effective learning environment and learning cycles
   - The varieties of learning approaches
7. Scientific creativity
   - The concepts of creativity
   - The six approaches for understanding creativity
   - The models of creativity

- The definition of scientific creativity
- The differences of artistic and scientific creativity
- Assessment test for scientific creativity
- Teaching for creative thinking in school

1. Science of sound

Some issues that teacher faced

The studies of sound and acoustic provide a way to access into common understanding of waves through the study of an occurrence or phenomena that is closely associated to our sensory perceptions (Merino, 1998: 101). It is debatable that wave concepts are crucial for understanding not only sound or light but also other everyday life phenomena (Bemmel, 2003). In the same fashion, understanding the concept of wave is important in sense that it is fundamental knowledge to understand other concepts of physics such as physical optics, quantum mechanics, and electromagnetic radiation (Wittmann, Steinberg & Redish, 1999).

Sound is a difficult topic and is one of the most important disciplinary subjects in science (Bisesi & Michelini, 2008). The features of waves are intangible and concrete (Echols, 2007). Many students are unable to construe general interpretations of sound waves. In addition, many students are incapable of explaining the underlying wave model of sound, or do not have a logical model of physics. Even though, they are at the university level. Moreover, most students had enormous intricacy in distinguishable ability to differentiate between the propagation of sound waves and the motion of the medium through which it travels. It is arguable that the students' explanations of sound propagation are not very comprehensible (Linder, 1992). In addition, lecture instruction or conventional instruction with related homework problems or discussions in the classroom are not enough for the students to understand the basic properties of waves and sound propagation (Wittmann, Steinberg & Redish, 2001).

Similarly, Bemmel (2003) had done his research by testing the improvement of students' conceptual understanding and used the tests developed by Wittmann (1998). This test was originally designed for the students at the University of Maryland. However, the results are similar. Students do not have a consistent picture about properties of waves. They can correctly answer the question about sound properly but the question about the

string incorrectly. Moreover, the exceedingly high-level mathematics seems hopeless for students to improve their deep conceptual understanding.

The conventional instructional strategies, such as lecture and textbook, are basically an ineffective approach to help most students achieve to the goal of understanding. Generally, students can pay attention only 10-15 minutes in listening to serious knowledge and they cannot analyze and emphasize the knowledge at the critical thinking level within this short period of time. Besides, nearly no students know the right way to acquire understanding during lecturing. Most students write down everything on the board without thinking and connecting the specific definitions or symbols used (Knight, 2004). Constructing relevant and reachable common science curricula to the upper secondary school students without making it insignificant is an extensive challenge to the upper secondary school science teachers. Moreover, various instructional strategies can be used to engage students' interests, for example, enjoyable demonstrations and fun activities occasionally are helpful to encourage student interest (Echols, 2007). In science subjects such as physics, teaching physics should present physics content undoubtedly and logically (Marshall & Linder, 2005) and requires more than a chalk-and-talk to present the physics formulae. Additionally, teaching physics needs to teach along with the real objects or situations and should not just only compare the differentiation (Linder, 1992). Physics Education Research (PER) initiated that connection between theories and essential phenomena/experiments is the superlative way that students learn best (Knight, 2004).

Knight (2004) indicated that the science teachers are a great resource of factual, conceptual, and procedural knowledge about science. However, this resource is not suitable for the student. Ideas like the wave phenomena, if the impedances are mismatched, knowledge will mostly transmit or reflect. The properties of sound that student perceived do not correspond to the instructional strategies teacher uses especially in the specific properties like sensory properties including loudness, pitch and timbre are fundamentally subjective and depend on individual perception. Additionally, identifying these properties with physical characteristics is a general mistake (Merino, 1998: p102).

The topic of waves is the first situation where students are confronted with functions of two variables. For the students, physics and mathematics are almost the same piece. Students have difficulty when trying to see the dissimilarity between the two. Linder (1992) proposed that students could not explain the different between light and sound, try to use mathematical formulas and calculations to clarify their explanations. In the topic of sound in

science subject, Merino (1998: p102) showed that students generally have a set of incorrect ideas about sound such as:

1) Students do not know that intensity and loudness are different.
2) Students believe that double the intensity of the sound wave means doubles the sound intensity level.
3) Students understand that fundamental frequency (f_0) is decreased to half its value, $f_0/2$, then the related pitch will be halved.
4) Students understand that the same acoustic energy will produce the same loudness rather than frequency.
5) Students are unaware of the existence of virtual pitch.
6) Students ignore the fact that loudness, pitch and timbre are interdependent properties of sound.

Another problem that teachers have faced is with textbooks. The pictures and graphical source especially in the topic of wave and sound are visibly static and illustrate only one dimension particularly transverse waves, longitudinal waves and waves in two or three dimensions are more complex for students to imagine. Students constantly misunderstand about the amplitude of the standing sound wave in air-filled tubes is equal to the radius of the tube but in fact is not (Knight, 2004). According to Linder & Erikson (1989), they present the conceptualizations of sound from 10 Canadian physics graduates students who will be the secondary school physics teachers by using interview protocols. This research found that students are able to give the definitions of sound wave in both the microscopic and macroscopic perspective. However, the additional comments indicated that the student accounts for this conceptualization in terms of the visual and apparent representations that can be characteristically seen in the physics textbooks for example the diverging rings. Furthermore, these students' visual representations tend to be the problem of linking among the sound phenomena, and the concept of waves and mathematical problems in sound topic. Occasionally, pictures, schematic representations and the explanations may be misleading and are frequently incorrect. For example, in the case of sound it is common to find sinusoidal waves presented in a graphical format that visually looks like a transverse wave (Linder, 1992). However, Echols (2007) stated that graphs of waves are predominantly useful for defining and representing the wave properties.

In summary, the issues that teachers faced in science of sound topic divided in 3 main issues as the following;

1. The difficulties in the science of sound topic are students' understanding of sound propagation, students' logical model in wave and mathematics problems.
2. Teaching approach or instructional strategies in a conventional ways are not suitable for students to keep their attention.
3. The textbooks occasionally mislead and are frequently incorrect (Knight, 2004).

The relationship between physics and music

Physics is the underpinning of understanding of natural science. Not only the natural science but physics also is the foundation of understanding in art and music. Physics and music have a close relationship. Joseph Eger (2005), the musician, states that physics and music are an interdisciplinary complement of each other (Jittraporn Tanrattanakula, 2007: 410). Besides, both musicians and scientists' works contain the same rudiments of performance and the creation of novelty. In music aspects, the process of compositions can be compared with the process of theorizing, constructing and linking ideas in scientific methods are based on the imagination. The performance in music is the same process of experimental practice, measurement and analyzing the data in science process (Monk & Poston, 1999).

Music is a specific field of study that engages people who are not straightforwardly attracted to conventional physics, and it provides an outstanding context to explore physics (Gibson & Johnston, 2002). Physics of sound generally involves the study of the intrinsic properties of loudness, pitch and timbre that directly entails to music (Merino, 1998). It is necessary to have natural physics lessons integrating to other subjects such as music, art and physical education (Milicevic, Markusev, Nesic, & Djordjevic, 2007).

Sound is an important part of students' lives (Karri, 2007). The nature and behavior of sound and the music instruments match very well to each other and is able to increase the interests of students in the classroom (Pejuan, 2000). Furthermore, music possibly provides a familiar and optimistic context in learning science. The delight and aesthetic aspects of music can tremendously engage the students' interests. The ordinary interest in music is not a technical foundation although there is the valuable of cultural references. Music is essentially spectroscopic. Students can learn about science even though teachers teach them about music intervals, scales, overtone series, consonance and dissonance, vibration of musical instruments and timbre all provide constructive and supportive instructional materials for science of sound teaching and learning including the significance

of music and musical instrument (Gibson & Johnston, 2002). Additionally, music provides an effective context in which student can learn physics and science concepts while developing a more positive attitude toward science.

2. Traditional Thai musical instruments

An overview of traditional Thai musical instruments

> "The man that has no music in himself, Nor is not moved with concord of sweet sounds, Is fit for treasons, stratagems and spoils, The motions of his spirit are dull as night, And his affections dark as Erebus: Let no such man be trusted."
>
> William Shakespeare. (1916). The Merchant of Venice

Many research studies reveal that musical instruments provide many comprehensible examples of standing waves and are helpful to solve the mathematical exercises and numerical problems such as measuring the length of an open-opened tube and open-closed tube musical instruments, flute or clarinet respectively to predict the lowest note (Knight, 2004). Additionally, the concepts of a standing wave in tubes can be introduced by playing various samples of musical instruments in the classroom (Pejuan, 2000). Musical instruments create various forms of standing waves to produce the complex sounds. Moreover, different musical instruments produce dissimilar types of standing waves. However, each instrument has an individual set of natural frequencies related to its size, shape and length (Echols, 2007).

Pejuan (2000) states that the nature and behavior of sound created from the musical instruments can increase the students' interests. Pejuan developed an elective physics course in music and acoustics by using the bugle, the typical musical instrument for the military. This instrument is essentially a tube of fixed length with both ends open. This course can stimulate the students' interest. The learning efficiency increase is visibly seen when a comparison is made between the students who attended this course and those who attend the general physics course.

Echols (2007) proposed that woodwinds and brass instruments provide different systems of creating the sound and sound qualities. Nevertheless, creating different sounds and sound quality depend on changing the length of a vibrating air column. Woodwind instruments generally use single or double reed to create the air column's vibration by

converting a steady stream of air into a series of puffs, creating the compression wave is the basis of wind instruments.

According to traditional Thai musical instruments, the Thai people and music have a close relationship. Thai music really presents the way of life of the Thai people. In general, we used traditional Thai music in every social activity and ceremony such as ceremony of tonsure, funeral, wedding ceremony and others cultural celebrations. Because of the long history and the identity of traditional Thai music and musical instruments, these present the uniqueness and preserve Thai culture and wisdom until now.

The aesthetic of traditional Thai music is quite abstract although the beautiful of music can arouse the pleasantness and also bring happiness. Listening to traditional Thai music, people need to understand that each traditional Thai musical instrument can produced a different sound and has its own melody. The history and development of traditional Thai musical instrument is unclear. There are two historical points of view about traditional Thai music.

Firstly, we presume that traditional Thai music has obtained influence from India because India is an important ancient culture that related to the religion, beliefs and art of all Asian countries. Secondly, we believe that traditional Thai music came from our own ancient knowledge and wisdom (Pisarn Indhawong, 2003). However, the Department of Fine Arts of Thailand (2001) identified that the Thai people definitely knew how to make musical instruments by themselves or to copy patterns of the other countries and adapted them to their own style. Since the ancient times the Thai people were located in southern China, it seems that the Thai people constantly loved music and singing, and had musical talent. Many researches of the historians substantiate that Chinese music may have evolved from the music of Thai ancient kingdom. The Thai unquestionably used some of the Chinese music instruments to be the prototypes of their own musical instruments and adapted the models of others. In addition, the Thai devised several kinds of music instruments before they may have obtained influence from India culture.

The development of traditional Thai music and musical instrument apparently continually occurs from Sukhothai , Ayuthaya, Thonburi and Rattanakosin eras respectively. Traditional Thai music and musical instruments were extremely prospering and successful in the rein of King Rama VII (1925-1934) in Rattanakosin era, he immensely interested in traditional Thai music and supported Thai musicians in every aspect. On the other hand, after the Siamese or Thai kingdom had changed the political system from absolute monarchy to constitutional monarchy in 1932, the government in those periods had a policy

to increase the pace of modernization in Thailand. This policy did not allow the Thai musicians play the musical instruments because they thought that playing Thai classical music instruments obstructed the development of Thailand in becoming a civilized country. Therefore, at that time, traditional Thai music and musical instruments gradually declined. Additionally, Western culture and musical instruments started to become a part of daily life of Thai people up to now (Pisarn Indhawong, 2003).

The classification of traditional Thai musical instruments

Traditional Thai musical instruments are classified into three categories, percussion, wind, and stringed instruments (The Department of Fine Arts, Thailand, 2001). Moreover, Thai classical music instruments can be divided by the action used in playing into four categories which are blowing, plucking, bowing, and striking instruments (Chaloemsak Pikulsri, 1999). The oldest known types of traditional Thai musical instruments are the percussion instruments. Percussion instruments used in Thai musical ensembles divided in three groups; (a) Percussion instruments made of wood such as Gràp sây-pha- and Ránâ-t ày-k, (b) Percussion instruments made of metal such as Ching and Kháw-ng wong yài, and (c) Percussion instruments made of stretched skin or leather such as Tà pho-n.

Pipes of wood or bamboo were probably the first wind instruments made and were used as signals by the ancient people in hunting. Later on, animal horns were another wind instrument that humans used. Eventually, humans learned to put holes and reeds in the pipe to create the different pitches and melodies of the musical sound. Subsequently, the various kinds of wind instruments were increasingly developed. The Thai wind instruments can be classified into two groups, the Khlùi or flute-types and the Pì-, reed or oboe-types. The names for almost every kind of Thai wind instruments come from the characteristic sound that the instruments produce when played (The Department of Fine Arts, Thailand, 2001). Likewise, for the stringed instruments, Thai people classified into two categories, plucked stringed instruments such as Jàkhây- and bowed string instruments such as Saw-dûa-ng and Saw-û- (Pisarn Indhawong, 2003). The classification of Thai classical music instruments can be seen in Table 1.

Table 1 The classification of traditional Thai musical instruments (source: The Department of Fine Arts, 2001)

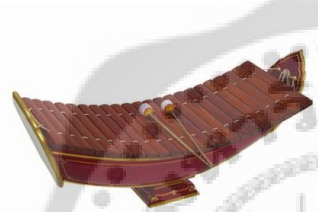
Categories	Instruments	Description
Percussion	Gràp sây-pha- 	It made of hard wood and consists of a pair of Gràp each of which is 21 cm. in length and 3-4 cm. in width with square shape. One side is slightly convex, and the opposite side is shorter and flat. The two corners at the end of this short, flat side are cut off at a 45º angle. The singer or reciter must use two pairs of Gràp sây-pha- one pair in each hand.
	Ránâ-t ày-k 	Ránâ-t ày-k was developed from gràp. The improvements were made in the shape of the gràp, and a mixture of beeswax with lead shavings was applied to the underside of each key causing the tone to be more “in tune”. The gràp which forms the keyboard are called “lû-k ránâ-t”. Ránâ-t ày-k has 21 keys. The lowest-toned key is 38 cm. long, 5 cm. wide and 1.5 cm. thick. The keys decrease in size and become thicker as the tones become higher. The highest-toned key is 30 cm. long. The keys are hung on a cord which passes through holes at each of nodes of the keys 7-9 cm. This keyboard is suspended over the boat-shaped body, similar to Thai river boat. The distance between the two ends is 120 cm.
	Tà pho-n 	Tà pho-n is percussion instrument using stretched hide. It is put on a stand and play on both heads with the palms of the hand and the fingers. The body is made of teak wood of the jack fruit tree and is made from a solid block of wood which is cut and hollowed out into the proper shape. There are two heads, one stretched tightly over each open end. One head is larger, called nâ-thây-ng, and 25 cm. in diameter. The smaller head is called nâ-mát and has diameter of 22 cm. a mixture of cooked rice and ashes is applied to the center of the large head to tune it to a more mellow tone. The length of the body is 48cm.
	Kháw-ng wong yài 	Kháw-ng wong yài or “circle of gongs” is a further development of the single gong. The circular stand for the series of gongs is a framework made of a type of large round rattan. It is placed on the floor and is 24 cm. high. The gongs are placed with the surface and knob upward. The largest and lowest-toned gong is at the left back end and the 16 gongs are arranged in ascending order of pitch, the smallest and highest toned gong being located

Table 1 (continued)

Categories	Instruments	Description
		at the back right end of the stand. The largest gong is 17 cm. in diameter, the smallest, 12 cm. in diameter. The player sits inside the circular frame. The beaters or playing sticks consist of circles of thick leather into the center of which the wooden handle is inserted. A pair of beaters is used, one being held in each hand.
Percussion (continued)	Chìng	Chìng consists of a pair of cymbals, each of which is made of thick metal, shaped like a teacup. The two chìng are played by hitting them together. Each one measures from 6-7 cm. in diameter across the open side. At the apex of each, there is a small hole through which a cord is passed. The cord is continuous, fastening the two cymbals together, and is for convenience in holing them in playing position. The function of the chìng is to beep time and beat the rhythm.
Wind	Khlùi	Khlùi are played vertically like the Western oboe and clarinet. On the front side of khlùi are seven finger holes. At the lower end of the body there are four more holes made in pairs at right angles to each other. All in khlùi has fourteen holes. Originally, there was one size of khlùi, but, after it was added to ensembles, three sizes evolved in order to have an instrument commensurate with the general volume of sound of each ensemble: 1) Khlùi lì-p, this is the smallest size, 36 cm. in length and 2 cm. in width. 2) Khlùi phìa-an aw-, this is the middle size, 45-46 cm. in length and 4 cm. in width. 3) Khlùi u-, this is the largest one, 60 cm. in length and 4.5 cm. in width. The material out of which the khlùi is generally made is a type of bamboo, but occasionally there are made of hardwood and ivory, in the same sizes and regular models.

Table 1 (continued)

Categories	Instruments	Description
Wind (continued)	Pì-nâw-k	Pì is usually made of one of the hardwood. The wood body is turned and shaped on a lathe-fluted outward at both ends and slightly bulging at the center. At the upper end there is a small hole into which the reed pipe is inserted; at the lower end is a large opening. Along the center bulge are six finger holes. Around the center bulge fourteen pairs of small rings are lathed on, girding the instrument. This gives the fingers support and prevents their slipping. The reed of Pì- is made of four small, round pieces of Palmyra palm leaves, placed in two double layers and tied to a small tube made of brass, silver or some other metal. There are three types of this shape of: 1) Pì-nâw-k, the smallest size: 31 cm. in length and 3.5 cm. in diameter. 2) Pì-gla-ng, the medium size: 37 cm. in length and 4 cm. in diameter 3) Pì-nai, the largest size: 41-42 cm. in length and 4.5 cm. in diameter.
	Pì-cháwa-	Pì-cháwa- is made in two parts which can be detached from one another. The top part, called lao pì-, is long, slender and slightly conical. The other part, the bell, is called lam pho-ng. The reed is inserted in the upper part of the instrument. The cylindrical body is 27 cm. in length, and the lower bell part is 14 cm. long. The instrument has seven finger holes in the front side and one on the underside. The entire length of the instrument when the two parts are joined together is 38-39 cm. the diameter of the lower bell is 7-8 cm. The pì-cháwa is made of hardwood or ivory or both.
Stringed	Saw-û-	Saw-û- is a two-stringed instrument. The head is made of a rather large coconut shell without lumps and more of oval shape. One of the small ends of the oval is cut off, and a piece of goat or calfskin is stretched across the opening which is 13-15 cm. in diameter. Two holes are cut through the body at opposite sides, and the neck is inserted through the sound box and fastened in place. The neck is made of solid hardwood or ivory, 64 cm. in length above the body. The instrument is 80 cm. in overall length. Two tuning pegs are inserted through holes in the neck, 17-18 cm. in length. The bow is 70 cm. long, made of wood or ivory, and contains 150-200 horsetail hairs. The bow is inseparably attached to the instrument.

Table 1 (continued)

Categories	Instruments	Description
Stringed (continued)	Saw-dûa-ng	Saw-dûa-ng is another two-stringed instrument. It is made in similar way the Saw-û- except that it is smaller in size. The overall length is 72 cm. the bow is 70 cm. in length, contains from 120-150 horsetail hairs which pass between the strings the same as with Saw-û-. The tuning pegs are the same size. For the resonance box of the Saw-dûa-ng, It made from hardwood or ivory, 7 cm. in diameter and 13 cm. in length. The head is usually the skin of the python or boa-constrictor snake. The other end of the resonance box is left open. The tone of the instrument is higher and more penetrating than the Saw-û-.
	Jàkhây-	Jàkhây- is made to be played sitting horizontally on the floor or ground. The body of instrument was made in shape of a crocodile. The w ord for crocodile in Thai is jaw-ràkhây, which was gradually shortened to Jàkhây. The instrument is made in two-parts- the long narrow neck and the body of sound box, each side of which bulges out. The head section is 9-12 cm. deep, 52 cm. long and 28 cm. wide. The top slopes gently downward at the edges. The “tail” part is 81 cm. long and 11.5 cm. wide. The entire length of the instrument is 130-132 cm. The instrument is made of hardwood. There are three strings along the top of the body- one of brass and two of gut with 11 frets. The plectrum is made of bone or ivory, cylindrical in shape 5-6 cm.

In summary, traditional Thai musical instruments was divided in 3 main categories, percussion, wind, and stringed instruments. The SoSTI course will use all of musical instruments in Table 1 represent each kind of traditional Thai musical instruments in order to make students understand how the instruments create sound in different ways.

3. Curriculum development

An overview of curriculum development

Curriculum is defined as a set of documents, plans, or teacher’s works in order to structure the content and teaching approaches to be taught in a school and is involved directly with school system. Curriculum frequently seems to be the main organization of the school. It represents as an undertaking to present what the school would like to think or plan for the students and teachers. Curriculum in school will be provided a significant and valued leadership opportunity and service (Longstreet & Shane, 1993; English, 2000;

Hanna, 2003). Curriculum is not the same as a syllabus. Syllabus normally composes of the contents of a discourse or the series of lecture topics. Conversely, curriculum is something that actually happens in the classroom such as teaching and learning activities and how to organize, prepare and evaluate those activities and achievement of the course corresponding to the objectives and learning outcomes (Smith, 1996, 2000).

Curriculum is the course which is designed for students. The content will be planned to include instructional strategies. However, instructional strategies may or may not be emphasized as a part of the curriculum's content (Longstreet & Shane, 1993: 47). Curriculum or course, as a plan for learning, mainly comprises two compositions which are vision and structure. Vision refers to the beliefs or feelings of people in form of some conceptualization of reality. Structure is the basic organization or plan to implement the vision and knowledge to the learners (Wiles & Bondi, 1989: 3). Planning is a time consuming process. Developing a productive curriculum is a complicated, continuing and cyclical process dependent on how meaningful and activities including teaching strategies to promote students' learning (Posner & Rudnitsky, 1997: 2; Hanna, 2003: 4). The development of curriculums, course or units of teaching is important responsibilities which deserves as much attention and care as every aspect of curriculum development (Taba, 1962).

Goodlad and Su (1992) proposed four levels of curriculum to explain specifically the level of involvement to the students. Firstly, *the societal level* is the curriculum that designed by public such as government and the expert groups by using sociopolitical process. This level of curriculum does not involve to the students. Secondly, *the institutional curriculum* or explicit curriculum is mostly influenced from societal curricula and created by educators and people who are in the school area. This level of curriculum is generally the structured content and topics to be learned by planning and writing standards, lesson plans and teaching and learning guides. Thirdly, *the instructional curriculum* means the curriculum that teachers design and teach in schools. This level of curriculum relies on the authority of the school and mostly individual teacher's thought. During teaching and learning in classroom, an instructional curriculum is frequently changed and hardly follows the plan because of the student responses or other unexpected situations. The final level of curriculum is *the experimental curriculum*. This level of curriculum, in fact, is perceived and experienced by students. Students come to classroom with different background of knowledge and motivation. Hence, the experiential curriculum is the curriculum that internalized and created individually by students (Goodlad & Su, 1992).

The types of curriculum

Glatthorn (1994: 28) divided the types of curriculum into four separately types that can be seen in Figure 2.

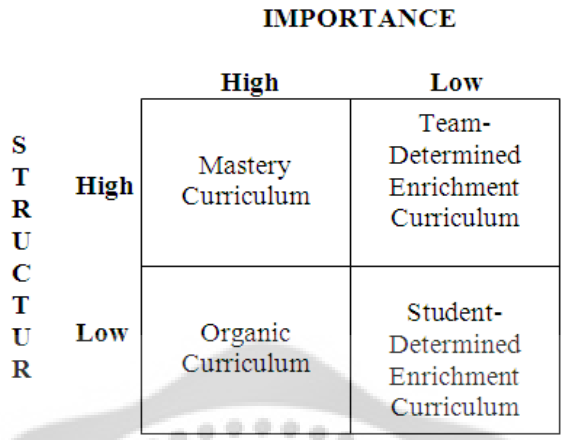


Figure 2 Types of curriculum (Glatthorn, 1994: 28).

1) The *mastery curriculum* is the curriculum that has high importance for all students and high structure in the teaching and learning process. This type of curriculum importantly emphasizes well-conceived planning and clear teaching and requires an elevated standard of guides including data collection instruments and assessment tools

2) The *organic curriculum* has high importance for all students but low structure in learning and teaching process. The experts and educators certainly consider that every student should obtain organic learning. This type of learning is possible, even though it has low structure unlike the mastery curriculum. However, the organic curriculum actually concerns in caring and protecting the students instead of directly focus on teaching.

3) The *team-determined enrichment curriculum*, on the other hand, has low importance for every student but high structure of teaching and learning process that means learning should be have a good planning and explicit teaching. This type of curriculum does not put and emphases on the students and how they understand knowledge, however, it commonly is concerned about content knowledge and discipline.

4) The student-determined enrichment curriculum, the last type of curriculum, by Glatthon, has a low importance for all students and low structure of teaching and in the learning process. This type of curriculum is generally created by students as they separately try to achieve their own interests. Moreover, to create this kind of curriculum the teacher and students should meet each other for a while before beginning the curriculum developing process (Glatthorn, 1994: 28).

Curriculum versus instruction

The terms ‘Curriculum’ and ‘Instruction’, are sometimes used interchangeably and confusingly. However, these two terms are not the same concepts and it is imperative to differentiate the instruction and curriculum. Instruction is defined as a sequence of situations or events that anticipate achieving some learning outcome and is a process. Instruction refers to what is to be completed or what is to occur in the learning process. On the contrary, curriculum is obviously not a process. Curriculum generally refers to what is taught or what is planned to be studied in the school. Curriculum is consequently involved with a set of document, plans and learning results and how to systematize all of them (Posner & Rudnitsky, 1997: 7-8). Curriculum is different from instruction, nonetheless, these two terms also interrelate and affect to each other. The interrelation between curriculum and instruction relate to what is taught and how to teach (Sowell, 2000: 5).

Johnson (1967, cited by Sowell, 2000: 8) proposed the model regarding to the relationship of between curriculum and instruction. This model presents that curriculum and instruction are thoroughly connected as can be seen in Figure 3.

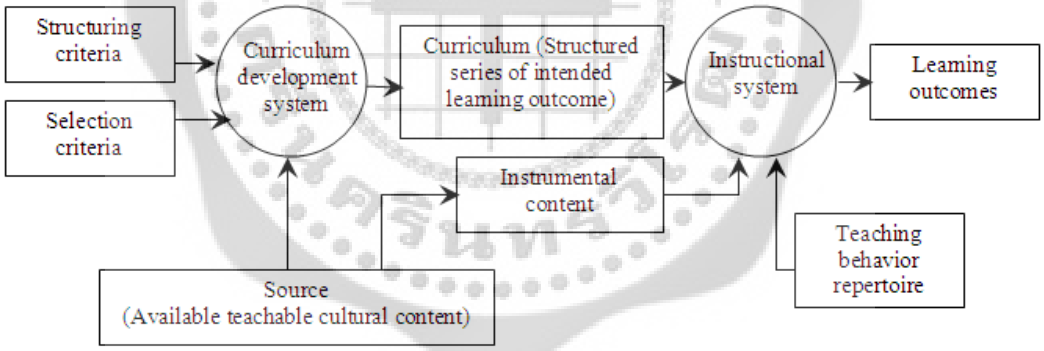


Figure 3 The relationship between curriculum and instruction model (Johnson 1967, cited by Sowell, 2000: 8)

The functions of curriculum and instruction normally are under the control different groups of people. However, the curriculum functions are disconnected from instructional functions but they have some relationships. The people who are going to develop the curriculum will be selecting the content from the source dependent on intended learning outcomes. For instructional systems, the teacher has an important role in this system. Teachers, as instructional planners will be planning the teaching approaches based on their knowledge and experiences corresponding to the learning outcomes of the students.

Teachers will use the same source as with the curriculum system in order to decide on the content (Sowell, 2000: 8). There are two views of curriculum content, static and dynamic views which mean that the content can be unchangeably followed to the clear objectives created before or it can be changed and applied depending on the situations in the classroom. If the static view of curriculum content is occurred, the content and the curriculum will become almost the same thing because of the curriculum is the plan for studying the content and results in an undoubted understanding of the learning objectives and outcomes (Longstreet & Shane, 1993: 44). It assumes that the curriculum development system is similar to a blueprint of an architectural plan and the instructional system is similar to time schedule of construction process (Posner & Rudnitsky, 1997: 8).

In summary, the relationship between curriculum and instruction model shows that curriculum development system obviously guides instructional system. This model also concerns about the evaluation system including discernible information and data collecting instruments. These experiential outcomes are reflected back into the curriculum development system and will lead to curriculum improvement and completing the cycle (Sowell, 2000: 9).

Curriculum development: process and design

Developing and improving a curriculum is complicated and involves many groups of people in many related fields such as educators, experts, teachers, students, administrators and people in society (wiles & Bondi: 1989: 118-119). Curriculum or course development requires the superlative attention of the rationale of the curriculum, the organization of the content, teaching strategies, implementation and evaluation (Posner & Ruditsky, 1997: 11). Moreover, curriculum development should be concern with and understand of the issue of the context including test development and instruction (Warnakulasooriya & Bao, 2002: 1). There are many experts, educators and curriculum developers who proposed the process and design including models of developing course or curriculum.

According to the original studies, Ralph Tyler (1949) and Jerome Brunner (1960) are the two originators that worked particularly on curriculum and the curriculum development (Howard, 2007: 1).

Ralph Tyler (1949, cited be Howard, 2007: 2) proposed curriculum development principles called *product approach* and divided into four corresponding steps which are;

1) Defining goals or objectives of curriculum,
2) Creating learning experiences,
3) Organizing learning experiences, and
4) Evaluating effects and outcomes

Tyler's theory of curriculum development was reasonable and uncomplicated but since educators' interest is in learning experiences with more complex results that it is not easy to evaluate this theory and is unsupportive.

In 1960, Jerome Bruner proposed the theory called 'spiral curriculum'. Bruner described effective curriculum as a spiral to improve the skills, concepts, attitudes, and extend the results and outcomes (Howard, 2007: 3).

Later on, Hilda Taba (1962: 9-14) proposed another approach to design the curriculum. All curricula have their own specific design and the design generally emphasizes several elements which are the particular objectives, the organization of content, the teaching and learning process, and evaluation of the results and outcomes. In addition, curriculum is a way of preparing the students to partake in their own culture as the achievable members. The nature of the learning process and knowledge is helpful for structuring the curriculum. The way to develop curriculum to be more rationale and scientific, curriculum developer have to be concerned about society, culture, and student's learning process and has to analyze the nature of knowledge in order to decide the goals of curriculum (Smith,1996, 2000; Taba, 1962). There are certain crucial problems of a curriculum design which are deciding the scope of anticipated learning, establishing and organizing the continuity of learning and appropriate series of content, and combining ideas from different areas. Taba (1962: 9-14) divided an approach to design the curriculum into seven steps as seen in the following;

1) Diagnosis of needs
2) Formulation of objectives
3) Selection of content
4) Organization of content
5) Selection of learning experiences
6) Organization of learning experiences
7) Determination of what to evaluate and of the ways and means of doing it

It is significant to diagnose the curriculum needs because of students having various backgrounds. Curriculum developers should be concerned with and create the most proper curriculum for all students. Formulation of unambiguous objectives is important for

determining and organizing the needed content to be taught. The next two steps are selection and organization of the content. These two steps involve curriculum validity and significance, the differentiation between the levels of content, the level of development, and the continuities of the learning process. In selecting and organizing learning experiences, these two steps of Taba's approach emphasizes on application of some learning principles, strategies of concept accomplishment and the student's attitudes. Ultimately, all the plans and strategies need to be evaluated in the final step (Taba, 1962: 9-14).

Wiles and Bondi (1989: 17-19) have summarized the general structure of the curriculum development process into four steps, analysis, design, implementation and evaluation respectively.

1) Analysis: This step directly involves with establishing curriculum objectives. Objectives help to structure and identify the direction of the curriculum. Curriculum objectives actually come from the analyzing of prior background and knowledge of students.

2) Design: The objectives of the curriculum lead to designing an action plan. A plan commonly focuses on organizing content knowledge, timing of the whole structure of curriculum, and creating learning activities.

3) Implementation: This step involves the application of resources and training by inferring using of designed curriculum as the primary independent variable.

4) Evaluation: The curriculum evaluation reflects the effectiveness of curriculum objectives (Wiles & Bondi, 1989: 17-19). Curriculum evaluation also underlines on the accomplishment and value of the curriculum, plan, content, and implementation (Longstreet & Shane, 1993: 143).

Wolf, Hill and Evers (2006: 5) concluded the process of curriculum development into the model as shown in Figure 4. Consider the steps in this model; all steps will lead to the curriculum assessment process.

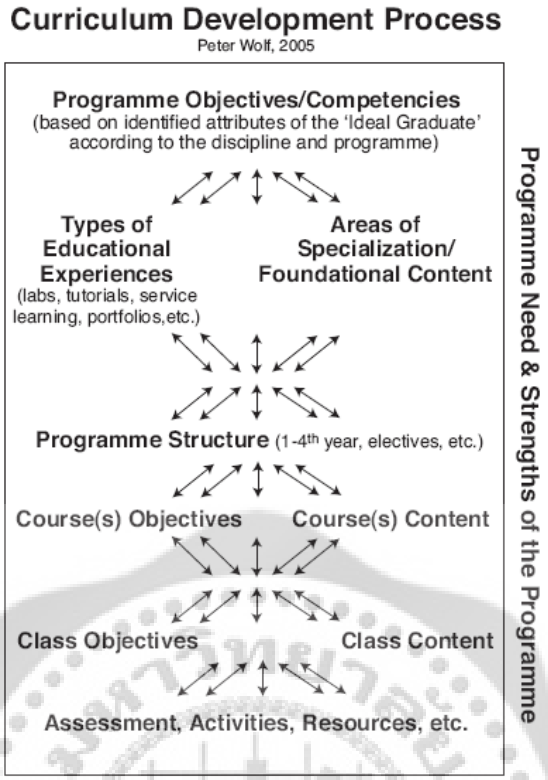


Figure 4 Curriculum development process model (Wolf, Hill & Evers, 2006: 5)

Wolf, Hill and Evers (2006) designed this model for the program in university level and general curriculum developers. According to this model, objectives are the needs of the curriculum development process. The challenge is to change the objectives to become precise, accurate, assessable, and reachable results and outcomes. Types of educational experiences and foundational content or areas of specialization have to identify for preparing the curriculum planning process. When the experiences have been identified, the curriculum developers should begin to focus on the particular order of the course by considering the content to be first taught. The course-level decisions in curriculum development process usually concerns with the effectiveness, the efficiency, the appropriateness and the adequacy of the curriculum. Consequently, the teachers or curriculum developers will be selected the content, learning processes and experiences, teaching resources and approaches including assessment tools to design the curriculum. The selected content, strategies and instruments must importantly correspond to the curriculum objectives (Wolf, Hill & Evers, 2006: 5-6; Roth & Miller, 2005: 507).

Rajasekar (online: 3) proposed a simplified systems in designing of the course and curriculum that can be seen in Figure 5.

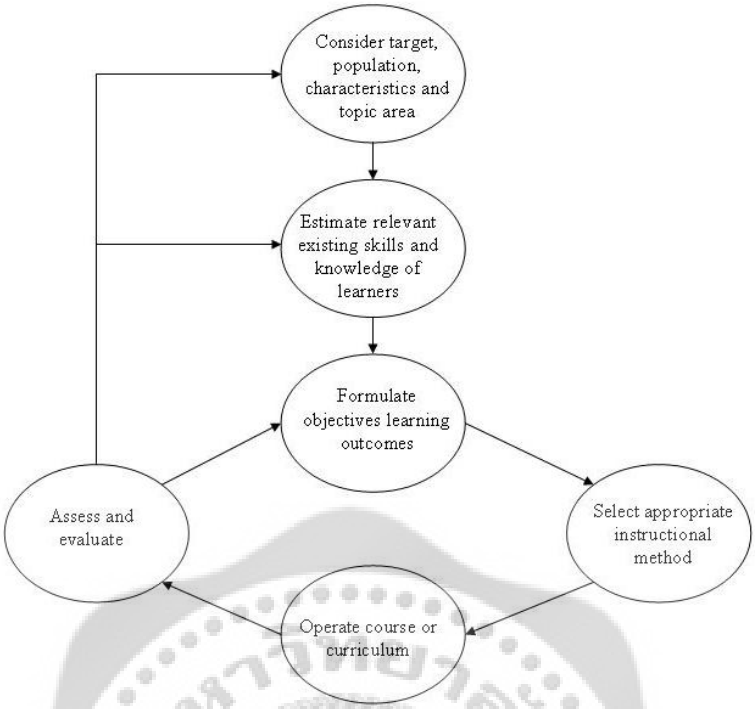


Figure 5 A simplified systems approach to course and curriculum design (Rajasekar, online: 3)

A simplified systems approach to course and curriculum design by Rajasekar divided into six stages related to each other which are:

1) Consider target population characteristics and topic area

In order to develop a curriculum, the teachers should be considering the backgrounds, interests, knowledge, misconceptions, attitudes and skills of students including the proper course content to be taught.

2) Estimate relevant existing skills and knowledge of learners

Estimate relevant existing skills and knowledge of learners are the important stage for curriculum development. However, in the higher education, students may not necessary to have paper qualifications. There may be minimum standards of entry to the course.

3) Formulate objectives/learning outcomes

The objectives and learning outcomes of the course will endeavor to the new skills, knowledge or attitudes that students need in the classroom. The objectives and learning outcomes can be created by both the teacher and students or the experts and educators that are involved in developing the curriculum.

4) Select appropriate instructional methods

The objectives and learning outcomes from the former stage will easily help the curriculum developers to identify and decide on the appropriate instructional approaches and strategies to teach the student.

5) Operate course or curriculum

Operating course or curriculum refers to implementation of the course. This stage focuses on using the curriculum in the classroom and ensuring that the course is work and run as completely as possible.

6) Assess and evaluate

The assessment tools should be intimately associated to the specified course objectives and learning outcomes. The efficiency of the curriculum will be reflected in this stage (Rajasekar, online: 3-5).

In summary, the SoSTI course is a type of the instructional curriculum designed by researcher to follow the seven steps of Hilda Taba's curriculum development. This course is also the curriculum mastery type. It significantly emphasizes on the teaching and learning process in order to make the most effective, supportive and appropriate course correspond to various students' learning styles especially for non-science upper secondary school students as much as possible.

4. Interdisciplinary curriculum

Introduction of interdisciplinary curriculum

Interdisciplinary or integrated curriculum is an important and a complicated issue in educational systems. In modern society, the increasing use of application and oriented knowledge is obviously demanding, and scientific knowledge normally requires the incorporation and integration of knowledge from different scientific disciplines (Besselaar & Heimeriks, 2001; Moss & Noden, 1995). The idea of interdisciplinary curriculum is difficult as aforementioned. There are many linked concepts appearing with various interpretations such as multidisciplinary, cross disciplinary, pluridisciplinary, interdisciplinary, and transdisciplinary (Thompson, 1990, 1995 cited by Besselaar & Heimeriks, 2001; Meeth, 1978 & Piaget, 1972 cited by Jacobs, 1989: 8). Integrated curriculum has many varieties of names but all of the names depend on the different forms and methods of curricular integrating, for examples multidisciplinary studies, interdisciplinary studies, fused curriculum, transdisciplinary studies, unified studied etc (Relan & Kimston, 1991).

The definition for *integrated curriculum* and related terms like *interdisciplinary instruction* is ambiguous. These terms can be comprise of many various approaches and can connote different ideas in different people (McClure, 2007). Many fields or curriculums use the word “interdisciplinary” with an unclear definition (Klein, 1990). Interdisciplinary learning and instruction particularly focus on a main theme, the application of knowledge related to the theme and reflection of the thinking process, outcome and ability. Interdisciplinary approaches, in addition, lead to a complicated organization of knowledge. Interdisciplinary learning characteristics are modified from the characteristics of integration of multidisciplinary knowledge across the main themes of a discipline (Ivanitskaya, Clark, Montgomery & Primeau, 2002).

Boix Mansilla, Gardner & Miller (1998) characterized the three important features that should be considered about the definition of interdisciplinary understanding which are;

1) Interdisciplinary should emphasize knowledge use in the curriculum.

2) Interdisciplinary should carefully focus treatment in each discipline.

3) Interdisciplinary should concern the appropriate interaction between or among disciplines.

. According to the level of integration used, there are three approaches for integrated curriculum development (Drake & Burns, 2004; McNeill, García-Godos & Gjerdåker, 2001). These are;

1) Multidisciplinary: Teachers create a theme or topic through weaving several content areas; different skills and concepts of various disciplines that are taught.
2) Interdisciplinary: Teachers create curricula around overlapping skills, concepts and attitudes; interdisciplinary skills and concepts are emphasized
3) Transdisciplinary: Teachers systematize curricula around student questions and concerns; real-life context is emphasized (e.g., project-based learning)

One problem teachers have faced was the difficult of integration. The difficulties mostly come from the routine-disciplinary teaching, lack of instructional material support for integrated topics, a different approach of student-centered teaching and learning and a variety of communally oriented subjects (Lang & Olson, 2000). Jacobs (1989: 2) has made some clarification about the problems that teachers faced when they plan interdisciplinary courses and has proposed the two problems in content selection of the courses:

1) *The Potpourri problem*. This problem concerns the units or lesson plans that will be become a sampling of knowledge from each discipline. The disciplines essentially have an intrinsic scope and series used by curriculum planners. In

contrast, interdisciplinary work has no general structure. The curriculum developers have to design a content scope, create the curriculum outline and series of interdisciplinary units, courses or lesson plans on their own.

2) *The Polarity problem*. Conventionally, interdisciplinary and the disciplinary studies have been seen on the opposite sides and also have various differences and conflicts with each other especially when the curriculum design was unclear and it affects the teachers, real serious tensions can come out. Some teachers have to defend themselves against the others to protect their subjects.

Otherwise, interdisciplinary learning should properly create knowledge that is more holistic than knowledge constructed by discipline-specific studies or traditional learning. Interdisciplinary approaches comparatively seem less effective than traditional approaches for understanding the single-subject knowledge deeply. Moreover, the disciplines or subjects in interdisciplinary learning and understanding are mostly uneasy to integrate and difficult to present the relationship between the disciplines. In several cases, interdisciplinary curricula tend to merge a variety of disciplines together. In this case, teachers can be taught in different subjects and topics in the same time (Boix Mansilla, Gardner & Miller, 1998).

However, interdisciplinary curriculum definitely provides an outstanding opportunity for students to gain more motivating experiences (Jacob, 1989; Barab & Landa, 1997; Boix Mansilla, Gardner & Miller, 1998). Similarly, McClure (2007) states that integrated or interdisciplinary studies also have potential to increase student learning efficiency. Students who attend in any type of interdisciplinary or integrative curriculum totally do as well as, and often better than, students who attend in a traditional curriculum (Vars & Beane, 2000).

The advantages of interdisciplinary approaches help students emphasize higher-order thinking skills such as analyzing, applying and generalizing and help students connect between and among disciplines or subjects to make a meaningful learning for the students (Ivanitskaya, Clark, Montgomery & Primeau, 2002).

> “Certainly, if it good to have a disciplined or to be disciplined, it must be even better to have mastered more than one discipline, to “be interdisciplinary.” (Mitchell, 1995)

Many of researches and organizations also support integrated learning and Interdisciplinary curriculum development. Project 2061’s benchmarks for science literacy from the American Association for the Advancement of Science (AAAS, 1993) realize the importance of an interdisciplinary curriculum, integrated development of knowledge organized around main themes that affect to the diversity of science disciplines,

mathematics, social studies, and technology (American Association for the Advancement of Science, 1993).

Another project supported interdisciplinary curriculum is IMPEC (Integrated Math, Physics, Engineering, and Chemistry Curriculum) from North Carolina State University. This project straightforwardly emphasizes on the physics component of the curriculum and explains the powerful effect of the collaborative classroom environment with the helpfulness of technology and activity-based learning in various concepts and problem-solving assessments including attitude assessment tools. This course was taken by freshman engineering students. The results from both of qualitative and quantitative data designate that students in the experimental courses achieve better result than students in traditional classes. Students' attitudes toward course are positive and this project also extraordinarily increase the satisfaction and confidence rates of students (Beichner et al, 1999)

An integrated curriculum helps students easily understand an intricate interrelated world (Gaff, 1989 cited by Relan & Kimston, 1991). Integrated curriculum or interdisciplinary curriculum generally consumes more time than traditional curriculum in during the class. Many teachers still use this approach because interdisciplinary curriculum is exciting and enjoyable for students in the classroom, helps students increase scientific creativity, encourages students to collaborate artistically with their classmates and is a trustworthy approach to make students to become the successful learners (Barab & Landa, 1997). The connections among apparently unrelated subjects that student perceived can be clearly seen by using interdisciplinary approaches. In traditional or single topic approaches, interdisciplinary learning comparatively encourages the students with more multifaceted knowledge structures and presents the competency to connect between theories, approaches, methods of inquiry, concepts, and paradigms (Ivanitskaya, Clark, Montgomery & Primeau, 2002). In addition, the proper design of interdisciplinary curriculum when compare with traditional curriculums will encourage students to have a variety of perspectives in a real larger world (Jacob, 1989).

Models of curriculum integration

Jacobs (1989): The interdisciplinary concept model

Jacobs (1989: 2) proposed the two criteria for creating effective interdisciplinary course and curriculum. First, interdisciplinary curriculum must reflect concerns about designs, a scope and sequence of content, the level of cognitive thinking skills; including

higher order thinking, the behavioral indicator used to identify students' attitude toward courses and the evaluation method. Second, interdisciplinary curriculum must use the advantages from both discipline-field-based and interdisciplinary experiences for students in the curriculum.

The main purpose of this interdisciplinary model is to collectively integrate the discipline perspectives and directly focus on the investigation of a central theme, subject, issue, or problem. This interdisciplinary model can be seen in Figure 6.

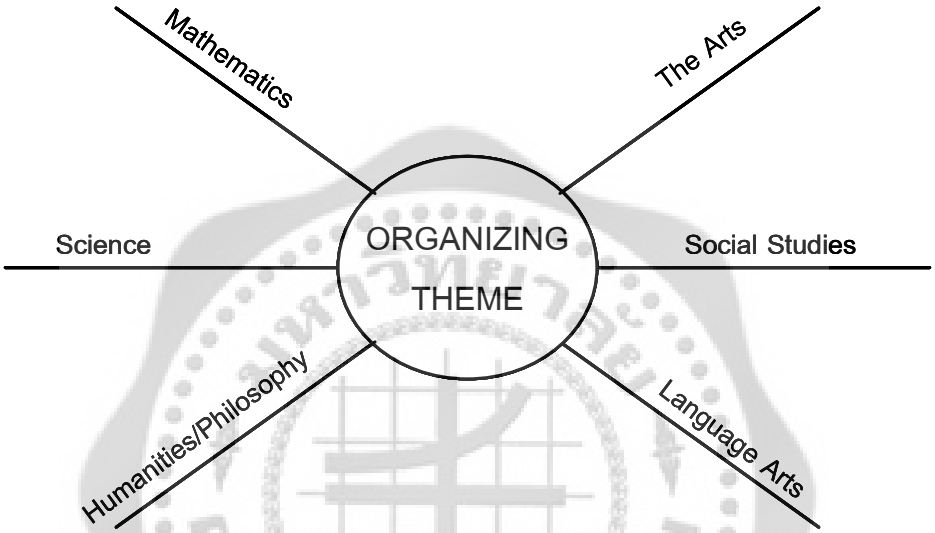


Figure 6 Interdisciplinary concept model (Resource: Jacobs. (1989). Interdisciplinary curriculum: Design and implementation, ASCD. p56.)

Teachers can apply this model to create an interdisciplinary course, curriculum, unit or program by following to this model systematically.

Step1: Selecting an organizing theme

An organizing theme apparently is an important center of curriculum development that should be relevant to students interesting. The topic can be an idea, subject, event, issue, or problem.

Step2: Brainstorming with associations

Brainstorming is an unrestricted approach for creating ideas. There are four fundamental principles to promote brainstorming suggested by Osborne (1963).

(a) Criticism is excluded during the session.

(b) "Free-wheeling" is encouraged. Spontaneous and unusual responses promote creativity.

(c) A quantity of ideas is elicited. Evaluations will follow.

(d) Combinations and improvements are sought. Participants should attempt to join two or more ideas into another idea and to better blend proposed ideas. (p156)

Step3: Establishing guiding questions to serve as a scope and sequence

This step generally addresses the potpourri problem, and takes the arrangement of brainstormed associations from the wheel and then organizes them.

Step4: Writing activities for implementation

Activity design or lesson planning presents what students will be doing to scrutinize the interdisciplinary organizing theme. In the effective daily lesson planning, it should also be able to encourage students' critical and creative thinking.

Ivanitskaya, Clark, Montgomery & Primeau (2002): Application of Biggs & Collis (1982) structural model to interdisciplinary learning

Ivanitskaya, Clark, Montgomery & Primeau (2002) have modified Biggs and Collis' structural learning model (1982) called SOLO taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome), this model can apply to every types of curriculum development. The SOLO model accurately presents the describable structural learning levels that learners have experienced. Structural levels divided into five levels which are prestructural, unistructural, multistructural, relational, and extended abstract levels of operation. The specific definitions of each level are shown in Table 2.

Table 2 Biggs & Collis (1982) Structural learning model (Ivanitskaya, Clark, Montgomery & Primeau, 2002: 105)

Structure level	**Observed Learning Outcomes** **Bigg & Coolis (1982, p.152)**
Prestructural	The task is engaged, but the learner is distracted or misled by an irrelevant aspect belonging to a previous stage or mode.
Unistructural	The learner focuses on the relevant domain and picks one aspect with which to work.
Multistructural	The learner picks up more and more relevant or correct features but does not integrate them.
Relational	The learner integrates parts of the structure with each other so that the whole has a coherent structure and meaning.
Extended Abstract	The learner generalizes the structure to take in new and more abstract features, representing a higher mode of operation.

The adaptation of Biggs and Collis' SOLO taxonomy into interdisciplinary learning is concluded in Table 3.

Table 3 Application of Biggs & Collis (1982) structural model to interdisciplinary learning (Ivanitskaya, Clark, Montgomery & Primeau, 2002: 106)

Structure level	Description within a context of interdisciplinary learning	Outcomes
Uni-structural (uni-disciplinary)	Learner focuses on a relevant discipline.	Declarative and procedural knowledge in one discipline
Multi-structural (Multi-disciplinary)	The learner acquires knowledge in several disciplines but does not integrate them	Declarative and procedural knowledge in several disciplines that are related to a central theme; multidisciplinary thinking
Relational (interdisciplinary, limited to one central theme or problem)	The learner integrates knowledge from several disciplines around a central theme. Critical thinking skills are being developed as the learner becomes aware of the strengths and limitations of the perspectives offered by each discipline.	Interdisciplinary content thinking (Declarative and procedural knowledge); critical thinking skills; some metacognitive skills; advanced epistermological beliefs
Extended abstract (interdisciplinary, extended to other themes or problems)	The learner acquires a knowledge structure that integrates interpretive tools (methodologies, theories, paradigms, concepts, etc.) from multiple disciplines. The learner uses metacognitive skills to monitor and evaluate his or her own thinking processes. The learner applies an interdisciplinary knowledge structure to new interdisciplinary problems or themes.	A well-developed interdisciplinary knowledge structure; interdisciplinary content thinking; critical thinking skills; metacognitive skills; highly advanced epistermological beliefs; Transfer of interdisciplinary knowledge

1) *Unistructural level*: In this level, learner carefully emphasizes on one relevant discipline or subject. The learner is supposed to identify the relations between the discipline and the main theme of the course or curriculum and should be familiar with terminology and

methodology of the discipline. The outcomes of this level are the declarative and procedural knowledge have encouraged. Thinking skills in unistructural level will be reveal when the learner enters to the main theme from the single-discipline's point of view.

2) *Multistructural level*: At this stage, the learners obtain knowledge from several disciplines, but still separately treat these disciplines rather than directly integrate them together. The development of knowledge in this level seems to be multidisciplinary learning rather than interdisciplinary learning.

3) *Relational level*: At this level, the learners primarily focus on the relation among knowledge structures. The learners start to integrate knowledge by using metacognitive skills and thoughts that are an analysis of thinking processes, cognitive strategies, and self-control in learning and thinking as well.

4) *Extended abstract level*: At this step, the learners themselves gradually develop an interdisciplinary knowledge structure and present the connection between the main theme and other disciplines. The complicated knowledge structure comes from higher order thinking such as critical thinking and metacognition. The complex knowledge structure can be related or unrelated to the main theme of the curriculum.

Loepp (1999: 21-25): The two curriculum integration models

1. Problem-based model

This curriculum integration model is directly involved with technology education and ideally is put at the center of the curriculum structure. The advantage of this curriculum integration model is that it provides elevated possibilities to identify the relevance and motivated problems. Conversely, the disadvantage of this model is the unclear structural frameworks that is difficult to guarantee the corresponding between the national standards and the grade level of students. The structure of the problem-based model can be seen in Figure 7.

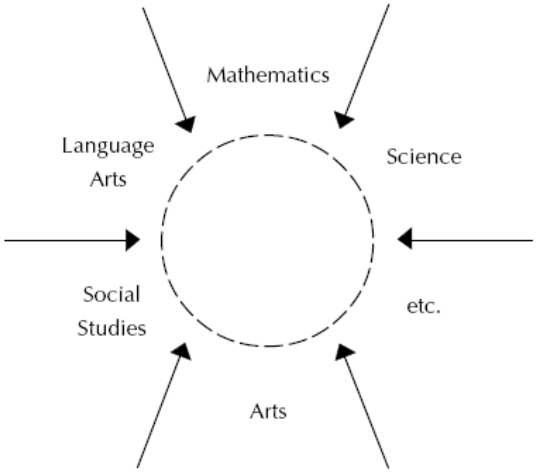


Figure 7 The problem-based model (Loepp, 1999: 23)

2. Theme-based model

The theme-based model of integrated curriculum generally consists of 3-5 key concepts. The advantages of this model are that teachers or instructors can still identify relevance and motivated problems with a given discipline, it is easier to connect the curriculum with national standards and state frameworks, and students are able to make connections among objectives from different disciplines. The structure of the theme-based model can be seen in Figure 8.

THEME
3-5 Key Concepts.

Mathematics	Science	Technology	Language Arts	Social Studies
Objectives				
____	____	____	____	____
____	____	____	____	____
____	____	____	____	____
____	____	____	____	____

Figure 8 The theme-based model (Loepp, 1999: 24)

In summary, the SoSTI course was created by using Jacobs' interdisciplinary concept model. An organizing theme of the course is the science of sound. The related topics are music (traditional Thai musical instruments), mathematics (calculation part), chemistry and biology (natural materials used)

5. Constructivism

An overview of constructivism

Constructivism is an epistemology and involves explaining the nature of knowledge and human learning process. It also involves in creating or constructing individuals' new knowledge and understanding based on their prior knowledge or the things that they already know (Richardson, 1997 cited by Ismat, 1998; Applefield, Huber, & Moallem, 2001; Li, 2001: 433; Miller, 2002: 1; Overbaugh, 2004: 1; Luo, 2005: 36). Constructivism refers to both a philosophy and a theory of learning (Technology Assistance program (TAP), 1998: 1). In philosophical way, constructivism connects the way of how humans see the world including the nature of reality, the nature of knowledge, the nature of human interactions and the nature of science (NOS) (Cakir, 2008: 197). Constructivism as a theory of learning constantly emphasizes the learner's obligation and requirement to understand the novel ideas, knowledge and information (Leong & Bodrova, 1996: 1). Many researchers and educators have defined the meaning of learning. Learning necessary begins with the problems and is commonly an examining, searching, and actively trying to construct meaning. Moreover, the students' learning process particularly stresses on basic knowledge and skills of students rather than isolated facts (McHenry et al, 2005). Learning is an active process and has also been called a reflective process. Learners and instructors have to reflect their opinions or feedback during the classroom lesson (Technology Assistance program (TAP), 1998: 1). Learning is connected to a particular context. The learning process and knowledge construction systems are different in each person. It depends on individual learner's knowledge and beliefs. One teaching strategy is may be effective and suits for one particular group of students but not all (Luo, 2005: 38; Overbaugh, 2004: 1; McHenry et al, 2005). In pedagogical way of teaching, Huber (2001: online) explains constructivist learning as an interactive and communicative process. Constructivist learning in this view is concerned the influences between people, how people as the learners interact with the others. This can be inferred that learning processes emphasizes on dialogue or discussion among people and on how people share individual learning construction of knowledge to the others in everyday life.

Constructivism involves all inquiry learning, exploration of knowledge, personal independence, and personal expressions of knowledge and creativity. Currently, constructivist theory of teaching and learning has an important role in changing from passive learning to active learning and becomes more extensively acknowledged in school

(Technology Assistance program (TAP), 1998: 2). The way of learning in the constructivism theory also supports learners to obtain essential knowledge and skills for finding meaningful learning corresponding to the real world situations (Sun & Williams, 2004: 3). Constructivism is also an incredibly expansive conceptual structure with various perspectives (Overbaugh, 2004: 1). A fundamental principle of constructivism depends particularly on learners. Learners need to recognize and build their own knowledge on prior learning. In other words, learners understand the world by linking new knowledge or information to their existing organized ideas.

The model of different teaching and learning approaches in education proposed by Hein (1995: 22) in Figure 9, illustrates the four approaches in teaching and learning. First, *traditional lecture and text*, the teacher has to understand the content structure of the subject to be taught and appropriately order and present the domain of knowledge to the students. Second, *discovery learning*, this approach is similar to the first one that knowledge exists outside the learners but it is significantly different about how knowledge is constructed. In discovery learning, learners construct knowledge themselves by using a personal mental model of the constructions. Therefore, learners can also obtain misconceptions. Hein suggested that students in a discovery learning environment need to have experiences rather than just to be told by the teachers.

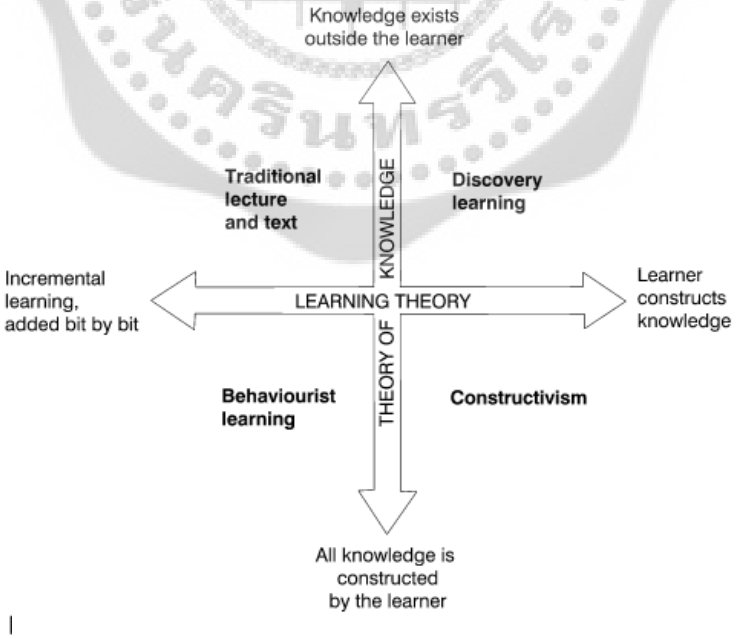


Figure 9 The model of different teaching and learning approaches in education (Hein, 1995: 22)

Third, *Constructivism*, the learners construct knowledge and continually restructure and generate both of understanding and their ability to learn. The last approach in Figure 10, *behaviorist learning*, this approach believes that knowledge is increasingly gained but knowledge has no need to exist outside the learners (Hein, 1995: 22).

In constructivist frameworks, learning activities are particularly described by inquiry, active engagement, problem solving, and collaboration with others frameworks. Although, students are the center of the learning process in constructivist classroom, the teacher is definitely no less important. The roles of teachers in constructivist classroom have changed from lecturers to facilitators (Applefield, Huber, & Moallem, 2001). The teacher is a facilitator or guide who convince learners to ask questions, challenge, and express their own ideas, opinions, thoughts, and conclusions in the classroom situations rather than just telling of knowledge. In contrary, constructivist approaches for teaching and learning are regarded as generating greater deeper understanding than traditional methods (Ismat, 1998).

The theories of constructivism

According to constructivist theory, it is absolutely not new. However, it is the best way of thinking in educational philosophy today (Clark, online). Generally, the two most acknowledged theories of constructivism were notably presented by Piajet, psychological constructivism and Vygotsky, social constructivism.

Jean Piaget (1896-1980): Psychological constructivism

Psychological or Piajetian constructivism commonly considers the idea of education as educating the individual learner and emphasize on individual cognitive development that promotes the learner's interests and desires (Ismat, 1998). Psychological constructivism accepts that learners come to classroom with their ideas, beliefs, and opinions. These prior knowledge need to be changed or modified by the teachers (Colburn, 2000: 9).The most important purpose of Piajet research studies in the field of developmental psychology is to explore and find out the growing process of knowledge within the individual mentality. Piaget discovered in the cognitive constructivist perspective that the growth and expansion of knowledge is a progressive production of understanding occurs within each person. His research results revealed that individuals construct new knowledge from their prior knowledge and experiences through the two significant processes called accommodation and assimilation. Assimilation will be take place when the learner individually assimilates his

or her new experience or knowledge into an existing idea. Unlike assimilation, accommodation is the process that the learners differently individually express their mental representations connecting with the external world in order to gather new experiences that are different from an individuals' existing understanding. Piaget clearly stated that an individual's cognitive structures create new knowledge and understanding when they are disturbed (Clark, online).

The theory focuses on how learners do and think. Piaget recommends that learners actually have very good reasons that teachers should emphasize and should not judge that their opinions are mistaken (Ackermann, 2001: 1). Teachers, as facilitators have an important role in this alteration by inventing the creative tasks and questions, creating the excellent lesson plans or instructional materials that promotes discovery learning and hand-on activities to the students (Ismat, 1998).

Lev Vygotsky (1896-1934): Social constructivism

Social or Vygotskian constructivism directly focuses on education for social alteration and deeply corresponds to a theory of human development within a socio-cultural context that derives from the interactions of society. Ismat (1998) concluded that social constructivism included of situated constructivism, social reconstructivism, socio-cultural constructivism, sociohistorical constructivism, and emancipatory constructivism. Social constructivism emphasizes on the importance of social interactions for cognitive development and the impact of culture and historical context on students' learning and understanding (Applefield, Huber, & Moallem, 2001).

Vygotsky's works emphasize cultural and social factors that have influenced cognition. Vygotsky advocates that the culture explicitly provide the learners the necessary cognitive tools and skills learners' development (Fower, McGill, Armarego, & Allen, 2002: 256). Initially, Vygotsky's research studies mainly focused on child development and the roles of culture, communication among people and the relation between the people and society. Social constructivism stresses on how learning takes place in a socio-cultural environment. The way that students learn is not as isolated from the others but students learn as one of the members of society (Wilson, 2004: 1).

Social constructivism significantly connects with concept of scaffolding. Scaffolding is a process that teachers use to guide the learners to understand what they suppose to know based on the knowledge they already known. Sometime, scaffolding technique allows

students to perform tasks without the assistance and guidance from the teachers. Teachers frequently support students' individual development by allowing them to create their own structure of knowledge. Consequently, scaffolding is an important characteristic of constructivist learning and teaching. In addition, Vygotsky also interests in the development of higher mental functions by observing social interactions between people in a child's life. In the same fashion, like Piaget, Vygotsky certainly believed that learning and new knowledge or understanding was constructed by the learners. He proposed two different types of conceptual knowledge called spontaneous and scientific concepts. Spontaneous concepts generally come from children's reflection of daily life experiences. In contrast, Vygotsky described the definition of scientific concepts as a cultural agreement of understandings of people in society, or scientific concepts might be referred to a cultural knowledge that occurs during the classroom activities, learning and instruction. Vygotsky is a cognitive psychologist, thus, how learning can be move from individual understanding to spontaneous concepts involving cultural sharing in scientific concepts is the most important of his concern. Consequently, He used "Zone of Proximal Development" or ZPD to explain where a child's spontaneous concepts meet the logic of cultural reasoning. He also assumed that this zone is different depend on individuals, and reflects the ability of the learner to know the logic of scientific concepts in different level of human development (Clark, online).

Jerome Bruner's theory of constructivism (Overbaugh, 2004: 3-5)

Bruner's theory of constructivism was influenced and developed by the preceding theoretical research of Lev Vygotsky, and Jean Piaget. Bruner's constructivist theoretical framework revealed that learners construct new ideas, concepts or knowledge based on their own existing knowledge. Bruner offered the important suggestion that learner should be active problem solvers and be able to explore and solve more difficult problems in subjects of instruction that teachers provided.

Learners in Bruner's theory of constructivism use the inquiry method and learning experiences to think and construct knowledge. Learners will gain the excellent opportunities to construct new knowledge through real experiences provided by teachers. Bruner himself developed three stages of representation. Unlike Piajet, theses three stages compared to Piajet's research and studies do not identify specific age of the learners. The first stage of Bruner's constructivism called *enactive stage*. This stage emphasized the physical responses of the learner rather than the learners' descriptive skills in learning process. The

second stage of representation called *iconic stage*. In this stage, visual images such as graphs, diagrams, and tables are emphasized to present new knowledge and understanding. *Symbolic stage* is the last stage of representation of Bruner's constructivism. In this stage, knowledge is represented in the form of words, mathematical symbols and other language symbol systems. These three stages do not have to occur in order especially in adult development. It is possible to switch from one to another during the learning process. Burner's Constructivism is useful and can apply across various disciplines. The learners and instructors have their own particular roles during the classroom activity that help and support learners to develop the meaningful learning. Additionally, Bruner also developed a supportive teaching method called *discovery learning* which is adapted from his constructivist theory. Discovery learning is another way that science teachers should apply for the planning of instructional strategies to promote scientific inquiry in the classroom.

Social constructivism and Socio-cultural theory (SCT)

Currently, many paradigms have occurred. One of the most powerful paradigms especially in social and cultural sciences known as socio-cultural theory or SCT (Oers: online). Socio-cultural theory fundamentally emphasizes on people, culture, tools and the environment that involves all learning activities and human thinking ability (Kelly, 2002: 2). The socio-cultural theory additionally focuses on social interaction that has influenced the knowledge construction processes (Peer & McClendont, 2002: 136).

Vygotsky stated that human life is always related to the physical world including the relationships among people and the natural world. People normally used symbolic tools, signs, or cultural materials in order to communicate with others and to control the relationships between them (Lantolf, 2000: 1). Mental action or thinking ability mostly comes from the influences of culture, history, and institution that impact human life in the social level (Vygotsky 1978). The social dimension has an important role to explicate of what should be concerned about learning and how it happens. The difference between socio-cultural theory and non-sociocultural theory of learning can be explained that if there is no the examination of social interactions, learning in socio-cultural context can not be happened. (Jeon, 2000: 35).

Learning in SCT context definitely connects with everyday social and cultural activities rather than the individual separated activities (Rogoff, Baker-Sennet, Lacasa, & Goldsmith, 1995 cited by Gallucci, 2007: 7; Jeon, 2000: 33). The relations among the

individuals, their social community and environment, and the historical and cultural objects that human made are the center focuses of this theory. Humans use the historical and cultural objects and the artifacts as the tools to understand and to interact with the world. Thinking and speaking are the effective ways that humans interact with the world. However, the socio-cultural theory clearly believes that thinking and speaking is not the same thing (Lantolf, 2000: 7). Learning in social and cultural context is needed to explain the meaning in learning and socio-cultural theory can reach for the process of meaningful learning (Oers: online). It is arguable that social context has an essential influence to student's understanding. On the other hand, scientific concepts come from the interrelationship and systematic study in the classroom. Science learning will be effective and supportive, teaching and learning in the classroom have to correspond and relate to real life context of the students that means scientific concept students have learned in school should provide the meaningful learning for them (Pinit Khunwong: online).

Vygotsky proposed the important factors that affects to socio-cultural learning theory which are general laws of development, zone of proximal development (ZPD) and tools (Pinit Khunwong: online). The Works of Vygotsky provided the underpinning in order to apply socio-cultural theory to the learning process. He significantly stressed the active interdependence between the social and individual learning processes. Vygotsky's study explicitly underlined three most important themes. First, Vygotsky considered to the cognitive development including higher-order thinking and learning and asserted that the cognitive development is the developed from social interactions and mediated by intangible symbols or tools. Second, he additionally firmly stated that these abstract symbols or tools are the results of the socio-cultural development of the active learners. Finally, Vygotsky concluded that learning is a developmental or genetic process. The general genetic principle of social and cultural development focused on the importance of intention on the process by which higher operating is set up (Peer & McClendont, 2002: 136-137).

General Laws of Development

Vygotsky (1978) stated that the learning development of a child will occur twice in inter-psychological (in the social level) and intra-psychological level respectively (in individual level). In learning process, learners have to have social interaction with the others and environment. Social interaction will support the learners in knowing how to relate with the new things, this is the first step of learning in the social level. Learners, then, need to summarize the experienced they have gained from the social interaction in order to

construct their own specific understanding toward the learning process and this is the second step of learning in individual level.

Therefore, to integrate the social interaction into the classroom, teachers should provide hands-on activities and cooperative learning such as paired students, small group discussion and the activity the whole class can attend together. Moreover, students and teachers should have interrelationship by reflecting, analyzing and giving feedback and opinions to each other.

Zone of Proximal Development (ZPD)

Vygotsky explained that ZPD referred to the different between the levels of real development that was determined by the individual's ability to solve the problem and concealed development that was determined by the problem solving ability under the experts' suggestion or working with people who have more knowledge and skills (Vygotsky, 1978: 86 cited by Jeon, 2000: 37). Learning will occur when learners have obtained the new knowledge and ideas in the higher level of their existing ability. However, reaching that level, learners will probably need help from the experts or persons who have more knowledge and skills than they do such as teachers and friends. Teachers can help the students in several ways. Teachers can prepare appropriate learning context and materials to the students including introduce the new ideas and instructional tools and give the student suggestions by analyzing and interpreting from students' behaviors and communication (Driver *et.al.*, 1994).

In the scientific context, ZPD is a process that teachers as the mediators who bring students to meet science in daily life (Kozulin, Gindis, Ageyev, & Miler, 2003: 3). Socio-cultural theory of learning by using the idea of zone of proximal development not only focuses specifically on child learning but also emphasized on adult learning particularly teachers and secondary school students. Socio-cultural theory expects both teachers and students to become active participants in learning and teaching processes (Vygotsky 1978, p. 86 cited by Jeon, 2000: 40).

The important role of Tools to learning process

The tools in socio-cultural learning theory refer to both of concrete and abstract objects that are constructed and inherited by humans. In order to create the effective and supportive learning in science concepts, the instructional materials should be the thing that students are familiar with such as cultural materials and places. Starting to teach science subjects with these materials as the mediators and resources is definitely helpful for students to construct the knowledge and the meaning of learning (Pinit Khunwong: online).

Wenger (1998) developed socio-cultural theory based on the belief that being involved in social practice and activities is the basic process to understand the human learning and how we become to be who we are. He proposed two crucial concepts that are called *participation* and *reification*. Wenger defines participation as "*the social experience of living in the world in terms of membership in social communities and active involvement in social enterprise*" (p. 55). Participation is something that distinguishes individuals' identity relates to both of personal and social level even a complicated process that includes doing, communicating, thinking, feeling and belonging in one person. The interplay between participation and reification has been shown in Figure 10.

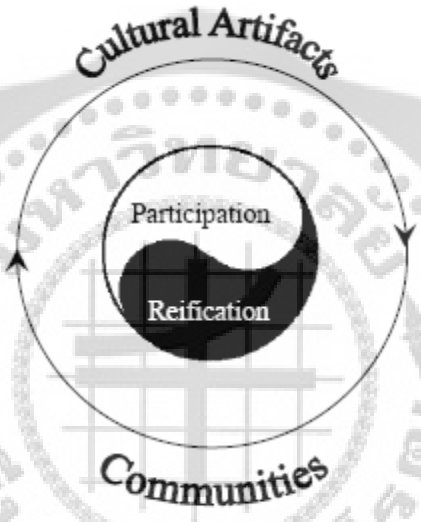


Figure 10 Wenger's model of how meaning emerges from the interplay between participation and reification (Wenger, 1998: 63)

Wenger's idea about reification is useful in every study and practice. Reification is referred the extensive processes such as making, designing, representing, naming, encoding, and describing as well as perceiving, interpreting, using, reusing, decoding, and recasting.

In summary, there are four specific important concepts of the socio-cultural learning theory. First, learning process originated in the social level. Second, learning occurred through the factors that affect the SCT context which are zone of proximal development (ZPD), general law of development and cultural tools. Third, socio-cultural theory focuses on learners' actions and interaction to their community and the psychological tools that used. Finally, socio-cultural theory not only focuses on the child's learning process but also

emphasizes adult learning process and the supportiveness of the experts toward students (Vygotsky 1978, p. 86 cited by Jeon, 2000: 41).

Teaching and learning in constructivist perspective

One of the problems that teachers face from the past until now is deciding how to teach (Zahorik, 1995). It is a very important responsibility of every educator and teacher to find proper pedagogical techniques that can encourage students of all learning styles (Miller, 2002: 2).

In Thai classrooms, students are the passive learners. Thai students spent almost six hour a day listening to their respective teachers and they infrequently ask questions in the classroom no matter what subject is being taught. The causes of this problem in Thailand might be because students may be uninterested or feel uncomfortable to come to school or because teachers do not have sufficient instructional materials and strategies to motivate the students. The education in Thailand, the Ministry of Education supports teachers to learn many teaching and learning theories, instructional strategies and classroom management in order to develop a good atmosphere that is suitable for both students and teachers. However, Thai teachers mostly still use the traditional teaching methods such as lecturing which teacher is the center of the classroom that controls and manages all activities in the classroom. The Ministry of Education made an announcement in educational reform in the year of 2002 about one the new theories that certainly support teaching and learning in Thai education which is “Constructivism” (Singhanat Nomnian, 2007).

The research results revealed that learning would occur when teachers, as the facilitators, acquired students’ attention at the beginning part of the class. Even though, the direct idea of instruction can be unquestionably support teaching strategies for all teachers, it also has serious limitation. The limitation of idea of direct instruction relies on the purpose of instruction and when the purposes of instruction are defined, students can obtain and reproduce factual knowledge and skills, this instruction will be successful. However, when the purpose of instruction requires higher ability level than reproducing and obtaining knowledge and skills such as understanding, thinking, and creation, direct idea of instruction is imperfect (Zahorik, 1995).

Teaching is a complicated process. Teaching and learning in constructivist perspective are even more complicated than traditional teaching method. Teachers have to

significantly think about students first. The student is a person who deals with the information by using his or her prior knowledge as the basic of act constructing. Students are not just a group of people who received knowledge from teachers one-way but they are also a group of people who create their own new knowledge and can give reversible feedback back to the teachers (Miller, 2002: 4). The students in the traditional classroom seemed to think that teaching in this way is impractical, ineffective, and unfeasible (Colburn, 2000: 11; Chang, 2005: 106). The traditional teaching approach directly affects the students' learning process in passive way (Fower, McGill, Armarego, & Allen, 2002: 255). Miller (2002: 3) argued that lecture is an effective teaching strategy and can encourage students to create their own knowledge and understanding if teachers use lecture methods based on constructivism theory.

Constructivist theory of teaching explicitly provides more useful to lifelong learning than traditional teaching approach (Luo, 2005: 39). Moreover, students will learn best from lecture method or textbook if those kinds of learning are related with other things they know or want to know (Colburn, 2000: 11). However, different teaching styles and strategies are more helpful and have influence on students' learning to succeed in the objectives of learning than traditional style of teaching (Chang, 2005: 98). From the constructivist perspective, there are many valuable approaches of teaching that supports how students construct their own knowledge for example demonstration, cooperative learning, and open-ended question etc. (Colburn, 2000: 11).

Luo (2005: 36) has compared teaching and learning constructivist perspective with others teaching and learning theories found that teaching approached based on constructivism theory have distinctive characteristics from the others which are;

1) Constructivist teaching is a student-centered learning. Students have an important character to control all of their learning process and to construct their new knowledge and understanding.
2) Constructivist teaching emphasizes on students group work especially how they communicate with others students in the classroom.
3) Constructivist teaching and learning promotes learning abilities during the classroom such as define the meaning, reflecting an opinion, evaluating and critical thinking (Luo, 2005: 36).

Basic knowledge and skills language, mathematics, science, social studies, and arts are important for everyone (Zahorik, 1995). Colburn (2000: 12) asserted the way of making the science classrooms more supportive of constructivism, *laboratory*. Preliminary, it is

arguable that we as a science teachers or science educators cannot avoid laboratory in science classroom. Laboratory activities are the most important teaching strategy in science classroom. In constructivist way, science teachers should provide a laboratory before discussing the objectives of the laboratory with the students and discuss labs before start lecturing in the topic. Students should create and organize their own lab data collection. Teachers should create the test that is more challenging to the students and use proper open-ended questions to find out what student thinking is. Additionally, teachers should create teaching and learning environments or situations in the classroom with students' group work including discussing and sharing their ideas to the classmates (Colburn, 2000: 12).

On the basis of the literature review described earlier, it confirms that constructivist teaching and learning seemed to be an effective tool for the student's learning process. Constructivism is also helpful to develop students' epistemological beliefs about science knowledge with a more complicated view (Chang, 2005: 95). Zahorik (1995) stated that there are two important factors that precisely involve constructivist teaching theory, knowledge and humans respectively. Knowledge is defined as the information, understanding, and skills that humans gain through education or experiences. It can be fallible and changeable depending on the new experiences of the learners. Knowledge is certainly constructed by humans. Humans, as the learners generate or construct knowledge and understanding by attempt to bring meaning to their experiences. Human learning in constructivist perspective is an active learning process of construction and reconstruction of knowledge and understanding. Many different structures of knowledge transfer from generation to generation and this continuous process has influenced constructing knowledge of humankind (Huber, 2001: online).

Five fundamental parts of constructivist teaching (Zahorik, 1995)

1. **Activating prior knowledge**

Students' knowledge structures are the important things that all teachers should be aware of. Students' prior knowledge and experiences directly affect to their new knowledge. Students accommodate the new experience and guide the perception of the new experience through these knowledge structures. When teachers know students' prior understandings, they can better create curriculum and lesson plans including teaching strategies which are suitable for students. Moreover, knowing students' prior knowledge

facilitates teachers to correct some misconceptions before introducing the new content to the students.

2. Acquiring knowledge

Students gain new knowledge by determining the way to extend and fit their existing knowledge structures. There are two methods teachers can use to assist students in acquiring knowledge and to fit it into their prior knowledge structures, or to use it to change or create new knowledge structures.

1) Teachers can arrange experiences and learning environments that promote students' understanding of overall pictures of knowledge and its parts including the relationship and connections among them.
2) Teachers can straightforwardly present the overall picture of knowledge and its parts through lectures, demonstrations and dialogue.

3. Understanding knowledge

The understanding process starts when students are introduced to the new content of knowledge and skills. Teachers, as the facilitator can help students to develop their understanding by providing learning experiences, teaching strategies and lesson plans to support students exploring and interpreting the new topics related to their existing knowledge structures. Sharing knowledge structures is significant to students' understanding process when knowledge structures are presented to public or other people and the others can respond to them and can give them feedback. Additionally, the feedback is the need to help students improve or rethink about their knowledge structure.

4. Using knowledge

Students will be constructing the new knowledge and understanding through suitable teaching and learning activities in the classroom. The most effective activities that are useful for creating knowledge are problem-solving activities. The characteristics of problem-solving activities, which are authentic, interesting, holistic, long term and related to social, can be convinced and engaged students in making knowledge functional. Constructivist theory emphasizes on asking questions, giving students enough time to think, and providing opportunities for students to find the answers. Whenever teachers can properly divide time for the classroom by using constructivist teaching strategies students will be gain a better complicated level of knowledge (Applefield, Huber, & Moallem, 2001).

5. Reflecting on knowledge

The reflection describes how humans understand knowledge. It is also called metacognition consisting of self-control, self-regulation and independent behavior. The activities that promotes students' reflection, for examples journal writing, is a good teaching approach for motivating students' metacognitive skills, role playing, this activity requires students to examine their actual behavior as they engage in hypothetical, analogous situations. Any planning or proposal writing, such as planning a field trip also causes reflection and self-regulation.

The five fundamental parts of constructivist teaching are not as disconnected. In the classrooms, there are many ways that each part can be occurring. Students' reflection can be happen in the part of acquiring knowledge or activating students' prior knowledge can be occur in every step of constructivist teaching and so on.

Four types of constructivist teaching

The four types of constructivist teaching come from five fundamental parts of constructivist teaching which is called application, discovery, extension and invention, respectively. The dimensions of these four types of constructivist can be seen in Figure 11.

		Goals	
Order		Convergent	Divergent
Logical		Type 1: Application	Type 3: Extension
Psychological		Type 2: Discovery	Type 4: Invention

Figure 11 Types and dimensions of constructivist teaching (Sources: From Zahorik, John A., Constructivist teaching, 1995, p.23, Phi Delta Kappa educational foundation, Indiana, USA.)

Goal refers to the result that teachers try to achieve. It can be either a convergent outcome or divergent outcome. Convergent goal refers to a focus on determined ends. Unlike convergent goal, divergent goal refers to novel, original outcomes. Order is a kind of lesson organization the teacher is using in the classroom. The learning units or lesson plans can be prepared in a logical manner, in which activities that develop basic learning precede activities that promote more advanced learning. A psychological manner permits students to acquire knowledge and becomes meaningful to learners.

Type 1: Application

The goal of this type of constructivist teaching is a convergent way that causes students directly applies what they have learned. In this type, at first, teachers begin by activating students' prior knowledge. Second, teachers let students acquire some new content or skills. In the next step, teachers use suitable learning activities to increase students' understanding. Then the teachers have students engage in a useful activity. In the last step, teachers provide procedures and instructional materials for students to reflect on what they have learned.

Type 2: Discovery

The beginning point for discovery teaching depends on activities that teacher use. Students engage in the learning activity that has been planned by the teachers and involves predicting the result or creating the hypothesis. During an activity, students will increasingly gain and understand of the intended content or skills incidentally and the experiences that teachers provide for students are another way to help students enhance their knowledge and understanding. The last step ends with the students' reflection on the new knowledge that they have constructed.

Type 3: Extension

Extension teaching is quite similar as application teaching. However, activity used in this type of constructivist teaching is a divergent way. Even though, the teacher begins with acquiring and understanding tasks or problems, but they are seen as being preparatory to the activity that follows rather than as the center of the lesson. Teachers will provide the basic knowledge for students to solve the problem or students attempt to solve that problem be using knowledge that they identified by themselves. The way student used to solve the problem depends on how basic knowledge put together and how they gain new knowledge by using their basic knowledge and skills. After the divergent activity is done, the teacher provides for reflection.

Type 4: Invention

The last type of constructivist teaching is similar to the discovery teaching. The class similarly begins with activity that teacher used but the activity requires divergent thinking. The problem that students have to solve, there are many possible answers and achievable ways to approach the answers. Like discovery teaching, in invention teaching the elements usually are connected. The final step of this type of constructivist teaching should be to promote reflection.

These four types of constructivist teaching are not equivalent, equally constructive types. They represent a range of constructivist teaching based on the ends. All teachers can and probably would use all four types as they teach their students but some types may suitable a particular teacher better than others.

In summary, teachers should explicitly teach by using the teaching strategies concerning how students learn based on constructivism. Moreover, teachers, as the facilitators should analyze the other different teaching and learning approaches including the applications in order to increase students' inspirations in studying in the classroom (Luo, 2005: 39). The constructivist teachers will be challenged to know more about the learners and to observe and respond to their thinking and feedback. Students as the active learners in constructivist classrooms will be challenged to work together with their friends as a group discussion and become the effective learners in order to create meaningful learning. (Applefield, Huber, & Moallem, 2001).

6. Integrated teaching approach

Introduction of integrated teaching approach

Understanding the students' prior knowledge and how the student respond to the teaching approaches and instruction are the most important thing in the educational realm (Bao & Redish, 2002: 1). One of the roles of instruction is to properly guide and facilitate students learning in the appropriate way in the classroom (Merrill, 2001: 7). Instructional strategy or teaching approach refers to an ordered pattern of instructional or teaching modes to support the accomplishment of identified objectives of the course or curriculum (Farmer, Farrell& Lehman, 1991: 151). Integrated teaching approach refers to integrating of different methods of instructional strategies together based on constructivism theory which means all of the selected approaches will promote students to construct their own knowledge and understanding. Using various approaches is helpful in making students' learning more interesting and supportive. Moreover, integrated teaching approach is another way to help students improve their problem solving skills (Raija, 2001: 2).

Teachers, as the facilitators in the classroom, need to analyze and design the content and teaching strategies. Both of content and teaching strategies have to be matched and fit together in the curriculum (Farmer, Farrell& Lehman, 1991: 181). Because of students' knowledge and skills is easy to forget, therefore, the teaching approaches have the main role to maintain and keep those abilities as long as possible. Students are also a part of maintaining the knowledge and skills. Teachers must determine the skills that fit into

individuals and students need to be share and reflect what they have learned and criticize how well teaching strategies that were used in the curriculum (Merrill, 2001: 8). Much research has revealed that students obviously engage and gain knowledge more effectively when using an integrated teaching approach rather than using disconnected units or traditional teaching approaches such as lecturing. Especially teaching by using real life activities to apply along with the teaching approaches increasingly promotes meaningful learning (Curriculum Council government of Western Australia, 2008: 1). The limitation of integrating several instructional strategies together is the time-consuming. The teachers need a lot of time in the preparing and designing process (Ahuja & Jahangiri, 2002: 22).

Avery, Chang, Picket-May, Sullivan, Calson and Davis (1997: 1) proposed the integrated teaching approach in university science subject called 'The Integrated Teaching and Learning Laboratory (ITLL)'. The ITLL was applied in the College of Engineering and Applied Science at the University of Colorado. The instructional strategies or teaching approaches in ITLL consists of active and group learning, project-based design and problem-solving experiences. The results found that student performance expectations in the ITLL are high, predominantly students in the first year engineering.

Ahuja and Jahangiri (2002: 11-13) designed an integrated approach to teaching and learning college mathematics. The teaching strategies that were used to create this integrated teaching approach composed of the interactive and discussion-based teaching, small group work, computer laboratory, problem-solving approach, and open approach to promote mathematical thinking, creativity and communication in the context of mathematics. This integrated teaching approach for college mathematics provides the different approaches from the traditional approach (they called chalk-talk-homework-exam). This integrated teaching approach emphasizes conceptual understanding, relational understanding not just memorizing mathematical formulas and calculating, using various teaching methods and assessment tools. In addition, this integrated teaching approach also promotes the effective and meaningful learning not just learning for the exams, and focuses on the student's thinking, cooperative learning and applying knowledge in real life.

Students evaluated and reflected the feedback of this integrated teaching approach. The results found that the students' attitude about the approach has been very positive. Using this approach with class assignments, tests and exams have influenced directly to students' understanding, contentment, and concentration. Moreover, the classroom atmosphere also plays a significant role to students' learning. An informal relaxed classroom will be supported students feeling free to ask questions. Particularly students in the low

grade level expressed that the relaxed classroom lead them to exciting and meaningful learning (Ahuja & Jahangiri, 2002: 21-22).

Effective learning environment and learning cycles

Learning is a need that all humans possess and a natural process that humans are born with. Learning is articulated in various ways dependent on different societies (Patel, 2003: 5). Learning in constructivist context supports the students, as the learners, to be able to solve the problems, create their knowledge based on their prior knowledge and experiences, and can apply new knowledge to real life activities (Schuman, 1996 cited by Margel, 1998: 20). To create an effective learning environment into the classroom, Yelon (1996: 3) proposed the ten powerful instructional principles. These instructional principles are useful when teachers appropriately apply them to the proper situation. The students will be encouraged to study, to obtain the knowledge, ideas, skills and satisfaction and to remember what they have learned until to apply that knowledge in the new situations that they never face before (Yelon, 1996:250). The ten powerful instructional principles are described in the following.

1. **Meaningfulness**: Motivate students by helping them connect the topic to be learned to their past, present, and future.
2. **Prerequisites**: Assess students' level of knowledge and skill and adjust instruction carefully, so students are ready to learn the material at the next level.
3. **Open communication**: Be sure students find out what they need to know so they can focus on what to learn.
4. **Organized essential ideas**: Help students focus on and structure the most important ideas, to be able to learn and recall those ideas.
5. **Learning aids**: Help students use devices to learn quickly and easily.
6. **Novelty**: Vary the instructional stimuli to keep students' attention.
7. **Modeling**: Show students how to recall, think, act and solve problems so that they are ready to practice.
8. **Active appropriate practice**: Provide practice in recalling, thinking, performing, and solving problems so that students apply and perfect their learning.
9. **Pleasant conditions and consequences**: Make learning pleasing, so students associate comfort with what is learned; and make learning satisfying, so that students keep learning and using what is learned.
10. **Consistency**: Make objectives, tests, practice, content and explanation consistent, so that students will learn what they need and will use what they have learned outside of the instructional setting (Yelon, 1996:3; Posner & Ruditsky, 1997: 158)

Trowbridge & Bybee (1990) proposed the BSCS 5-E learning cycle in *Becoming A Secondary School Science Teacher* as an effective instructional model that is corresponded with a constructivist learning approach. This instructional model has been used in the design of BSCS curriculum materials. This model consists of five steps which are engage, explore, explain, elaborate and evaluate. The BSCS 5-E learning cycle plays an important role in the curriculum development process especially in science subject. The components of the 5-E learning cycle are shown in the following;

Table 4 5-E Learning cycle (Trowbridge & Bybee, 1990)

Engage	These activities mentally engage the students with an event or equation. Engagement activities help students make connections with what they know and can do.
Explore	Students work with one another to explore ideas through hands-on activities. This exploration provides a set of common experiences for all learners. Under the guidance of the teacher, students begin to clarify their understanding of major concepts and skills.
Explain	Students construct explanations of the concepts and processes about which they are exploring and learning. Teachers clarify students' understanding of concepts and help them develop skills.
Elaborate	These lessons challenge students to apply what they have learned to a new situation and to build on the students' understanding of concepts in ways that extend their knowledge and skills.
Evaluate	Students assess their own knowledge, skills, and abilities. These lessons also allow teachers to evaluate students' progress and inform instruction.

The Learning Technology Center at Vanderbilt created computer software to support instructional activities called Star Legacy. They also described and proposed a learning cycle model that not only corresponds to the software but also useful in general learning process and support the effectiveness of instruction as can be seen in Figure 12.

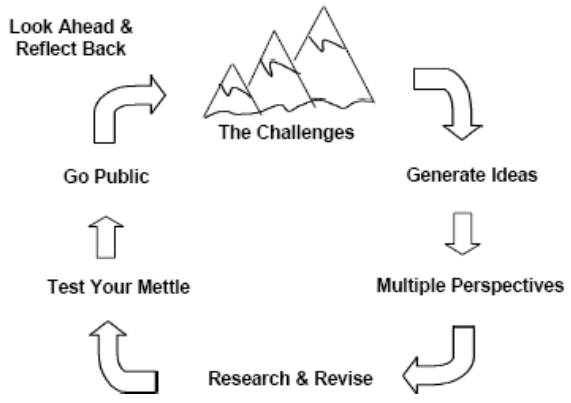


Figure 12 Learning cycle of Star Legacy (Merrill, 2001: 3)

The learning cycle of Star Legacy starts with *Look ahead*, this stage requires learning objectives. The *challenges* or the problems are represented by the height of the mountain which means the level of difficulty of the problems. *Generate ideas* is the stage that learners communicate with the others to exchange their experience and existing knowledge about the problems. The next stage is *multiple perspectives*. This stage involves students comparing their ideas to the others such as classmates and teacher. *Research and revise* is the demonstration phase and application phase that students collect and test various possible ideas which seem to fit with the problems. Later on, *Check your mettle* stage involves with applying students' ideas and getting feedback. *Go public* stage provides students' opportunities to present their ideas. The final stage is called *Reflect back*. During this stage, students will appraise and review their learning activities and if they have any problems with their outcomes the cycle of learning will start again (Schwartz et al, 1999 cited by Merrill, 2001: 3).

McCarthy (1996, cited by Merrill, 2001: 4) proposed another learning cycle called 4-MAT learning cycle as shown in Figure 13.

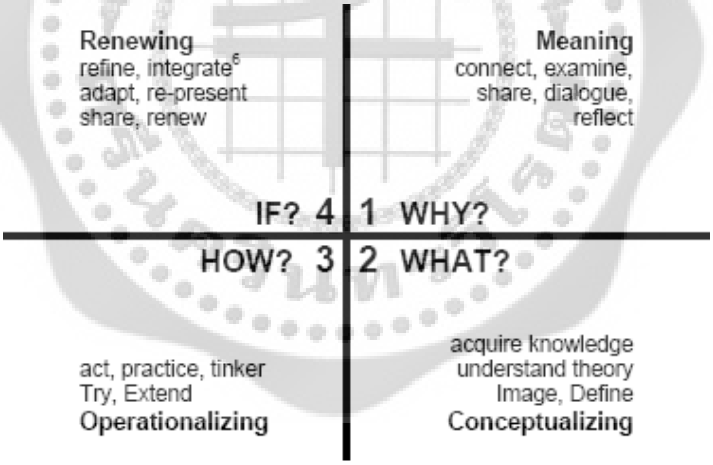


Figure 13 McCarthy 4-MAT Learning cycle (Merrill, 2001: 4)

McCarthy 4-MAT learning cycle model underlined the proper learning activities and the students' interest in these activities. The *Meaning* phase, students share their existing knowledge and attempt to unearth the meaning associated with the task or problems. The second phase, *conceptualizing*, is the demonstrate phase. Student will be obtained new knowledge and understanding and connect them with their prior knowledge. The third phase called *operationalizing* phase. During this phase, student will apply their knowledge to

something around them. The last phase of McCarthy 4-MAT is *renewing*. Students construct their own knowledge including presenting and sharing their own knowledge to the others (Merrill, 2001: 4).

The SoSTI course will create effective learning environment to the students and use 5E learning cycle in lesson planning based on constructivism theory in order to construct this course to provide effective learning outcomes.

The varieties of teaching approaches

Nowadays, there are many new teaching approaches originated to help teachers transfer the knowledge and understanding especially in science context to the students. Farmer, Farrell and Lehman (1991: 3-23) summarized the common instructional modes that teacher currently use in science classroom which are lecture, question/ answer, discussion, demonstration, laboratory, Individual student project, and homework.

1) Lecture is the fundamental instructional technique that provides an opportunity for the teacher to directly transfer knowledge to the students by talking, telling and explaining.
2) Question and answer approach is enormously useful when teachers want to know the students' knowledge before and after they come to the classroom. Moreover, this teaching approach is a good way to motivate students to think. However, the competence of the approach depends on what kind of question that asked and how student response to the problems or questions.
3) Discussion is another helpful approach. Discussions can encourage students to share their ideas, to compare and contrast their ideas to the others in the selected topic or problem.
4) Demonstrations will be useful when teachers concurrently use this approach together with the other teaching approaches.
5) Laboratory is an important approach especially in science classroom. Teachers need to carefully prepare the equipments, and directions including safety precautions before the students come to the classroom.
6) Individual student projects are used to deeply find out students' understanding and application of knowledge they learned. Individual student projects are generally composed of students' reports and products.

7) Homework is another strategy that teachers always use to keep students' attention to think about knowledge they have learned from the classroom. Teachers should choose a few excellent exercises instead of giving them too much and should not use homework as a punishment.

Additionally, Abruscato (2000, 73-87) also presents five effective teaching strategies for science classroom that are cooperative learning strategies, questioning strategies, active listening strategies, demonstration and using of science textbooks.

1) Cooperative learning strategies are the group work activities that help students learn science, practice working and share their ideas with the others through the given project. Teacher will be presented the interesting topics related to real world to the students and bring the students to explore and do cooperative group work in the classroom. The successful of work comes from the agreement of all members in the group not individual.
2) Questioning strategies actually depend on the six cognitive levels that are knowledge, comprehension, application, analysis, synthesis, and evaluation. The questions can be classified into three types, convergent questions, divergent questions, and evaluation questions. Teachers who use this strategies have to concern about wait-time for the students to think before they response or answer.
3) Active listening is the way of learning and stresses on what people are saying when they speak. Teachers should teach this strategy to both of students and themselves.
4) Demonstration is an important teaching approach to promote inquiry in science classroom. This approach can be encouraged students to ask questions. Teachers should use this approach particularly in the topic that students do not know before to increase students' curiosity.
5) Science textbooks contain some valuable resources and activities that creative teachers can use to apply to teaching in the classroom and curriculum. Textbooks, as the reading materials can help students understand better about the phenomena they have learned from the classroom. Moreover, textbooks can facilitate in encouraging students to learn more and help student achieve their goals of learning (Abruscato, 2000, 73-87).

In summary, integrated teaching approach in the SoSTI course refers to integrating of various methods of instructional strategies as aforementioned and other instructional

strategies based on constructivism theory. Additionally, this course selected teaching approaches by being concerned with suitability and appropriateness to the students in order to promote the students constructing their own knowledge and understanding.

7. Scientific creativity

The concepts of creativity

Creativity is the ability to fabricate work. The two important characteristics of creativity consist of novelty including originality or the unexpected and appropriateness including of usefulness, modification and the concerning of the undertaking restriction. Creativity is the ability to create new notions by adapting the existing ideas or knowledge (Edgar, Faulkner, Franklin, Knobloch, & Morgan, 2008: 46). The representatives of creativity are exemplified in technical terms like original processes, new methods, useful inventions and valuable products (Heller, 2007: 224). Boden (1994,) stated that creativity is complicated to understand and explain. People who have this ability, inventors, scientists, artists or the others rarely know how their creative ideas come from. Creative ideas frequently come from the unexpected time such as the time that people think about nothing and the time that people should think about something but something else comes up instead (Boden, 1996: 18). The appearance of appropriateness of creativity is based on the cultural context. Creativity is closely involved with both individual and social level. Creativity is widely useful and can be used to create new scientific, artistic and social knowledge and innovations (Starko, 1995; Sternberg & Lubart, 1999). Creativity can be completely explained with the concept of cognitive competency which is related to how people succeed the difficult problem, the process of learning transfer including convergent and divergent thinking (Heller, 2007: 224). Moreover, creativity is an ability that people already have it since they was born (Baillie & Walker, 1998: 36)

Educators and researchers have studied creativity for long time and creativity became the interesting topic in 1950s. Creativity conventionally has massive influenced on society and has its own history. Torrance (1990) proposed fluency, flexibility, and original thinking as the main characteristics of creativity. In addition, Heller (2007: 211) also presents the terms that interrelate with the characteristics of creativity and individual intelligence which are a formal-logical thinking processes, abstract thinking ability, systematic and theoretical thinking processes, individual potential for creativity-problem

sensitivity, inventiveness and flow of ideas, the ability to restructure problems (flexibility), and originality of solving methods and results.

The six approaches for understanding creativity

Dr. E. Paul Torrance has received an honor as the 'Father of Creativity'. Torrance Tests of Creative Thinking (TTCT) is the most successful work that Torrance has developed (Kim, 2006: 11). Moreover, to understand creativity much better, Torrance (1999) proposed six approaches for understanding creativity which are;

1) Mystical approaches

Learning about creativity is constantly relevant to individuals' mystical beliefs. Creativity in historical time was conceivably based on divine interference. The mystical beliefs and spirits mostly come from the influence of religion. A creative person was inspired by their beliefs to create the imaginative works and innovations. Understanding creativity with mystical approaches seems difficult and unclear for scientific psychologists to understand creative concepts because people strongly believe in something that cannot explain with scientific knowledge. Moreover, the scientific psychologists including scientists do believe that creativity will not occur because of spiritual process.

2) Pragmatic approaches

This approach to understand creativity has been affected mostly by the development of creativity and how to understand it. These approaches have had considerable public visibility in much the same way as the studying of love. From the psychologists' view, these approaches lack any basis in serious psychological theory, as well as serious empirical attempts to validate them.

3) Psychoanalytic approaches

The concept of psychoanalytic approaches is commonly based on the idea that creativity occurs from the tension between conscious reality and unconscious desires. In order to study of creativity with this approach, people have to understand two important concepts which are adaptive regression and elaboration. Primarily, an adaptive progression, this concept refers to the interruption of unmodulated thoughts in consciousness. Unmodulated thoughts can occur during active problem solving, but often occur during sleep, intoxication from drugs, fantasies or daydreams, or psychoses. Secondarily, an elaboration refers to the revising and renovation of primary process material through reality-oriented, ego controlled thinking. In scientific psychologists' view, even though the

psychoanalytic approach probably has presented something connecting to creativity but psychoanalytic approach was not at the center of the emerging scientific psychology.

4) *Psychometric approaches*

The psychometric approaches for understanding creativity are particularly based on Guilford Unusual Uses Test and Torrance Test of Creative Thinking (TTCT). The use of TTCT test, problem solving skills and divergent thinking concepts have an important role in creativity measuring. The tests were a suitable way of comparing people on a standard creativity scale. The tests can be scored for fluency (total number of relevant responses), flexibility (number of different categories of relevant responses), originality (the statistical rarity of the responses) and elaboration (amount of detail in the responses).

5) Cognitive approaches

The cognitive approaches for understanding creativity try to achieve understanding of individuals' mental processes and representations emphasizing on creative thinking and thought. There are two processing phases which are important to creative thinking and thought. First, a generative phase, in this phase, an individual constructs mental representations referred to as pre-inventive structure, which have the properties of promoting creative discoveries. Second, an exploratory phase, these properties are used to come up with creative ideas. A number of mental processes may enter into these phase of creative invention, including the processes of retrieval, association, synthesis, transformation, analogical transfer, and categorical reduction.

6) Social-personality approaches

This approach was developed corresponding to the cognitive approach and stresses on personality variables, motivational variables and the socio-cultural environment as sources of creativity. This approach also emphasizes in personality tradition for examples courage, freedom and self-acceptance those effects directly to individuals' efficiency. Both cognitive and social-personality approaches provide valuable understanding of creativity. However, the cognitive approaches on creativity seemed to disregard the personality and social system. Similarly, the social-personality approaches seemed to have slightly or nothing connecting about the mental representations and processes underlying creativity.

The models of creativity

Dewey and Wallas model of creativity (Starko, 1995)

Dewey's (1920) model of problem solving is one of the most original contemporary models of creativity. Dewey summarized the problem solving process into five steps:

1) a difficulty is felt
2) the difficulty is located and defined
3) possible solutions are considered
4) consequences of these solutions are weighed, and
5) one of the solutions is accepted

Dewey (1920) and Wallas (1926) studied the writing of creative people and created classical four steps description of the creative process. In the classical four steps of creative process, Wallas goes beyond Dewey's logical sequencing to include unconscious processing and experienced "Aha!" described by many creators.

The first step is called *preparation*. During this step, learner as the creator is collecting knowledge and information, thinking about the problem, and coming up with the most excellent possible ideas to solve that problem. The second step of Wallas model is the most important step called *incubation*. In this step the learners do not intentionally think about the problem. They mostly do other activities and at some level they will be back to think about the problem. *Illumination* is the third step of Wallas model of creative process. Illumination is the "Aha!" experience. It is the point that learner's ideas fit together and make the comprehensible and clear results. The final step is called *verification*. In this step the results are checked for the effectiveness, and appropriateness. During this step the result probably elaborated and has a small change. However, the result may be found to be unacceptable, the four steps of Wallas model can start again as a cycle.

Torrance and the Parnes/Osborn model of creativity

Torrance (1988) proposed four logical stages for understanding creativity:

1) becoming aware of problems or difficulties
2) making hypothesis about the problems
3) evaluating the hypotheses, possibly revising them, and
4) communicating the results

In Dewey and Wallas model of creative process not mentioned anything about sharing or communicating the result. This raises an interesting question 'Is an idea less creative if it is never communicated or shared?'

The Parnes/Osborn model of Creative Problem Solving (CPS) is different from many other models of creativity. The CPS model was designed for not only explaining the creative process, but also significantly concerning how learners more successfully use it. The CPS model was initially developed by Osborn (1963). Osborn was interested not only in creativity theorizing but also focused on how to use it as well. The process was developed and elaborated on by Parnes (1981) and later by Isaksen and Treffinger (1985). Each version of the process is a series of steps that includes both divergent (finding many ideas) and convergent (drawing conclusions, narrowing the field) stages. A current version has three components divided into six specific stages (Isaksen & Treffingers, 1985; Treffingers & Isaksen, 1992):

1) Mess-Finding
2) Data-Finding
3) Problem-Finding
4) Idea-Finding
5) Solution-Finding and
6) Acceptance-Finding

At the beginning of each stage, many ideas are created, but they are narrowed and only the most promising ideas are continued to the next stage. A diagram of sequential diamond shapes commonly represents the CPS model. (See Figure 14)

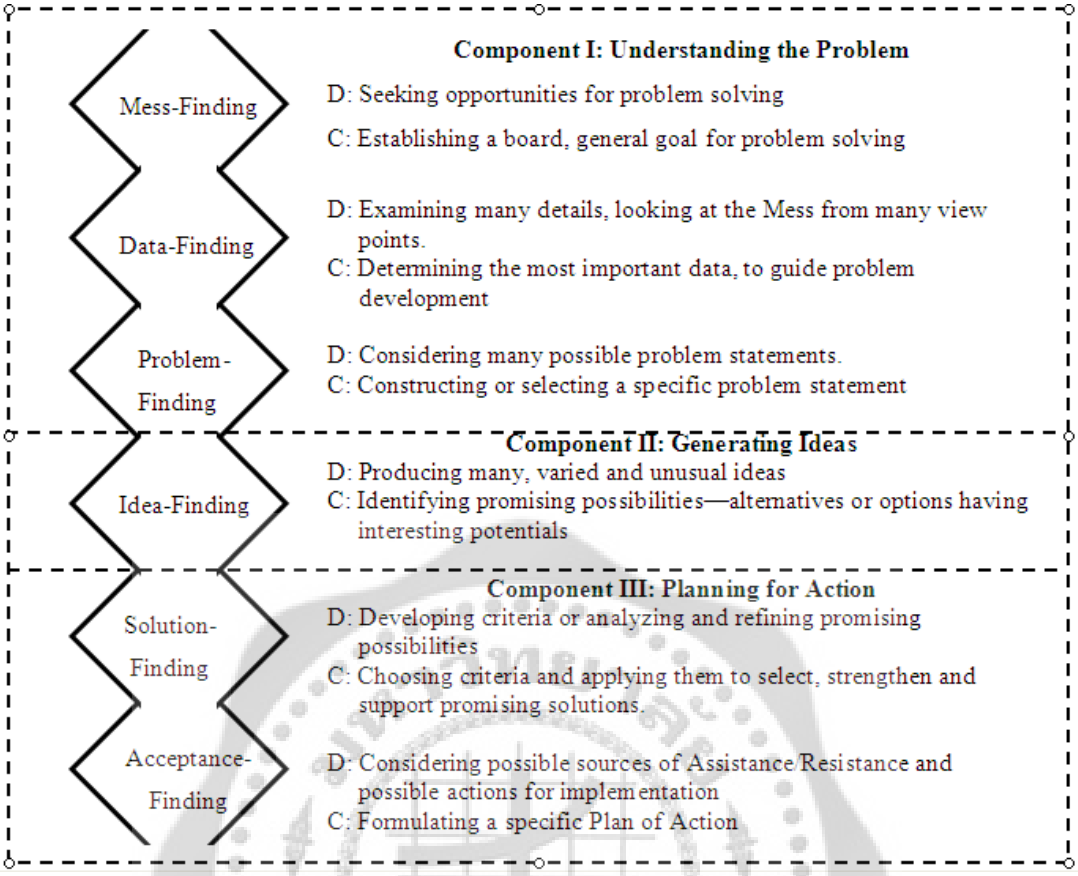


Figure 14 Three main components and six specific stages of Creative Problem Solving (Source: From Starko, Alane J. Creativity in the classroom: Schools of curious delight, 1995, p.26, Longman Publishers USA.)

The first stage of Creative Problem Solving model is called *Mess-Finding* or problem-finding. The process of mess-finding emphasizes finding a board problem, difficulty, or area of concern. Learners, as the problem solvers individually identify a question to examine, a difficulty to alleviate, or an idea to communicate. Learners have to face a large number of messes first and select the specific idea to consider later on. The second stage is *Data-finding* or fact-finding. This stage entails collecting all possible knowledge and information about the mess that learners have faced. The most significant data are used in the third stage that called *Problem-Finding*. In the third stage, learners will propose the unquestionable problem statement for finding the solutions. In the fourth stage, *Idea-Finding*, ideas are generated and corresponded to the problem statements. The fifth stage is called *Solution-Finding.* In this stage, the criteria are formed to evaluate each one of the proposed ideas. The last stage of the CPS model and process is *Acceptance-Finding*. In

acceptance-finding, learners create the plans from the gained solution to prepare for implementation. Possible difficulties are anticipated and resources identified. The results of this stage normally are the action plan including steps, resources, procedures and responsibilities outlined of learner.

DO IT: a simple model and process for creativity

DO IT is a model representing the creativity process structure. This model is included different aspects of creative thinking and presents proper methods of problem definition and evaluation. DO IT model will help learners to obtain the outstanding creative result easier. DO IT model of creativity consists of four effective stages.

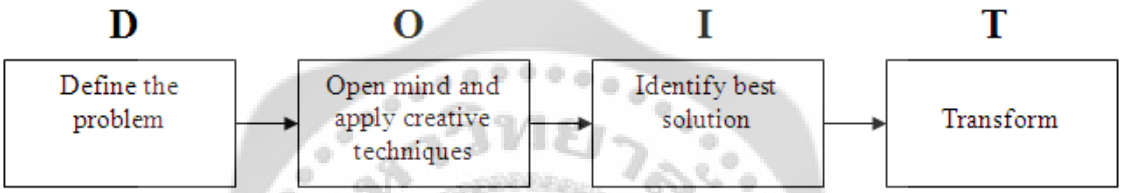


Figure 15 DO IT model of creativity (Source: Mind tools e-book: online)

DO IT model starts with the first stage called *define the problem*. In this stage, the creative learners will explore and find various techniques to support the questions they have asked and to confirm that all questions they asked are the right questions. After the learners know exactly the problems they want to solve, stage two, *open mind and apply creative techniques* has occurred. This stage is helpful for learners to created achievable results**.** If you are creative, learners should remember that the first idea is might not be the right idea. There are many ideas out of it that may be helpful to the learner to gain better results even if bad ideas come up; the bad ideas may become the good ones later. The third stage of Do It model of creativity is *identifying the best solution***.** During this stage, learners have to select the suitable idea that they created. After that in the final stage called *transformation*, learners will be implementing the solution that they have obtained. This stage focuses on developing a dependable product based on learner ideas and can be applied to many disciplines of study (Mind tools e-book: online).

The definition of scientific creativity

Torrance (1990) concludes that the term 'scientific creativity' is defined as mental ability or ability to create the new original products or results that has social or personal

worth based on individual prior knowledge and given information. Another term of scientific creativity is called technical creativity. Both terms are essential for a theoretically and practically competency. Scientific creativity involves the human ability to solve the complicated scientific problems and tasks and to create the novel and creative solutions (Heller, 2007: 209).

Hu & Adey (2002: 392) proposed and explained the definition and particular characteristics of scientific creativity in the following.

1) Scientific creativity is different from other creativity since it is concerned with creative science experiments, creative scientific problem finding and solving, and creative science activity.
2) Scientific creativity is a kind of ability. The structure of scientific creativity itself does not include non-intellectual factors, although non-intellectual factors may influence scientific creativity.
3) Scientific creativity must depend on scientific knowledge and skills.
4) Scientific creativity should be a combination of static structure and developmental structure. The adolescent and the mature scientist have the same basic mental structure of scientific creativity but that of the latter is more developed.
5) Creativity and analytical intelligence are two different factors of a singular function originating from mental ability.

The differences of artistic and scientific creativity

Creative people in artistic and scientific areas are different especially in the personal characteristics of artists and scientists. Artists are unique and individualistic more than scientists are, particular in emotional abilities (Feist, 1998). The Historical views of artistic and scientific creativity failed to differentiate the absolute different characteristics between these two. Creative persons can be both an artist and scientist. Sternberg (1999) concluded that when people talk about artists, they usually refer to visual artists which are painters, sculptors, cinematographers and architects, however, the artists also include literacy artists such as writers, and performing artists such as musicians, singers, dancers and actors. The artistic and scientific creative personal characteristics have shown in Figure 16.

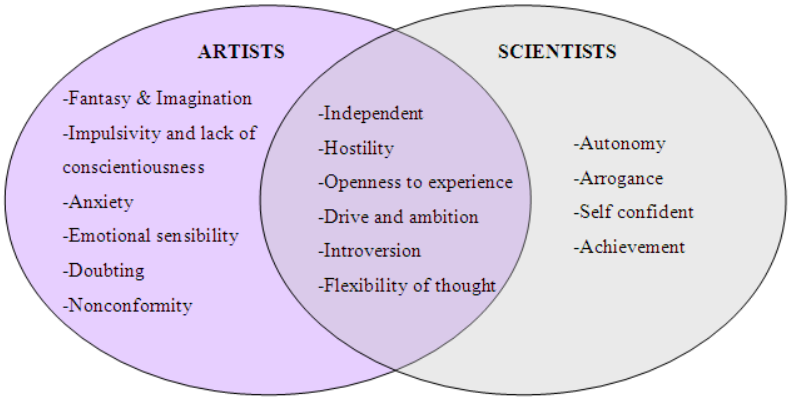


Figure 16 The artistic and scientific creative personal characteristics

Some creative personal characteristics of artists and scientists are similar. However, the same characteristics do not refer that they have the same level of that characteristic, for example the introversion of artist and scientist, artistic people seem to have the ability to be alone and not involved in anything more than scientific people. Artists tend to question and refuse the norms of the society. In the scientific view, it is arguable that science has wider creative expression than art. Scientific investigations can explain widely from the everyday life activities of people until the highly creative breakthrough and complicated natural phenomena. Moreover, Scientists can develop the technological innovations to make comfortable life for human being. The creative scientists are commonly more opened and flexible than the artists. The achievement is the most important thing for scientists driven by full of ambition (Sternberg, 1999).

Assessment tests for scientific creativity

Measuring the learners' creativity is an important process for educational evaluation (Rudowicz, Lok & Kitto, 1995: 418). The assessment tools for creative thinking or creativity is difficult to find the standardization because creative ability depends on individual thought and the answers are different and has no absolute correct answers for creativity (Edgar, Faulkner, Franklin, Knobloch & Morgan, 2008: 48). The well-known assessment test of general creativity is the Torrance Test of Creative Thinking or TTCT (Torrance 1990). The TTCT developed by Torrance in 1966 (Millar, 2002 cited by Kim, 2006: 3). The TTCT is a paper-pencil test which directly involves human divergent thinking abilities. In each item in this test is measured for fluency, flexibility, and original thinking based on Torrance knowledge of creative thinking (Hu & Adey, 2002). TTCT test was created for research, experimenting, general use, instructional planning, and determining students' thinking of

creativity (Kim, 2006: 4). The TTCT is quite popular in educational areas and has been translated into more than 35 languages (Millar, 2002 cited by Kim, 2006: 3).

Wechsler (2006: 22-23) studied creative achievements in the Brazilian culture by using TTCT as a tool to assess the characteristics of creative thinking of 59 Brazilians (29 males, 30 females) who have received public recognition through awards and 69 Brazilians (31 males, 38 females) who have not received recognition. The results found that the validity of the Verbal and Figural TTCT test to the Brazilian culture was confirmed (Wechsler, 2006: 22-23).

Moreover, the TTCT test is a good measurement to identify creativity of the gifted learners and normal learners. The TTCT can be used to develop and increase creative ability of students (Kim, 2006: 11). Even though, creativity is an inborn ability but it can be extraordinarily cemented with the teaching and learning processes in the classroom. Therefore, teachers should integrate creative activities and teaching strategies to encourage students' creativity at the same time as helping the students learning science concept (Park & Seung, 2008: 45).

However, general creativity tests like TTCT may not the direct way to measure scientific creativity (Hu & Adey, 2002: 390). In India Majumdar (1975 cited by Hu & Adey, 2002: 392-393) had developed the Scientific Creativity Test by using this test with main science subjects which are physics, biology, and mathematics. The objective of this test is to find the scientific creativity talent that students have. Another research study of scientific creativity assessment is also from India. Sinha and Singh (1987 cited by Hu & Adey, 2002: 392-393) created Scientific creativity test for secondary school students in both the English and Hindi languages. The main purpose of this test is to measure the important characteristics of scientific creativity, novelty, flexibility, observation abilities, imagination, analysis capabilities, and transformation abilities (Hu & Adey, 2002: 392-393).

Recently, Shen, Hu, and Lin (2002, cited by Hubley, 2004: 9) developed the Scientific Creativity Test for Adolescents (SCTA) based on the Scientific Creativity Structure Model (SCSM) and the Torrance Tests of Creative Thinking (TTCT). A Scientific Creativity Structure Model or SCSM developed based on the research and studies of scientific creativity. SCSM model is a three-dimensional structure that is shown in Figure 17. This model created for making a clear understanding of scientific creativity (Hu & Adey, 2002: 389-392).The participants in SCTA test was the students from England and China, 1,087 students each. The results of SCTA test presented that SCTA has high reliability and

validity by using statistical methods that are the alpha coefficient, reliability coefficient, and test-retest reliability (Hubley, 2004: 9).

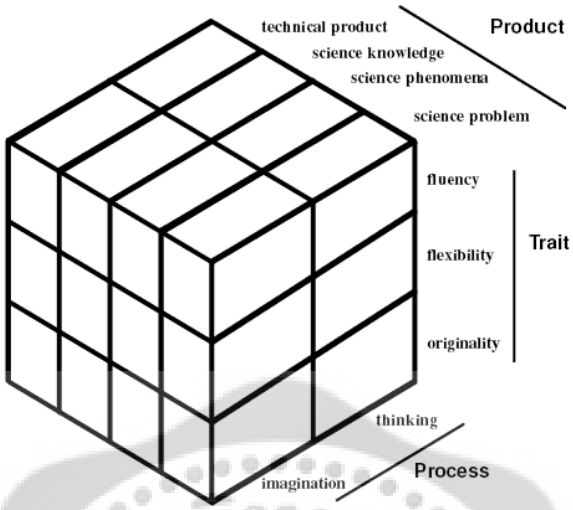


Figure 17 The three-dimensional Scientific Creativity Structure Model (SCSM) (Hu & Adey, 2002: 391)

The three dimensional structure of scientific creativity is composed of 24 cells of products, traits and processes. Based on SCSM model, the Scientific Creativity Test for Adolescents (SCTA) was developed as a questionnaire which consisted of 48 items. As mentioned before, this SCTA test has high reliability and validity. These results confirm that the SCTA test should be suitable for measuring scientific creativity of secondary school students (Hu & Adey, 2002).

Teaching for creative thinking in school

Creative thinking can be taught in everyday subjects and disciplines (Starko, 1995). Torrance (1992) claimed that activities in science subjects can be support creativity in the students more than other subjects (Park & Seung, 2008: 45). Creative thinking is an ability that everybody has since birth and this ability will decrease depending on increased age of people by social process that creates individual logical conformity. Yet, creative thinking ability can be developed through activities and teaching strategies. (Sternberg, 2006: 93; Edgar, Faulkner, Franklin, Knobloch & Morgan, 2008: 46).

Schools do not emphasize on the valuable of creativity. The reason might be because teachers think that creativity is the same thing with general intelligence or they probably do not know how to teach creativity to students. Teachers seem to focus on

students' memorization and analyzing skills more than creativity and thinking skills. Teaching for creative thinking in the classroom is helpful for the student to perform their thinking ability and help the students to be a more creative person (Sternberg, 2003: 325-336). In the creative classroom, teachers should be facilitators that help students build up and improve their creative thinking abilities (Edgar, Faulkner, Franklin, Knobloch & Morgan, 2008: 48). Especially in scientific disciplines such as physics, biology, anthropology, and medical science, creativity is necessary and very important for the complicated structure of knowledge. The teaching strategies to promote creative thinking skills should be various and flexible (Loehle, 1990: 242).

Park & Seung (2008: 45-48) suggested four effective strategies to help teacher combine creativity into secondary school science classroom which are SCAMPER, six thinking hats, agreement, disagreement and irrelevance and creative problem solving.

1) *SCAMPER*

Eberle developed the SCAMPER model in 1996. SCAMPER stands for Substitute, Combine, Adapt, Modify, Magnify or Minify, Put to other use, Eliminate, and Reverse or Rearrange. This model supports student's creative thinking emphasizing brainstorming process. Teachers can be used this strategy to help students achieve new ideas through the productive questions. By using SCAMPER strategies, students will be able to construct creative products based on scientific knowledge. Moreover, students will be able to use their creativity to create their own experiments or laboratories.

2) *Six thinking hats*

De Bono developed the six thinking hats method in1985. This teaching method symbolize six different ways of thinking with the different color of the hats which are red, yellow, black, white, green, and blue. The colors refer to emotional, positive, critical, objective, creative, and big picture thinking respectively. Students are divided into groups of six and each student will have different role depending on the color of the hat that they are wearing. This teaching strategy can be used in a science classroom by integrating it with the Science, Technology, and Society (STS) approach.

3) *Agreement, disagreement, and irrelevance*

Another effective strategy that promotes creativity in the classroom called agreement, disagreement, and irrelevance or ADI method. This method focuses on discussion in science classroom. The topic of the discussion is the most important thing in this method. Teachers should prepare the topic that students can present their opinions without limiting of students' thinking ability.

4) *Creative problem solving*

The last strategy called creative problem solving. Students as the self-directed learners will come up with creative results by using this strategy to solve the open-ended problems or tasks that teacher prepared with their creativity and imagination. Students will be discovered various creative results and will be not stick with just only one result. (Park & Seung, 2008: 45-48).

As mentioned before, creative thinking ability is characterized by four thinking processes that are fluency, flexibility, originality and elaboration. Edgar, Faulkner, Franklin, Knobloch & Morgan (2008: 46-50) have proposed five classic method to generate creative products and solutions which is shown in Figure 18.

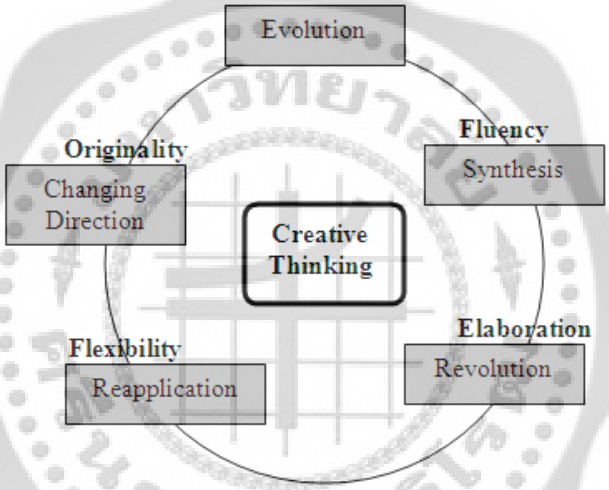


Figure 18 Processes and Methods of creative thinking

(Source: Edgar, Faulkner, Franklin, Knobloch & Morgan, 2008: 46-50)

The five methods are composed of evolution, synthesis, revolution, reapplication, and changing direction. The first method called *evolution* focuses on the improving process and means that the new ideas or solutions come from the basis of the old ideas or prior knowledge. The second one is the *synthesis* method. The synthesis method involves integrating two or more previous ideas to become a new idea. According to Bloom's revised taxonomy (2002), synthesis or creating is the highest level of higher order thinking. If teachers used this method in the classroom students will have a good opportunity to use their higher order thinking skills and will definitely improve their creative thinking skills. The third method used to create creative results is called the *revolution* method. Revolution is known as 'thinking outside the box'. This method provides a new idea that is dissimilar from a prior existing idea and focuses on changing the way of thinking of learners. *Reapplication*

method is the way that creative learners think of the old ideas with the completely new way. The last classic method for the learners to generate their creative products and results is *changing direction*. Changing direction is necessary for students to rethink their thinking and thoughts by focusing the new results with the process of framing the problem (Edgar, Faulkner, Franklin, Knobloch & Morgan, 2008: 46-50).

In summary, teaching creativity in school, teachers as the facilitators should be encourage the students to think, create, invent, discover, explore, and imagine as much as possible. Students should redefine problems in another way and do not easily believe because of other people believe it. Students should try to analyze and communicate their creative ideas to the others. Working in groups or with the other students will help students to not only believe in their own ideas but also open their minds to accept ideas from the others. Sometimes, students have to be the risk takers and not be scared of the results and need to believe that everybody can fail or make mistakes. In order to be a creative person, students frequently have to tolerate ambiguity long enough to get his or her ideas right. Teachers have an important role to encourage students to find their own way to create something or ideas that they like. People generally do something better if they like or love to do it. Moreover, teachers should help the students manage their time for thinking creatively. If students have not enough time to think the result might be ineffective (Sternberg, 2003: 333-335).

CHAPTER 3

METHODOLOGY

This chapter presents and describes the details of the development process of this study. The course development process is divided into five main phases by using the research and development (R&D) as the research design in this study. These are:

Phase 1: Pre-developing the course

Phase 2: Developing the course

Phase 3: Conducting pilot study

Phase 4: Implementation

Phase 5: Analyzing data and conclusion

The overview of research methodology can be seen in Figure 19 in the following:

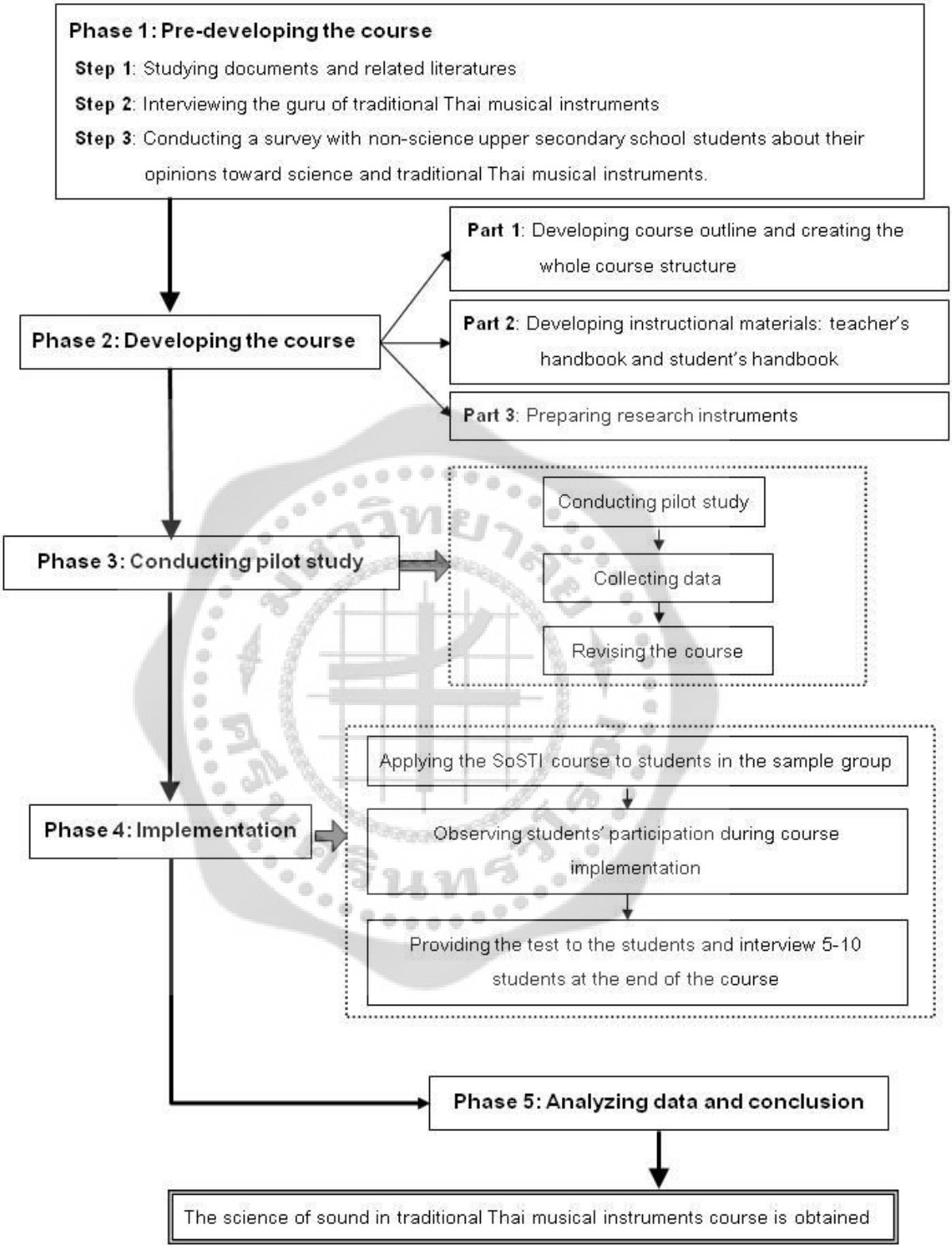


Figure 19 The overview of research methodology

Phase 1: Pre-developing the course

Pre-developing course is a preparation phase. The purpose of this phase was to investigate the fundamental data and information about the science of sound, music, traditional Thai musical instruments and the relationships among them. It also was designed to explore how non-science upper secondary school students think about science and traditional Thai musical instruments. These data were used to create the content of the appropriate science course specifically for non-science upper secondary school students. This phase included preparing to structure the instructional material and research instruments. This phase is further divided into three main steps:

Step 1: Studying documents and related literatures

The researcher studied the documents and reviewed the related literatures about the science of sound content which include some parts of physics, mathematics, chemistry and biology as well as education issues i.e., adolescent psychology, constructivist theory, socio-cultural theory, scientific creativity, and scientific processes and skills. The documents and literatures related to curriculum development, interdisciplinary curriculum and integrated teaching approach were also reviewed. Moreover, in the context of traditional Thai music, literature associated with traditional Thai music and musical instruments, and Thai musical tones, methods, and materials for making traditional Thai musical instruments including human culture are important issues that the researcher have studied and emphasized.

Step 2: Interviewing the guru of traditional Thai musical instruments

The researcher made an appointment with the guru of traditional Thai musical instruments for an interview. The interviewing form is a structured interview and created by the researcher as following steps;

1. Identify the purposes of the interviewing form: this interview conducted as informal in order to find the basic knowledge of traditional Thai musical instruments and how the guru feels or thinks about the young generations and traditional Thai music and musical instruments.
2. Draft the questions in order to make them correspond to all purposes of the interview.
3. Reconsider the interviewing questions by the researcher to make them clear both in language and meaning.
4. Verify the content validity by three experts.
5. Make improvements in the interviewing form by the researcher.

6. Use this interviewing form with the guru: the guru is a local traditional Thai musician in Samut Songkhram province, the province that has very long history about traditional Thai musical instruments and well-known musicians since the early Rattanakosin era.
7. Collect, analyze and summarize data in order to use this information to be the basic idea of developing the SoSTI course.

Step 3: conducting a survey with non-science upper secondary school students about their opinions toward science and traditional Thai musical instruments.

In this step, the researcher needed to investigate non-science upper secondary school students' opinion about science and traditional Thai musical instruments in order to use the information for developing the SoSTI course in such a way that it will correspond to the non-science students as much as possible. The procedure of doing a survey consists of;

1. Develop questionnaire asking non-science upper secondary school students' opinions about science and traditional Thai musical instruments, which is divided in to three parts.
   Part 1: General information
   Part 2: Students' opinions about science
   Part 3: Students' opinions about traditional Thai music and musical instruments
2. Verify the content validity and the quality of the questionnaire by three experts.
3. Revise questionnaire following experts' comments by the researcher.
4. Try out this questionnaire with 30 students by using purposive sampling. Purposive sampling in this survey means the samples are non-science upper secondary school students.
5. Make second revision in order to correct appropriate wording and language used by the researcher.
6. Apply this questionnaire to 250 non-science upper secondary school students by using purposive sampling.
7. Collect, analyze and summarize data in order to use this information to be the basic idea of developing the SoSTI course.

Phase 2: Developing the course

In this phase, the researcher designed and developed a draft of the course, which is primarily composed of three important parts:

Part 1: Developing course outline and creating the whole course structure by using 7 steps of Taba's curriculum development (1962: 9-14);

1. **Diagnosis of needs**: the researcher analyzed and summarized all data and information from phase 1 in order to diagnose the needs for the course.
2. **Formulation of objectives**: the research created the objectives of the course corresponding to data and information from phase 1 and the Basic Education Curriculum B.E. 2551 (2008) including course explanation.
3. **Selection of content**: the researcher used the Interdisciplinary Concept Model developed by Jacob (1989) to identify the organizing theme and content of the curriculum as shown in Figure 20.

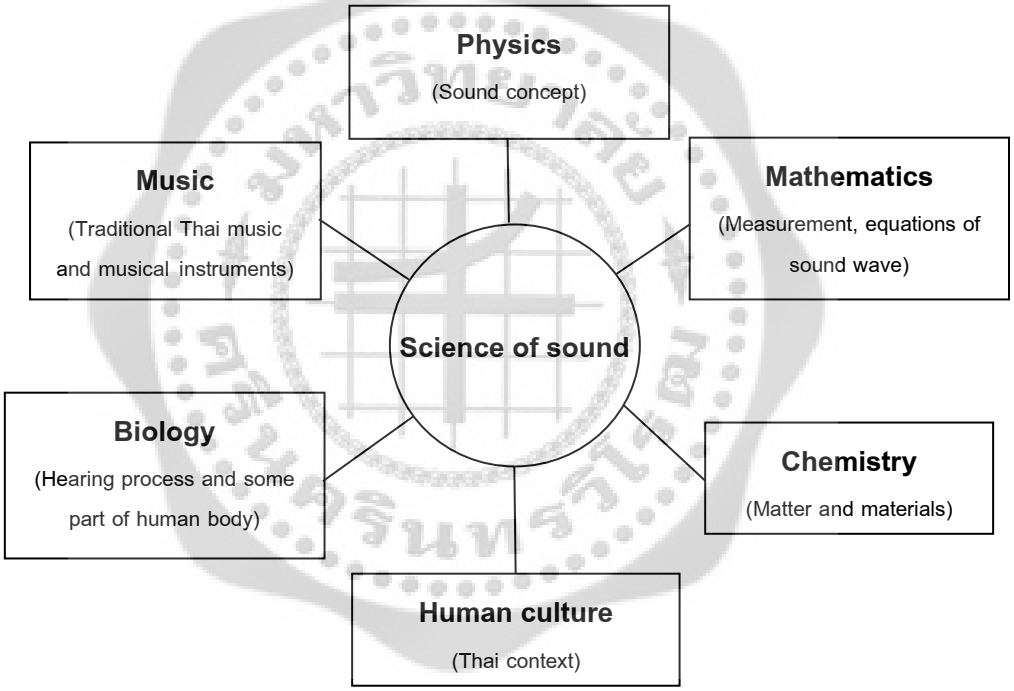


Figure 20 Interdisciplinary Concept Model of the science of sound in traditional Thai musical instruments course

4. **Organization of content**: the researcher constructed and arranged the content of the course from the Interdisciplinary Concept Model of the SoSTI course and created the course syllabus and the time used in each content and lesson plan. The course content of the SoSTI course consists of;

1) Introduction of the science of sound
2) Introduction of traditional Thai musical instruments
    - Stringed instruments: Saw-û-, Saw-dûa-ng and Jàkhây-
    - Wind instruments: Khlùi, Pì-nâw-k and Pì-cháwa-
    - Percussion instruments: Gràp sây-pha-, Ránâ-t ày-k, Tà pho-n, Kháw-ng wong yài and Chìng
3) The system of sound in traditional Thai musical instruments
4) The science of sound in traditional Thai stringed instruments
5) The science of sound in traditional Thai wind instruments
6) The science of sound in traditional Thai percussion instruments
7) Making traditional Thai musical instruments

5. **Selection of learning experiences**: the researcher selected various instructional strategies or teaching approaches, which were based on constructivist theory concerning suitability and appropriateness for non-science upper secondary school students.
6. **Organization of learning experiences**: the researcher organized and put the selected instructional strategies into the lesson plans based on course content and structure.
7. **Determination of what to evaluate and of the ways and means of doing it**: the researcher created course evaluation form for the experts to evaluate content validity by using IOC (Index of Congruence) and considering the correspondence between;
    1) The significance and principle of the course
    2) The significance and goals of the course
    3) The principle and goals of the course
    4) The goals and the objectives of the course
    5) Unit explanation and content
    6) Lesson plans and expected learning outcome
    7) Learning approach and learning objectives
    8) Learning assessment and learning objectives
    9) Learning assessment and learning process
    10) Educational aids and resources and learning process

Part 2: Developing instructional materials, which are the teacher's handbook, and student's handbook for use in the course.

The researcher analyzed the data and information obtaining in phase 1 in order to design the outline of the teacher's handbook and student's handbook by using an integrated teaching approach based on constructivism theory and 5-E learning cycle.

Teacher's handbook and student's handbook followed the content of the course. The researcher created the lesson plans in teacher's handbook based on 5-E learning cycle, which is composed of five components, engagement, exploration, explanation, elaboration, and evaluation. These two handbooks were verified by five experts by using Index of Congruence (IOC) for content validity and the quality of the teacher's handbook and student's handbook. In addition, textbook evaluation form adapted from Ogan-Bekiroglu (2007: 620-628) was used to evaluate the teacher's handbook and student's handbook quality.

The researcher revised all documents based on the experts' comments.

Part 3: Preparing research instruments

The instruments used in this research were developed by researcher. However, some of them are modified from authorized instruments with the following;

1. Adolescent Scientific Creativity Test adapted from Hu & Adey (2002).
2. A Scientific Attitude Inventory (SAI II) to measure the student's attitude toward science adapted from Richard & Foy (1997).
3. The science of sound understanding test created by the researcher with the following steps;
    - 3.1 Define the abilities that present students' science of sound understanding by using Bloom's revised taxonomy of cognitive domains in the understanding level. The abilities and behaviors present that students understand science of sound refer to students can interpret, summarize, classify, categorizing, compare, explain, exemplify, comment, annotate the knowledge in the science of sound topic.
    - 3.2 Create the science of sound understanding test. Five experts verified the test by using Index of Congruence (IOC) for content validity.
    - 3.3 Try out this test with 30 non-science upper secondary school students.

3.4 Analyze the test results in order to find the item difficulty and discrimination and reliability by using Cronbruch α-coefficient.

4. An interview protocol concerning students' awareness of traditional Thai musical instruments is a structured interview and will be designed by the researcher as following steps;

4.1 Identify the purposes of the interview protocol: the purposes of this interview are to explore non-science students' opinions concerning students' awareness of traditional Thai music and musical instruments.

4.2 Draft the questions in order to make them correspond to all purposes of the interview.

4.3 Reconsider the interviewing questions by the researcher to make them clear both of language and meaning.

4.4 Verify the content validity by five experts.

4.5 Make improvement of the interviewing form by the researcher.

4.6 Use this interviewing protocol with five to ten non-science upper secondary school students selected by random sampling.

4.7 Collect, analyze and summarize data in order to use this information to be the basic idea of developing the SoSTI course.

Five experts verified the data collection instruments created by researcher and corrected the instruments that researcher has adapted.

Phase 3: Conducting pilot study

This phase focuses on a pilot study of the course and its results of the course. The significant purpose of conducting a pilot study is to examine a quality of the draft course that researcher had constructed in order to receive feedback. Moreover, pilot study results and feedback will help the researcher to improve the course as well as revised the teacher's handbook, and student's handbook. The pilot study results also uncovered problems that might occur during the course.

The pilot study of the SoSTI course refers to using four unit lessons of the course with 55 non-science upper secondary school students selected by purposive sampling. These students were studying in Matthayomsuksa 5 (Grade 11) in the first semester of 2010 academic year at Satthasamut School, Samut Songkhram province and these students are not the same group and school as the students in samples group.

Phase 4: Implementation

In the implementation phase, the researcher, as a teacher, conducted the science of sound understanding pre-test and a survey of student's attitude toward science by using Scientific Attitude Inventory (SAI II) (Richard & Foy, 1997) to the students in the first three periods of the class. The course was used for one semester in the second semester of 2010 academic year.

The 35 students in the sample group are non-science upper secondary school students selected by purposive sampling. These students were studying in Matthayomsuksa 6 (Grade 12) in the second semester of 2010 academic year at Rattanakosinsompoch Bangkhen School, Bangkok. The researcher collected the data by using the research instruments that the researcher has created and adapted. During the classroom activities, the researcher had observed the students' behavior by using behavioral checklist form created and record the situations in the classroom with a video camera.

After finishing the implementation phase, the researcher provided the science of sound understanding post-test, attitude toward science questionnaire, scientific creativity test, students' awareness emphasizing on traditional Thai instruments questionnaire and students' opinions toward the SoSTI course questionnaire to the students. Ten students in the class were selected in order to conduct the informal interviews about students' awareness in traditional Thai musical instruments and the course.

Phase 5: Analyzing data and conclusion

This phase was conducted to scrutinize the effectiveness of the science SoSTI course. The effectiveness of the course was determined according to the following data:

1. The development of scientific creativity was analyzed from Adolescent Scientific Creativity Test (ASCT) (Hu & Adey, 2002) that the researcher has adapted, work done by students which is the traditional Thai musical instruments that students have designed and constructed and observation of students' behavior concerning scientific creativity during the class.

   ASCT is a test of scientific creativity designed for secondary school students and composes of seven different tasks and each task investigates different scientific skills. Moreover, the scores for tasks 1-4 is represents the sum of the

ideational fluency score, the flexibility score, and the originality score and compute the frequencies of the answers into percentages.

If the percentage of a response smaller than 5%, the score equals 2 points;

If the percentage of a response is between 5-10%, the score equals 1 point;

If the percentage of a response is larger than 10%, the score equals 0 points.

For task 5, the score is calculated by the percentage of the numbers of the answers from all of the students.

If the percentage is smaller than 5%, the score equals points;

If the percentage is between 5-10%, the score equals 2 points;

If the percentage is larger than 10%, the score equals 1 point.

For task 6, the score is the sum of the flexibility score and the originality score. There are 9 points for flexibility score for one correct method. For originality score,

If percentage of the method is smaller than 5%, the score equals 4 points;

If the percentage is between 5-10%, the score equals 2 points;

If the percentage is larger than 10%, the score equals 0 points.

The score of task 7 is determined by the functions of the instruments. Each function gets 3 points. For the originality, I give it 1 to 5 points with teacher's judgment.

2. Student's attitude toward science after studying was measured and analyzed by using the scales as the following;

   5 means you strongly agree with the statement

   4 means you mildly agree with the statement

   3 means you are uncertain or can not decide

   2 means you mildly disagree with the statement

   1 means you strongly disagree with the statement

This research used SPSS program for analyzing the scores from this instrument.

3. Students' understanding in the science of sound before and after taking the course measured by the science of sound understanding test which was evaluated by statistic t-test for dependent sample.

4. The data about Thai students' awareness of Thai culture and tradition especially about traditional Thai musical instruments were obtained and analyzed from interviews and observation.

The results from the interviews to explore Thai students' awareness of Thai culture and tradition are qualitative data. The researcher used a coding technique to code the statements that represent the answers of the questions in order to reduce the data from raw data in to meaningful units. Coding qualitative data used triangulation process to verify and to control the bias by two investigators who had experiences in analyzing qualitative data. The two experts coded and interpreted data. Then, the researcher compared, analyzed and interpreted the statements and made the conclusion.

Data analysis was divided into quantitative and qualitative data. The statistics used in developing the SoSTI course which are (Creswell, 2003);

1. Means

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

$\overline{X}$ = Means

$\sum X$ = total score

N = number of population

2. Standard deviation and variance

$$s^2 = n\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

s^2 = variance

$\sum X$ = total score

$\sum x^2$ = total of each score square

n = number of sample

3. Statistics for examining tools

1.1 Validity: Index of Congruence (IOC) was employed to examine content validity

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

IOC = Index of Congruence

$\sum R$ = total score from the experts

N = number of the experts

1.2 Reliability: Cronbach's alpha coefficient was employed to examine the reliability of the science of sound understanding test

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left\{1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2}\right\}$$

α = Cronbach's alpha coefficient

k = number of items

s_i^2 = variance of each items

s_t^2 = variance of assessment form

2. t-test for dependent sample (paired sample t-test)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{\left(n\sum D^2 - (\sum D)^2\right)}{n-1}}}$$

When df = n-1

t = the t distribution

D = the different scores of each pair

n = number of pairs

$\sum D^2$ = total of the different scores of each pair square

$\left(\sum D\right)^2$ = square of total of the different scores of each pair

CHAPTER 4

FINDINGS

This chapter presents the findings of using the science of sound in traditional Thai musical instruments course (SoSTI course) via integrated teaching approach. The course development process was divided into four main phases. The findings are presented in the following order;

Phase 1: Pre-developing the course

Phase 2: Developing the course

Phase 3: Conducting pilot study

Phase 4: Implementation and evaluation

Phase 1: Pre-developing the course

Step 1: Studying documents and related literatures

The researcher studied the documents and reviewed the related literatures about the science of sound content which include some parts of physics, mathematics, chemistry and biology as well as educational issues which are the topics of the science of sound, traditional Thai musical instruments, curriculum development, interdisciplinary curriculum, constructivism, integrated teaching approach, and scientific creativity. This information was used to design a draft structure of the course.

Step 2: Interviewing the guru of traditional Thai musical instruments

The researcher interviewed the guru of traditional Thai musical instruments from Samut Songkhram province, Mr. Surin Udomsawat.

He said “every song you play can identify clearly how you feel, every song you play reflects your personal characteristics and when two people perform the same song then the melodies result from their performances will have something different”. After a length of a fruitful conversation, I learned about his opinion on the young generations, traditional Thai music and Thai musical instruments. “Young generations”, he said, “should realize how important of their roles as the medium of transferring the precious culture and heritage of Thai music to the generation next to them”. He mentioned further “it used to be a cycle until universal music instruments have come to Thailand and many things have changed.” Now when he goes to the class to teach his students, lately he has to wait and is not sure

whether his students will come. Thai classical music's future, according to Kru Surin, gets an even worse destiny since even if one has decided to continue and learn seriously the art, he/she does not have much of a chance for practicing, the knowledge and skill, and therefore, they are decaying every second.

Step 3: conducting a survey with non-science upper secondary school students about their opinions toward science and traditional Thai musical instruments.

The researcher developed a questionnaire to ask for the information from non-science upper secondary school students on their opinions toward science and traditional Thai musical instruments. The questionnaire divided in to three parts as shown in the following;

Part 1: General information

Part 2: Students' opinions about science

Part 3: Students' opinions about traditional Thai music and musical instruments

Three experts verified the content validity by using Index of Congruence (IOC) as shown in Table 5.

Table 5 The results of index of congruence for content validity of questionnaire used to ask for non-science upper secondary school students' opinions toward science and traditional Thai musical instruments evaluated by 3 experts

Statement items	Three experts scores			Congruence scores	Results
	1	2	3		
Part 1: General information	0	1	1	0.67	Congruence
Part 2: Students' opinions about science					
1. I chose to study in non-science major because the science major is difficult.	1	1	1	1.00	Strongly congruence
2. I felt happy and fun when I was studying science.	1	1	1	1.00	Strongly congruence
3. I would like to study other subjects more than science.	1	1	0	0.67	Congruence
4. Studying science helps me better learning about natural facts	1	1	1	1.00	Strongly congruence
5. Studying science helps me working reasonably.	1	1	1	1.00	Strongly congruence
6. Science is the subject which is very useful for everyday life.	1	1	1	1.00	Strongly congruence

Table 5 (continued)

Statement items	Three experts scores			Congruence scores	Results
	1	2	3		
7. During studying science, I want to make the time pass faster.	1	1	1	1.00	Strongly congruence
8. Science is the subject that promotes creative thinking.	1	1	1	1.00	Strongly congruence
9. Science experiments are interesting things for me.	1	1	1	1.00	Strongly congruence
10. I feel uncomfortable when I have to answer scientific questions in the class.	1	1	1	1.00	Strongly congruence
11. I think I am good in studying science.	1	1	0	0.67	Congruence
12. Studying science helps me better studying in other subjects.	1	1	1	1.00	Strongly congruence
13. Science is an interesting, and exciting subject.	1	1	1	1.00	Strongly congruence
14. Science museum and exhibition are interesting for me.	1	1	1	1.00	Strongly congruence
15. Learning science make me feel so stressful because it always deals with solving problems.	1	1	1	1.00	Strongly congruence
16. I like watching TV programs about science.	1	1	1	1.00	Strongly congruence
17. Science can truly connect with everyday life.	1	1	1	1.00	Strongly congruence
18. I like reading science books.	1	1	1	1.00	Strongly congruence
19. I would like to do science assignments.	1	1	1	1.00	Strongly congruence
20. Science has important roles in developing my country.	1	1	1	1.00	Strongly congruence
21. If I learn science with something I know or familiar with, these will make me understand science better	1	1	1	1.00	Strongly congruence
Part 3: Students' opinions about traditional Thai music and musical instruments 1-3 Student's learning experience in traditional Thai music and musical instruments	1	1	1	1.00	Strongly congruence
4. Have you ever listened to Thai classical music? Why?	1	1	1	1.00	Strongly congruence
5. If you have a chance to walk pass the traditional Thai music show you will.....	1	1	1	1.00	Strongly congruence
6. Can you play any of traditional Thai musical instruments?	1	1	1	1.00	Strongly congruence
7. Give 3 names of traditional Thai musical instruments that you know for each type of them.	1	1	1	1.00	Strongly congruence

From Table 5, the five experts' opinions indicated that the questionnaire was appropriate and has congruence for the process of trying out. The researcher tried out this questionnaire with 30 non-science upper secondary school students, then, the researcher

improved the questionnaire and got the final version for 250 secondary school non-science students from Bangkok Metropolitan Area and vicinity. The following are the results;

Part 1: General information

The participants' demographic background can be seen in Table 6.

Table 6 Participants' demographic background

Characteristics	Number (%)
Gender	
Male	94 (37.6)
Female	156 (62.4)
Level of study	
Mathayomsuksa 4 (Grade 10)	122 (48.8)
Mathayomsuksa 5 (Grade 11)	79 (31.6)
Mathayomsuksa 6 (Grade 12)	49 (19.6)
Major area of study	
Non-science major focusing on mathematics	157 (62.8)
Non-science major focusing on languages	73 (29.2)
Non-science major focusing on the other areas	20 (8.0)
GPA in science subject	
Lower than 2.00	62 (24.8)
2.00-2.50	94 (37.6)
2.51-3.00	55 (22.0)
3.51-3.50	36 (14.4)
Upper than 3.51	3 (1.2)
Prioritizing science subject	
Science subject is number 1	9 (3.6)
Science subject is number 2	20 (8.0)
Science subject is number 3	19 (7.6)
Science subject is number 4	30 (12.0)
Science subject is number 5	28 (11.2)
Science subject is number 6	45 (18)
Science subject is number 7	68 (27.2)
Science subject is number 8	31(12.4)

From Table 6, according to the participants' demographic background, it was found that among the 250 secondary school non-science students from Bangkok Metropolitan Area and vicinity, there are 94 male and 156 female students, 122 students (48.8%), 79 students (31.6%) and 49 students (19.6%) are studying in Mathayomsuksa 4, 5 and 6 (Grade 10, 11 and 12), respectively. Moreover, 157 students (62.8%) are studying in non-science major specifically emphasizing on mathematics. 73 students (29.2%) are studying in non-science majors particularly emphasizing on languages and 20 students (8.0%) are studying in non-science majors specifically focusing on the other areas of learning. Regarding students' GPA in science subjects, it was found that 62 students (24.8%) earned a GPA in science subjects lower than 2.00. Whereas 94 students (37.6%) earned a GPA in science subjects between 2.00-2.50, 55 students (22.0%) earned a GPA in science subjects between 2.51-3-00, 36 students (14.4%) earned a GPA in science subjects between 3.51-3.50 and only 3 students (1.2%) earned a GPA in science subjects upper than 3.51. The prioritizing of the subject preferences in the eight learning areas found that only 9 students (3.6%) like science subjects the most from the eight learning areas. However, there are more than 150 students arranging science subjects in the fifth to eighth order.

The last question of part one asked non-science upper secondary school students to write short statements in order to explain why they did choose to study in a non-science major. The written responses were coded, counted and calculated into percent as shown in Table 7.

Table 7 Students' opinions why they did choose to study in a non-science major

Statements	Percent (%)
"I like learning languages more than science. I think language is the most important subject to learn and more understandable than science."	26.6
"A non-science major is not so stressful and I do not study hard as much as a science major. This major also has many fun activities compare with a science major."	17.1
"I want to learn foreign languages including culture and also can read, write, speak and listen properly in everyday life and for travelling."	11.2
"A science major is difficult and hard to learn for me."	11.2
"I don't like the mathematical or calculation parts."	10.2
"A non-science major is easier in finding a job and I already have a job I want to be in the future in my mind."	8.9
"I don't like science especially physics, chemistry and biology."	4.9
"I like the arts, drawing, designing etc."	3.6
"I could pass the test to enroll for a non-science major but in a science major, I couldn't."	2.6
"I have no idea why I decide to study in non-science major."	2.3
"I chose a non-science major because my friends chose it."	1.0
"I want a high grade."	0.3
Total	100

From table 7, the students' opinions revealed that they did choose to study in non-science major mostly because they like languages and arts. They have realized that languages and arts are more important and easier than science. Additionally, they think that science is difficult both in the content and calculation parts. Some of them have no plans studying in a non-science major and selected to study because of their friends.

Part 2: Students' opinions about science

This part composed of 21 statements to ask for students' attitude towards science. The data were analyzed by criterion reference method considering the mean values. The results can be seen in Table 8.

Table 8 Non-science students' opinion about science

Statement items	N		Mean	SD	Data Interpretation
	Valid	Missing			
1. I chose to study in non-science major because the science major is difficult.	250	0	4.02	.973	agree
2. I felt happy and fun when I was studying science.	250	0	3.02	.967	uncertain
3. I would like to study other subjects more than science.	250	0	3.79	.976	agree
4. Studying science helps me better learning about natural facts	250	0	4.05	.775	agree
5. Studying science helps me working reasonably.	250	0	3.73	.886	agree
6. Science is the subject which is very useful for everyday life.	250	0	3.79	.878	agree
7. During studying science, I want to make the time pass faster.	250	0	3.50	1.131	agree
8. Science is the subject that promotes creative thinking.	250	0	3.68	.870	agree
9. Science experiments are interesting things for me.	250	0	4.22	.843	agree
10. I feel uncomfortable when I have to answer scientific questions in the class.	250	0	3.48	1.015	uncertain
11. I think I am good in studying science.	250	0	2.96	.823	uncertain
12. Studying science helps me better studying in other subjects.	250	0	2.90	.840	uncertain
13. Science is an interesting, and exciting subject.	250	0	3.57	.976	agree
14. Science museum and exhibition are interesting for me.	250	0	3.80	1.037	agree
15. Learning science make me feel so stressful because it always deals with solving problems.	250	0	3.33	1.067	uncertain
16. I like watching TV programs about science.	250	0	3.64	1.083	agree
17. Science can truly connect with everyday life.	250	0	3.70	.892	agree
18. I like reading science books.	250	0	2.86	1.002	uncertain
19. I would like to do science assignments.	250	0	2.50	.966	uncertain
20. Science has important roles in developing my country.	250	0	3.88	.945	agree
21. If I learn science with something I know or familiar with, these will make me understand science better	250	0	4.04	.825	agree

Table 8 shows that non-science students in this group had negative attitude towards science (Items 1, 3, and 7). Some presented that non-science students had uncertain decisions (Items 2, 10, 11, 12, 15, 18 and 19). However, there are some items showing that non-science students had positive attitudes toward science (Items 4, 5, 6, 8, 9, 13, 14, 16, 17 and 20). This means that non-science students partially like science.

The researcher also conducted in-depth interviews with a three students who reported strong negative attitudes toward science. The students dislike science in four main reasons;

1) Science is difficult and has too many concepts.
2) The calculation parts are hard to follow
3) The figures, graphs, diagram etc. showed in textbook cannot make them to understand science concepts
4) Science in the classroom is totally different from and does not relate to their life

Part 3: Students' opinions about traditional Thai music and musical instruments

This part was composed of seven questions involving non-science upper secondary school students' opinions toward traditional Thai music and musical instruments. The first three questions related directly to students' learning experiences in traditional Thai music and musical instruments. The data was collected quantitatively by using frequency and percent to present the results on Table 9 as following;

Table 9 Students' learning experience in traditional Thai music and musical instruments

Questions	Students' opinions	Number (%)
Question1: Have you ever learn the traditional Thai musical instruments?	Yes, I have.	230 (92.0)
	No, I have not	20 (8.0)
Question 2: When did you start to learn Thai music subject?	Pratomsuksa 1-3 (Grade 1-3)	85 (34.0)
	Pratomsuksa 4-6 (Grade 4-6)	94 (37.6)
	Mathayomsuksa 1-3 (Grade 7-9)	48 (19.2)
	Mathayomsuksa 4-6 (Grade 10-12)	3 (1.2)
Question 3: where is the place that brings you to know traditional Thai music and instruments?	Thai music room at school	228 (47.4)
	Textbooks	108 (22.5)
	Internet	103 (21.4)
	Thai music institute	26 (5.4)
	Others (Festive events, TV, movie etc.)	16 (3.3)

Table 9 presented that most of the students (92%) in this group had learned the traditional Thai musical instruments since they were studying in Pratomsuksa level (Grade 1-6). The most popular place that helps the students to know traditional Thai music and instruments is the Thai music room at school.

The results from questions number 4-7 provides a clear picture about how non-science upper secondary school students think or feel about traditional Thai music and instruments

Question 4: Have you ever listened to Thai classical music? Why?

The results found that 157 students (62.8%) still have occasionally listened to Thai classical music whereas 93 students (37.2%) have not listened to Thai classical music. The reasons come from students' responses from writing short statements. The written responses were coded by finding the keywords from the students' written responses, counted and calculated into percent as can be seen in Table 10-11.

Table 10 The reasons why students HAVE listened to traditional Thai music

The reasons why students HAVE listened to traditional Thai music	**Number (%)**
I like it.	4 (2.4)
Somebody in my family turns on or plays the traditional Thai music.	32 (19.2)
I used to study traditional Thai music subject in school. So, my teacher turns on the songs in the class.	52 (31.1)
School has the activities about traditional Thai music.	13 (7.8)
Traditional Thai music is pleasing music and enjoyable.	19 (11.4)
I have heard from the radio, TV, travel place, temples, restaurants, ceremony and festival.	28 (16.8)
I walk by the music shop.	2 (1.2)
Traditional Thai music reflects Thai culture.	3 (1.8)
I'm a traditional Thai musician/dancer of school.	4 (2.4)
I used to learn and play traditional Thai musical instruments before.	5 (3.0)
Teacher forced me to do the report about traditional Thai music.	2 (1.2)
It is outlandishly good.	2 (1.2)
Traditional Thai music can adapt to universal musical instruments.	1 (0.6)
Total	167 (100.0)

Table 10 presents the responses of 157 students who have listened to traditional Thai music. Most of the students in this group listened to traditional Thai music by chance, for instances, 52 responses (31.1%) have listened to Traditional Thai music from the class, 32 responses (19.2%) have listened to Traditional Thai music because somebody in their

family turns on or plays the traditional Thai music, 28 responses (16.8%) have heard this kind of music from mass media communication, public places and ceremony. However, there are four responses have listened to traditional Thai music because they like it.

Table 11 The reasons why students HAVE NOT listened to traditional Thai music

The reasons why students HAVE NOT listened to traditional Thai music	**Number (%)**
I don't like it.	38 (32.8)
I like the other kinds of music. (Thai-universal music, universal music, classics)	19 (16.4)
It's hard to find traditional Thai music because it's not currently popular.	18 (15.5)
I don't understand the meaning of the songs.	2 (1.7)
It's not important and so out of date.	5 (4.3)
I'm not interested in traditional Thai music.	14 (12.1)
I don't really care about traditional Thai music.	1 (0.9)
I feel sleepy every time I listen to it.	6 (5.2)
It's kind of boring.	6 (5.2)
I have no idea what songs I should listen.	1 (0.9)
It's ridiculous.	2 (1.7)
I have no time.	4 (3.4)
Total	116 (100.0)

Table 11 showed the responses of 93 students who have not listened to traditional Thai music. Unfortunately, all of students' responses in this group presented that they have no interest in traditional Thai music, for instance, 38 responses (32.3%) have not listened to Traditional Thai music because they do not like it, 19 responses (16.4%) like other kinds of music, 18 responses (15.5%) think that traditional Thai music is not popular and boring, respectively.

Question 5: On your free day, if you walk pass Thai traditional ensemble ceremony, what would you do? and Why?

The results found that 148 students (59.2%) will attend the ceremony whereas 102 students (40.8%) will not attend the ceremony. The written responses were coded by finding the keywords from the students' written responses, counted and calculated into percent as can be seen in Table 12-13.

Table 12 The reasons why students WILL attend to the ceremony

The reasons why students WILL attend to the ceremony	Number (%)
I admire traditional Thai music and instruments.	14 (8.6)
It is interesting. I want to know how well of the traditional Thai musicians and how much they love Thai music.	43 (26.4)
There is nothing wrong to attend the ceremony.	4 (2.5)
It is interesting. Somehow, I want to learn it.	22 (13.5)
It is rare to listen to Thai classical songs and attend the ceremony.	10 (6.1)
I would like to see the real original traditional Thai music and instruments.	14 (8.6)
I maybe stop by for a while and then go somewhere.	5 (3.1)
I would like to memorize the performance. I might use it one day for my own performance.	1 (0.6)
This is Thai precious art. We have to preserve it.	10 (6.1)
They might have not only Thai music but also other performance.	10 (6.1)
I would like to see the instruments that I have not known it before.	4 (2.5)
I like clouded place.	1 (0.6)
I do not know where to go.	10 (6.1)
It probably makes me interest in traditional Thai music and instruments.	4 (2.5)
I would like to know who the musicians are.	8 (4.9)
They maybe have some food in the ceremony.	2 (1.2)
Someone forces me to attend.	1 (0.6)
Total	163 (100.0)

The results from Table 12 present the responses of 148 students who will attend to the traditional Thai music ceremony. There are 42 students' responses (26.4%) showing that they are interested attending the ceremony and want to know how well of the traditional Thai musicians and how much they love Thai music. Twenty two responses (13.5%) revealed that they attended the ceremony because they might learn the traditional Thai musical instruments in the future, 10 responses (6.1%) realized that traditional Thai music is a precious art and should be preserved. However, there are some negative responses for attending the ceremony, for instance, the students do not know anywhere else to go and the ceremony may be has other performances.

Table 13 The reasons why students WILL NOT attend to the ceremony

The reasons why students WILL NOT attend to the ceremony	Number (%)
I do not like traditional Thai music and instruments.	33 (29.7)
No interest in this field.	30 (27.0)
I already attend once last time.	1 (0.9)
It is bored.	13 (11.7)
It is so sleepy.	4 (3.6)
I like universal music and instruments.	7 (6.3)
I better go somewhere else.	6 (5.4)
I'm a lazy person.	2 (1.8)
I do not like clouded place.	4 (3.6)
It wastes my time.	4 (3.6)
Traditional Thai music terrifies me.	2 (1.8)
This is so ridiculous.	2 (1.8)
This is old-fashion and should be abolished.	1 (0.9)
I do not want to listen to it.	2(1.8)
Total	111 (100.0)

The results from Table 13 present the responses of 102 students who will not attend to the traditional Thai music ceremony. There are 33 responses (29.7%) revealing that they do not like traditional Thai music and instruments, 30 responses (27%) showed that they have no interest in Traditional Thai music and instruments. Moreover, 13 responses (11.7%) thought that traditional Thai music and musical instruments are boring and students also have negative responses in many reasons, for examples, the traditional Thai music and instruments are the waste of time, ridiculous and they like universal music and instruments more.

Question 6: Can you play any of Traditional Thai music instruments?

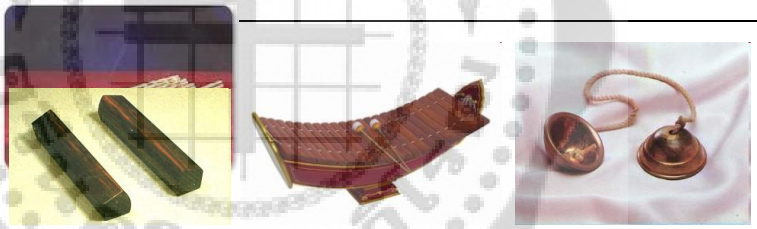
The data shows that 44 students (17.6%) can still play at least one instrument, 134 students (53.6%) used to play traditional Thai musical instruments but not do so anymore and 72 students (28.8%) have never played any of traditional Thai musical instruments.

Question 7: Can you give three names of traditional Thai musical instruments that you know for each type of them?

The results revealed top three instruments of each kind of traditional Thai musical instruments as the following;

Table 14 Types of instruments and the students' views of the top three traditional Thai musical instruments

Types of instruments and the top three	Percent (%)
Stringed Instruments	
1. Saw-dûa-ng	26.7
2. Saw-û-	23.5
3. Jàkhây-	20.1
Wind instruments	
1. Khlùi	48.0
2. Pì-nâw-k	40.0
3. Khae-n	10.0
Percussion Instrument	
1. Gràp sây-pha-	20.7
2. Ránâ-t ày-k	19.4
3. Chìng	17.4



From Table 14, the top three stringed instruments that students knew were Saw-dûa-ng (26.7%), Saw-û- (23.5%), and Jàkhây- (20.1%). The top three wind instruments were Khlùi (48%), Pì-nâw-k (40%), and Khae-n (10.0%). The top three percussion instruments that students knew were Gràp sây-pha- (20.7%), Ránâ-t ày-k (19.4%), and Chìng (17.4%), respectively.

Phase 2: Developing the course

The researcher designed and developed a draft SoSTI course that was composed of three important parts:

Part 1: Developing course outline and creating the whole course structure by using 7 steps of Taba's curriculum development (1962: 9-14);

1. **Diagnosis of needs**: The researcher analyzed and summarized all data from phase 1 to diagnose the needs of the course and found that;
   1) The current Thai science content areas from basic core curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008) divided into eight strands which are;
      - Living things and processes of life
      - Life and the environment
      - Substances and properties of substances
      - Forces and motion
      - Energy
      - Change process of the Earth
      - Astronomy and space:
      - Nature of science and technology

      Based on the eight strands, for students in upper secondary school students, there are three main subjects in school underneath the science strands physics, chemistry, and biology. Whether the non-science students like or dislike science, they are still required to enroll courses in science which are quite not suitable for them (Chaninan Pruekpramool. et al., 2011)
   2) Many concepts in science are abstract which is difficult to find suitable instructional strategies for various learning styles of the students. The science of sound is important and a difficult concept to understand.
   3) The science of sound and music are closely related to each other. Moreover, many research revealed that the musical instruments can provide many comprehensible examples to explain the science of sound concept.
   4) From the survey research found that the numbers of Thai young generation who interested in traditional Thai music and musical instruments continually decrease. They have been influenced strongly by universal music and modern music. They are not aware of Thai precious culture and tradition emphasizing traditional Thai music and musical instruments. Therefore, we need to promote and convince our young generations to be much more aware of and cherish our cultural heritage.
2. **Formulation of objectives**: The objectives of the SoSTI course corresponding to data and information from phase one and also the Basic Education Curriculum B.E. 2551 (2008) which are;

1) To promote students' understanding of the science of sound in traditional Thai musical instrument concept
2) To promote students' scientific creativity and attitude toward science
3) To convince Thai students to become aware of precious Thai culture and tradition emphasizing traditional Thai musical instruments
4) To promote the using of the science of sound in traditional Thai musical instruments course (SoSTI course) in order to use this course with non-science upper secondary school students

3. **Selection of content**: The researcher used Interdisciplinary Concept Model developed by Jacob (1989) to create the organizing theme and content of the course as shown in Figure 1. The associated ideas came from Physics (sound concept), Music content (traditional Thai music and musical instruments), Mathematics (measurement, equations of sound wave), Chemistry (matter and materials), Biology (Hearing process and some part of human body) and Human culture.

4. **Organization of content**: The researcher constructs and arranges the content of the course and creates the course syllabus and the time requirments for each topic. The course content of the SoSTI course consists of;

1) Introduction of the science of sound
2) Introduction of traditional Thai musical instruments
   - Stringed instruments: Saw-û-, Saw-dûa-ng and Jàkhây-
   - Wind instruments: Khlùi, Pì-nâw-k and Pì-cháwa-
   - Percussion instruments: Gràp sây-pha-, Ránâ-t ày-k, Tà pho-n, Kháw-ng wong yài and Chìng
3) The system of sound in traditional Thai musical instruments
4) The science of sound in traditional Thai stringed instruments
5) The science of sound in traditional Thai wind instruments
6) The science of sound in traditional Thai percussion instruments
7) Making traditional Thai musical instruments

The course syllabus and whole structure of The SoSTI course is in Appendix B.

5. **Selection of learning experiences**: The researcher chose various teaching approaches based on the constructivist theory by concerning suitability and

appropriateness for non-science upper secondary school students for examples group works, experimenting, role-play, games etc.

6. **Organization of learning experiences**: To organize the students' learning experience, the researcher used 5E learning cycle as strategy of teaching and learning process in the classroom.
7. **Determination of what to evaluate and of the ways and means of doing it**: The researcher created the course evaluation form. The five experts verified the content validity and appropriateness of the SoSTI course by using IOC (Index of Congruence) as can be seen in Table 15.

Table 15 Index of congruence to verify content validity and appropriateness of the SoSTI course by 5 experts

Lists of evaluation	Five experts scores					Congruence scores	Results
	1	2	3	4	5		
1. The significance and principle of the course	1	1	1	0	1	0.80	Strongly congruence
2. The significance and goals of the course	1	1	1	0	1	0.80	Strongly congruence
3. The principle and goals of the course	1	1	1	0	1	0.80	Strongly congruence
4. The goals and the objectives of the course	1	1	1	1	1	1.00	Strongly congruence
5. Unit explanation and content	1	1	0	0	1	0.60	congruence
6. Lesson plans and expected learning outcome	1	1	1	1	1	1.00	Strongly congruence
7. Learning approach and learning objectives	1	1	0	1	1	0.80	Strongly congruence
8. Learning assessment and learning objectives	1	1	1	1	1	1.00	Strongly congruence
9. Learning assessment and learning process	1	1	0	1	1	0.80	Strongly congruence
10. Educational aids and resources and learning process	1	1	1	1	1	1.00	Strongly congruence

Table 15 presented that the five experts have congruence in all items. This means the structure of the SoSTI course is appropriate and has consistency.

Part 2: Developing instructional materials which are the teacher's handbook, and student's handbook of the SoSTI course.

The researcher designed the outline of the teacher's handbook and student's handbook. The teacher's handbook and student's handbook were verified by five experts by using Index of Congruence (IOC). The evaluation form for the teacher's handbook and student's handbook were divided into three parts, knowledge papers, lesson plans, and the overall assessment. The IOC can be seen in Table 16, 17 and 18, respectively.

Table 16 Index of congruence from five experts for knowledge papers

Lists of evaluation	Congruence scores from five experts													
	Chapter 1		Chapter 2		Chapter 3		Chapter 4		Chapter 5		Chapter 6		Chapter 7	
1. The content is accurate.	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC
2. The content has clear explanation involve directly with the science of sound in traditional Thai musical instruments.	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC
3. Content is sorted properly.	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC
4. Figures, graphs, tables and diagrams are suitable and make comprehensive understanding.	0.40	M	0.60	C	0.40	M	0.80	SC	0.80	SC	0.80	SC	0.80	SC
5. Formula and mathematics section has clear explanation and is understandable.	0.80	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC
6. The vocabulary is suitable for level of students.	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	0.80	SC	1.00	SC	1.00	SC
7. Content difficulty is suitable for non-science upper secondary school students.	0.40	M	0.80	SC	0.60	C	0.80	SC	0.80	SC	0.80	SC	0.80	SC
8. The number of content is suitable, no more or less	0.80	SC	0.80	SC	0.80	SC	0.80	SC	0.80	SC	0.80	SC	0.80	SC

**SC = Strongly Congruence, C = Congruence, M = Have to Modify

From Table 16, there are some of lists of evaluation that the researcher has to modify which are the figures, graphs and diagrams from chapter 1 and 3 and also content difficulty from chapter 1. The researcher had reconsidered and revised under the guidance of the experts.

Table 17 Index of congruence from five experts for lesson plans

Lists of evaluation	Congruence scores from five experts															
	LP.1		LP.2		LP.3		LP.4		LP.5		LP.6		LP.7		LP.8	
1. Learning objectives correspond to leaning indicator and goals of the course.	0.60	C	0.60	C	0.60	C	0.60	C	0.60	C	0.60	C	0.60	C	0.60	C
2. Learning process corresponds to and is suitable for learning objectives.	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC
3. Instructional materials are suitable for learning objectives.	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC
4. Worksheets correspond to learning process and content.	0.80	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC
5. Assessment and evaluation are suitable for learning process,	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC	1.00	SC
6. Time arranging corresponds to content and level of students.	0.80	SC	0.80	SC	0.80	SC	0.80	SC	0.80	SC	0.80	SC	0.80	SC	0.80	SC

**LP. = Lesson Plan, SC = Strongly Congruence, C = Congruence, M = Have to Modify

From Table 17, the congruence scores presented that the five experts have congruence in all items. This means the lesson plans of the SoSTI course is appropriate and has consistency.

Table 18 Index of congruence from five experts for the overall assessment

Lists of Evaluation	Congruence scores from five experts			
	Teacher's handbook		Student's handbook	
1. Letter fonts used are suitable and easily readable.	0.60	C	0.80	SC
2. Size of handbooks in suitable.	1.00	SC	1.00	SC
3. Handbooks have explicit content and easy to find the needed pages.	1.00	SC	1.00	SC
4. The design is interesting and attractive.	1.00	SC	1.00	SC
5. The figures used are suitable and interesting.	0.80	SC	0.80	SC
6. The content ordering is easily comprehensible.	1.00	SC	1.00	SC
7. The content promotes students to become aware of and cherish Thai focusing on traditional Thai music and instruments.	0.80	SC	0.80	SC
8. The content is useful and can be used in real life.	1.00	SC	1.00	SC

**SC = Strongly Congruence, C = Congruence, M = Have to Modify

Table 18 presented that the five experts have congruence in all items. This means the SoSTI course is appropriate in content, design, and format.

Part 3: Preparing research instruments

The researcher developed research instruments used in this study and some of them are modified from authorized instruments. The research instruments compose of;

1. Students' scientific creativity test
2. Students' attitudes toward science questionnaire
3. The science of sound understanding test
4. The questionnaire concerning students' awareness in traditional Thai musical instruments

The research instruments are verified by five experts by using Index of Congruence (IOC) for content validity as shown in Table 19.

Table 19 Index of congruence from five experts for the research instruments

Lists of evaluation	Five experts scores					Congruence scores	Results
1. Students' attitudes toward science questionnaire	1	1	1	1	1	1.00	SC
2. Students' scientific creativity test	1	1	1	1	1	1.00	SC
3. The science of sound understanding test	1	1	1	1	1	1.00	SC
4. The questionnaire concerning students' awareness in traditional Thai musical instruments	1	1	1	1	1	1.00	SC

**SC = Strongly Congruence, C = Congruence, M = Have to Modify

The congruence scores from Table 19 shows that the five experts have strong congruence in all research instruments used in the SoSTI course.

The researcher tried out these research instruments with 30 non-science upper secondary school students in Bangkok Metropolitan area and vicinity and calculated the reliability from Cronbach α-coefficient by using SPSS version 16. The reliability of research instruments can be seen in Table 20.

Table 20 Reliability of research instruments

Research instrument	Reliability
Students' attitudes toward science questionnaire	0.855

From Table 20, the reliability from Cronbach's alpha coefficient presents that the research instruments used in this study have high level of reliability.

Phase 3: Conducting pilot study

Regarding to the experts' comments and suggestions, the researcher revised the first draft curriculum and then applied the revised one into the classroom in order to obtain

the feedback from the students as well as some information that was useful for the next revision after the pilot study.

For the pilot study, the four unit lessons of the SoSTI course were used with 55 non-science students in Matthayomsuksa 5 (grade 11) at Satthasamut School, Samut Songkhram province during the first semester of 2010 academic year.

A four-category-problem, namely Time consumption, Teaching and learning processes, and Instructional materials, was found from the pilot study. The detail of each category is the following;

1) Time arrangement

Time arrangement for each lesson was revised as shown in Table 21.

Table 21 The revision of the time used in lesson plans

Learning lessons	Lesson Plans	Number of period used	
		1st draft	Revised one
PRE-TEST	-	-	3
(1) Introduction of the science of sound	1,2	4	6
(2) Introduction of traditional Thai musical instruments	3	2	4
(3) The system of sound in traditional Thai musical instruments	4	2	2
(4) The science of sound in traditional Thai stringed instruments	5	3	6
(5) The science of sound in traditional Thai wind instruments	6	3	6
(6) The science of sound in traditional Thai percussion instruments	7	3	6
(7) Making traditional Thai musical instruments	8	3	4
POST-TEST	-	-	3
Total	8	21	40

From Table 21, time arrangement for some experiments and activities in SoSTI course needed to be revised. For example, some activities need more time for students to write the worksheets and summarize and because of the limitation of materials and equipment, students spent more time for waiting for their turn to use the equipment. In

addition, non-science students need more time to understand and to complete some calculations.

2) Teaching and learning process

According to the class size (55 students), there were too many students in a group and that made the classroom crowded. This resulted in difficulty for the teacher to control the class especially when discussions or presentations were carried out. Among the above situations, it was also found that students had problems in expressing their idea to the class. However, the students really enjoyed the activities and experiments in the SoSTI course.

3) Instructional materials and equipment

Some instructional materials and equipment were not enough for every student. Additionally, durability of some demonstrative equipment was not good enough to be touched and played with by all students.

After conducting the pilot study, the researcher revised the student's handbook, the teacher's handbooks as well as all of assessment forms. The dissertation advisors verified and amended the revisions and this made the SoSTI course completed for implementation.

Phase 4: Implementation and evaluation

The complete revision of the SoSTI course was implemented to the 35 non-science upper secondary school students in Matthayomsuksa 6 (Grade 12) who were studying in the second semester of the 2010 academic year at Rattanakosin Sompoch Bangkhen School, Bangkok. The SoSTI course is a two periods per week elective course and was implemented for 4 months from November 2010 to February 2011.

The researcher, as a teacher, collected data by using; 1) Students' scientific creativity test, 2) Students' attitudes toward science questionnaire, 3) The science of sound understanding test, and 4) The questionnaire concerning students' awareness in traditional Thai musical instruments. The gathered data were analyzed by t-test for dependent sample (paired sample t-test) via SPSS version 16. The data were analyzed follow to the hypotheses as the following:

Hypothesis 1: After complete the SoSTI course, the students' scientific creativity increase.

The researcher adapted the students' scientific creativity test under the authorization from Adolescent Scientific creativity Test (ASCT) (Hu & Adey, 2002) designed for specifically secondary school students. The various activities and experiments used in the

SoSTI course entirely promote students' scientific creativity. The students' scientific creativity Test composed of 7 tasks. Scores for each task came from frequencies, percentages, and probability in different scientific creativity skills, ideational fluency, the flexibility, and the originality. The pretest and posttest scores were analyzed by paired sample t-test both of items paired analysis and holistic analysis. The correlation between the pretest and posttest in each task can be seen in Table 22.

Table 22 Paired sample correlation pretest and posttest in each task

Pairs	Paired Samples Correlations	N	Correlation	Sig.
1	Item 1 Pre and Post-test (Glass)	35	.341	.045
2	Item 2 Pre and Post-test (Planet)	35	.437	.009
3	Item 3 Pre and Post-test (Bicycle)	35	.288	.094
4	Item 4 Pre and Post-test (Gravity)	35	-.007	.970
5	Item 5 Pre and Post-test (Square)	35	.507	.002
6	Item 6 Pre and Post-test (Tissue paper)	35	.298	.082
7	Item 7 Pre and Post-test (Mango picking machine)	35	.263	.127

From Table 22, the correlation between pretest and posttest in each items presented that task 1, 2, 3, 5, 6, and 7 have the relation in the same direction and task 4 has the relation in opposite direction.

Test of hypothesis 1: The results of the students' scientific creativity pretest and posttest scores using paired-samples t-test is shown in Table 23 and 24.

Table 23 Paired sample t-test for pretest and posttest in each task

Pairs	Paired items analysis	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
1	Item 1 Pre and Post-test (Glass)	-2.8857	4.6067	.7787	-4.4682	-1.3033	-3.706	34	.001
2	Item 2 Pre and Post-test (Planet)	-.7143	6.4743	1.0943	-2.9383	1.5097	-.653	34	.518
3	Item 3 Pre and Post-test (Bicycle)	-5.2286	6.6998	1.1325	-7.5300	-2.9271	-4.617	34	.000
4	Item 4 Pre and Post-test (Gravity)	-2.5429	5.9228	1.0011	-4.5774	-.5083	-2.540	34	.016
5	Item 5 Pre and Post-test (Square)	-.4571	5.3925	.9115	-2.3095	1.3952	-.502	34	.619
6	Item 6 Pre and Post-test (Tissue paper)	-2.1429	3.7896	.6406	-3.4446	-.8411	-3.345	34	.002
7	Item 7 Pre and Post-test (Mango picking machine)	-6.8857	7.3596	1.2440	-9.4138	-4.3576	-5.535	34	.000

Table 24 Overall paired sample t-test for pretest and posttest for students' scientific creativity

Paired analysis	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Sum Pre-Creativity scores and Sum Post-creativity scores	-20.857	25.197	4.259	-29.513	-12.202	-4.897	34	.000

From Table 24, the t-value is at α=.05 and degree of freedom of 34, the t-value from SPSS indicated that t is equal to absolute value of - 4.897. The t-test scores of students' scientific creativity presented that the mean scores are significantly different at the .05 level. Consequently, the students' scientific creativity is significantly increased. The students' scientific creativity pretest and posttest scores can be seen in Figure 21.

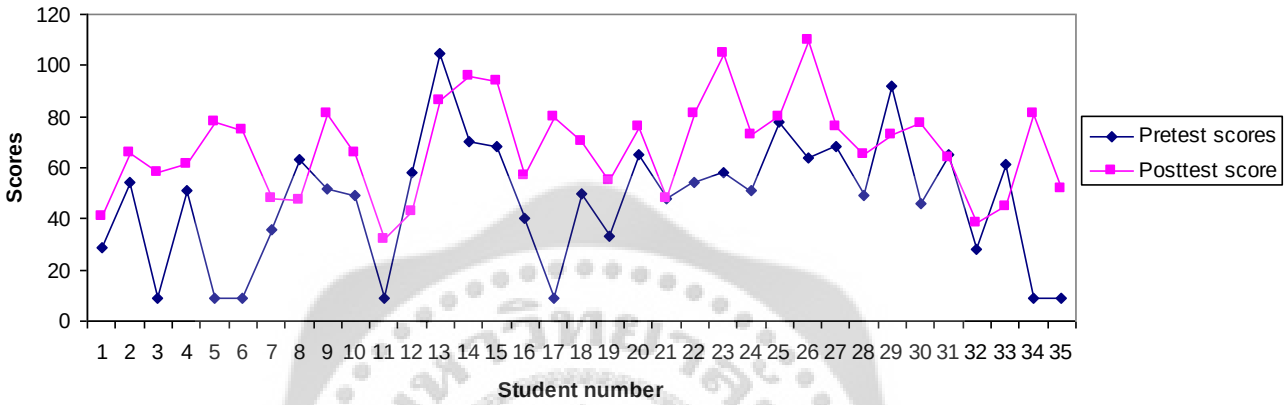


Figure 21 The students' scientific creativity pretest and posttest scores

Hypothesis 2: The students' posttest score in understanding in the science of sound content is higher than the pretest one.

The researcher evaluated students' understanding in the science of sound content before and after taking the course by statistic t-test for dependent sample (paired-samples t-test) and the results are shown in Table 25.

Table 25 Overall paired sample t-test for pretest and posttest for students' understanding in the science of sound content

Paired analysis	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Sum Pretest and Posttest understanding score	-4.7143	4.7392	.8011	-6.3423	-3.0863	-5.885	34	.000

From Table 25, the t-value is at α=.05 and degree of freedom of 34, the t-value from SPSS indicated that t is equal absolute value of minus 5.885. The t-test scores of students' understanding the science of sound content indicated that the mean scores are significantly different at the .05 level. This means that the students' understanding the science of sound content was significantly increased after taking the SoSTI course. The students' understanding the science of sound content pretest and posttest scores can be seen in Figure 22.

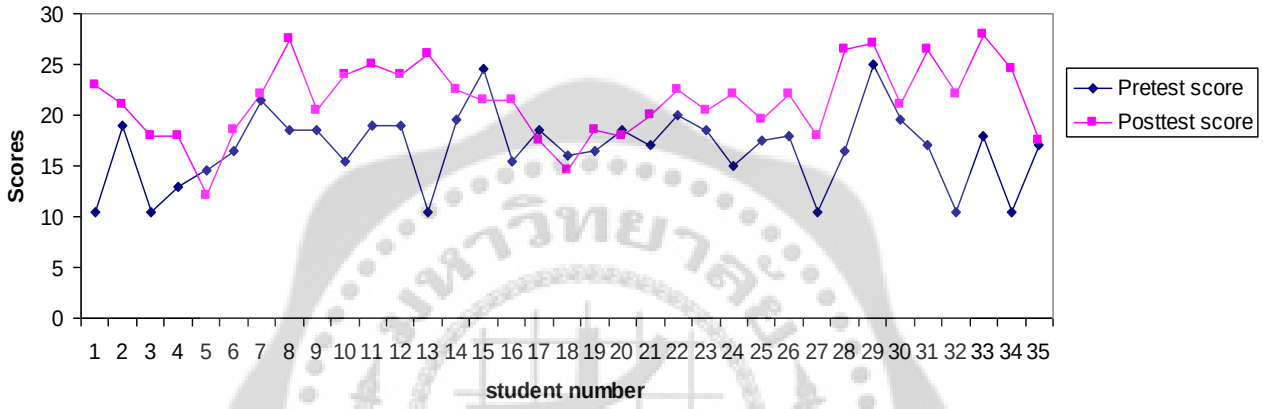


Figure 22 The students' pre and post-test score in understanding in the science of sound content

From Figure 22, the students' pretest papers in understanding in the science of sound content presented that students had some knowledge about science of sound before studying from the SoSTI course. Almost all of the knowledge they had was based on their own experiences, for example, the students knew that the size of the instruments have influenced to the sound that the instruments produced, they knew that the stringed-instrument has higher tone when the string has more tension. However, from the pretest scores, there were many topics in sound that they had difficulties, for instances, they did not know the scientific vocabulary in the science of sound concepts and their meanings, and they did not know how to calculate the wave equation.

The students' post-test papers in understanding the science of sound content revealed that students had more knowledge about science of sound content, for instances, they knew more about the scientific vocabulary used in this topic, they knew how to relate the science of sound to their life situations, and most of students knew how to calculate

from the wave equation. However, the students still had difficulty in subjective tests. The students had difficulty explaining the answers that they write down in the short answers.

Hypothesis 3: The students' attitude toward science at the end of the course is positive.

The researcher assessed students' attitude toward science before and after taking the course by using scientific attitude test adapted from Scientific Attitude Inventory (SAI II) (Richard & Foy, 1997) under the authorization. Statistic t-test for dependent sample (paired-samples t-test) was used and the results are revealed in Table 26.

Table 26 Overall paired sample t-test for pretest and posttest for students' attitude toward science

Paired analysis	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Sum Pretest and Posttest students' scientific attitude toward science	-.09514	.39559	.06687	-.23103	.04075	-1.423	34	.164

The t-value at α=.05 and degree of freedom of 34 from Table 26, the t-value from SPSS indicated that t equals absolute value of - 1.423. The t-test scores of students' attitude toward science showed that the mean scores are not significantly different at the .05 level. As a result, the students' attitude toward science is not explicitly change after they learned from the SoSTI course. The students' attitude toward science pretest and posttest scores is shown in Figure 23.

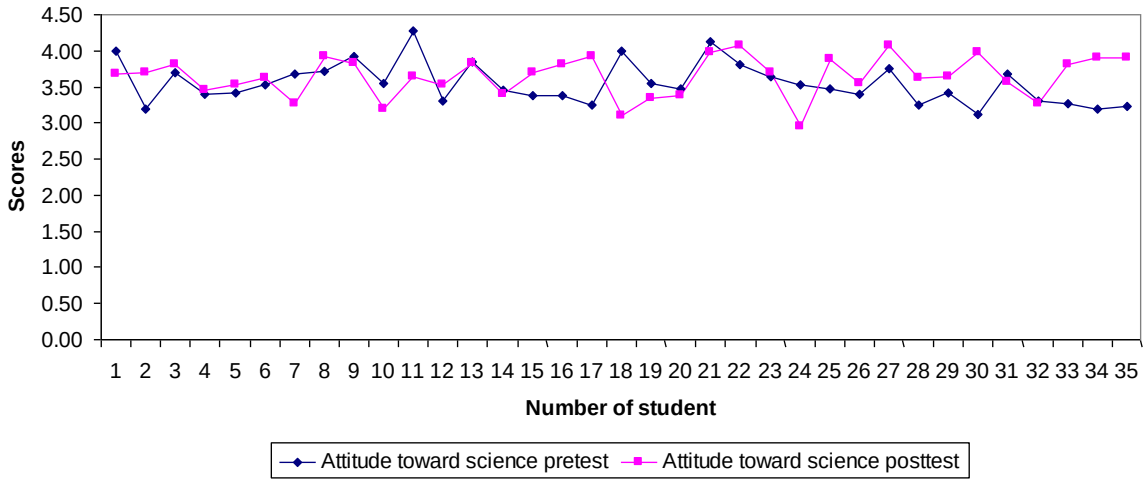


Figure 23 The students' pre and post-test score in attitude toward science

Moreover, to compare students' attitude toward science before and after taking the SoSTI course, the researcher additionally analyzed students' attitude toward science in each item of the test. The scientific attitude toward science test composed of 40 items. The result of item analysis of the test was evaluated by paired-samples t-test as shown in Table 27.

Table 27 The result of item analysis of the students' scientific attitude test

Item statements	N	PRE-TEST			POST-TEST		
		Mean	Median	Std. Deviation	Mean	Median	Std. Deviation
1. I would enjoy studying science.	35	3.17	3.00	.891	3.43	3.00	.778
2. Anything we need to know can be found out through science.	35	3.57	4.00	.655	4.11	4.00	.631
3. It is useless to listen to a new idea unless everybody agrees with it.	35	2.80	3.00	1.079	3.03	3.00	1.124
4. Scientists are always interested in better explanations of things.	35	3.94	4.00	.684	4.06	4.00	.725
5. If one scientist says an idea is true, all other scientists will believe it.	35	3.03	3.00	.954	2.91	3.00	1.011
6. Only highly trained scientists can understand science.	35	2.91	3.00	1.121	3.06	3.00	1.110

Table 27 (continued)

Item statements	N	PRE-TEST			POST-TEST		
		Mean	Median	Std. Deviation	Mean	Median	Std. Deviation
7. We can always get answers to our questions by asking a scientist.	35	3.20	3.00	.797	3.60	4.00	.847
8. Most people are not able to understand science.	35	3.06	3.00	1.083	3.11	3.00	1.051
9. Electronics are examples of the really valuable products of science.	35	4.37	5.00	.731	4.46	5.00	.741
10. Scientists cannot always find the answers to their questions.	35	4.09	4.00	.742	4.03	4.00	.923
11. When scientists have a good explanation, they do not try to make it better.	35	2.74	3.00	1.010	2.80	3.00	1.256
12. Most people can understand science.	35	3.51	3.00	.951	3.89	4.00	.796
13. The search for scientific knowledge would be boring.	35	2.54	2.00	1.067	2.46	3.00	1.120
14. Scientific work would be too hard for me.	35	3.14	3.00	1.141	3.03	3.00	1.043
15. Scientists discover laws which tell us exactly what is going on in nature.	35	3.97	4.00	.618	4.03	4.00	.664
16. Scientific ideas can be changed.	35	4.26	4.00	.657	4.06	4.00	.639
17. Scientific questions are answered by observing things.	35	4.06	4.00	.684	3.97	4.00	.923
18. Good scientists are willing to change their ideas.	35	3.71	4.00	.750	3.97	4.00	.822
19. Some questions cannot be answered by science.	35	3.91	4.00	1.011	3.89	4.00	.963
20. A scientist must have a good imagination to create new ideas.	35	4.06	4.00	.968	3.94	4.00	1.027
21. Ideas are the important result of science.	35	4.03	4.00	.785	4.03	4.00	.785
22. I do not want to be a scientist.	35	3.60	4.00	1.218	3.49	3.00	1.011
23. People must understand science because it affects their lives.	35	4.03	4.00	.664	4.00	4.00	.642
24. A major purpose of science is to produce new drugs and save lives.	35	3.57	4.00	1.065	3.46	3.00	1.172

Table 27 (continued)

Item statements	N	PRE-TEST			POST-TEST		
		Mean	Median	Std. Deviation	Mean	Median	Std. Deviation
25. Scientists must report exactly what they observe.	35	4.17	4.00	.747	4.34	5.00	.802
26. If a scientist cannot answer a question, another scientist can.	35	3.37	4.00	1.165	3.77	4.00	.843
27. I would like to work with other scientists to solve scientific problems.	35	3.11	3.00	1.078	3.43	3.00	1.170
28. Science tries to explain how things happen.	35	4.26	4.00	.741	4.31	4.00	.676
29. Every citizen should understand science.	35	3.91	4.00	1.040	3.94	4.00	.873
30. I may not make great discoveries, but working in science would be fun.	35	3.57	4.00	1.008	3.83	4.00	.985
31. A major purpose of science is to help people live better.	35	3.86	4.00	.879	4.00	4.00	.767
32. Scientists should not criticize each other's work.	35	3.60	4.00	1.063	3.57	3.00	1.065
33. The senses are one of the most important tools a scientist has.	35	3.97	4.00	.923	4.06	4.00	.873
34. Scientists believe that nothing is known to be true for sure.	35	3.51	4.00	1.011	3.51	3.00	.919
35. Scientific laws have been proven beyond all possible doubt.	35	4.09	4.00	.702	4.03	4.00	.707
36. I would like to be a scientist.	35	2.37	3.00	1.003	2.89	3.00	.993
37. Scientists do not have enough time for their families or for fun.	35	3.00	3.00	.874	3.09	3.00	1.067
38. Scientific work is useful only to scientists.	35	2.29	2.00	1.226	2.17	2.00	.985
39. Scientists have to study too much.	35	3.71	4.00	1.017	3.74	4.00	.886
40. Working in a science laboratory would be fun.	35	3.89	4.00	1.207	4.29	5.00	.926

From Table 27, the result from item analysis of the students' scientific attitude test presented that students has increased in some items (Items 2, 7, 26, 27, 36 and 40). However, the majority of the results in each of the item revealed that the students' attitude toward science had increased but were not explicitly changed.

The item analysis of students' attitude toward science pretest and posttest scores can be seen in Figure 24.

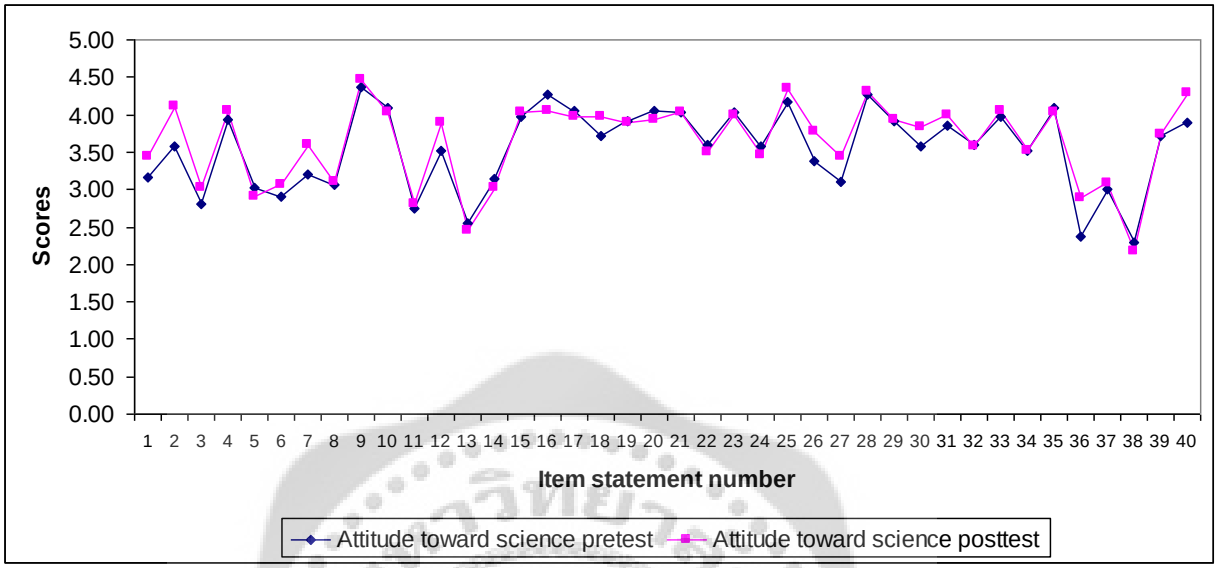


Figure 24 The item analysis of students' attitude toward science pretest and posttest scores

The researcher evaluated item analysis (N=40 items) of students' attitude toward science before and after taking the SoSTI course. Statistic t-test for dependent sample (paired-samples t-test) was used and the results can be seen in Table 28.

Table 28 The item analysis paired sample t-test for pretest and posttest for students' attitude toward science

Paired analysis	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Item analysis for pre and post-test scores	-.09600	.19235	.03041	-.15752	-.03448	-3.157	39	.003

The t-value at α=.05 and degree of freedom of 39 from Table 28, the t-value from SPSS indicated that t equal to absolute value of - 3.157. The t-test scores of students' attitude toward science presented that the mean scores are significantly different at the .05 level by using item analysis. Therefore, the students' attitude toward science is change after they learned in the SoSTI course.

Hypothesis 4: The students have become more aware of Thai culture and tradition especially traditional Thai musical instruments after completing the course.

According to the researcher's original idea, the students' awareness of Thai culture and tradition especially about traditional Thai musical instruments were planned to be analyzed from the structured interview by selecting 5-10 randomly to give the researcher about their opinions before and after taking the SoSTI course. However, because of the time limitations, the researcher decided to put all questions from the structured interview form into a questionnaire and let the students write down what they individually thought about traditional Thai music and musical instruments. For analyzing, the researcher used coding technique and triangulation process by the researcher and two investigators.

The questionnaires were divided into pre-questionnaire and post-questionnaire to ask for students' opinions in awareness of Thai culture and tradition. The results can be seen in the following.

Table 29 Students' opinions toward Thai culture focusing on traditional Thai music and musical instruments before completing the course

Questions	Students' opinions	Number (%)
1. Students' first thought to the word "traditional Thai music"	Traditional Thai musical instruments	18(64.3)
	Traditional Thai performing and dancing art	3(10.7)
	Identity and uniqueness of Thailand	1(3.6)
	Melodious sound of traditional Thai musical	3(10.7)
	Traditional Thai songs	1(3.6)
	Name if the main actor in the movie, "Khun In"	1(3.6)
	Traditional Thai music ensembles	1(3.6)
	Total	28(100.0)

Table 29 (continued)

Questions	Students' opinions	Number (%)
2. Students' opinions about how important of traditional Thai music and musical instruments and students' interests in traditional Thai music and musical instruments	It is important in order to produce good melodious, rhythms, and sound.	3(10.3)
	It represents the identity, culture, and fascination of Thailand.	20(69.0)
	It is one of traditional Thai performing arts.	2(6.9)
	Activities of Thai people in the past.	1(3.5)
	It is the pride of Thailand.	1(3.5)
	It can use to be the talent for further study in university level.	1(3.5)
	We should study and learn traditional Thai music and musical instruments.	1(3.5)
	Total	29(100.0)
3. What levels do you think you have attentiveness and interest in traditional Thai music and musical instruments? (high, medium, or low)	High level because	3(10.7)
	- Traditional Thai music and musical instruments have beautiful sound.	1
	- I want to learn traditional Thai musical instruments.	2
	Medium level because	18(64.3)
	- I used to play traditional Thai musical instruments but rarely have chance to practice it.	4
	- This is knowledge that can use in everyday life	1
	- There are some instruments that we should try to play.	2
	- They have good melodious but I cannot listen to it for long.	
	- I do not play any of them.	1
	- There are many instruments that I do not know.	
	- I have listened to it every day.	2
	- I rarely have chance listening to it.	1
	- I do not like listening to traditional Thai music and do not like some of instruments.	1
		1
	- I want to learn traditional Thai musical instruments but have rarely chance to learn it seriously.	3
		3
	Low level because	7(25.0)
	- Traditional Thai songs make me feel sleepy.	1
	- Traditional Thai musical instruments are difficult to play.	2
	- I do not like listening to it and I like other kinds of music.	3
	- I do not play any of them.	3
	- I rarely have chance learning or playing it.	2

From the pre-questionnaire asking students' first thought to the word "traditional Thai music" from Table 29 showed that most of the students (64.3%) thought about traditional Thai musical instruments. In addition, 20 students' responses (69.0%) thought that the traditional Thai music and musical instruments represent the identity, culture, and fascination of Thailand. Moreover, the majority of students in this group thought that they have attentiveness and interest in traditional Thai music and musical instruments in medium level.

After studying from the SoSTI course, the researcher conducted the post-questionnaire to the students and the results can be seen in Table 30.

Table 30 Students' opinions toward Thai culture focusing on traditional Thai music and musical instruments after completing the course

Questions	Students' opinions	Number (%)
1. After studying from the SoSTI course, what do you think about traditional Thai music and musical instruments?	Traditional Thai musical instruments should be preserved as an identity of Thailand.	3(7.1)
	Traditional Thai musical instruments can be connected with science.	14(33.3)
	Learning science is fun with experiments and activities especially creating my own musical instrument.	13(31.0)
	Learning science is not difficult with traditional Thai musical instruments.	6(14.3)
	I know more from traditional Thai musical instruments and science.	5(11.9)
	Traditional Thai music helps me to have more concentration and relax.	1(2.4)
	Total	42(100.0)
2. How important of traditional Thai music and musical instruments?	Traditional Thai musical instruments are very important.	2(3.9)
	Traditional Thai music and musical instruments have represented the identity of Thailand and Thai people for a very long time.	19(37.2)
	Traditional Thai music is relaxed and entertaining.	3(5.9)
	Traditional Thai music and musical instruments are worth preserving.	13(25.5)
	Traditional Thai music and musical instruments is relevant to the daily lives of Thai people (ceremonies, festive activities etc.)	6(11.8)

Table 30 (continued)

Questions	Students' opinions	Number (%)
	Traditional Thai music and musical instruments should be disseminated to the other countries.	2(3.9)
	Traditional Thai music and musical instruments can be applied to other subjects.	6(11.6)
	Total	51(100.0)
3. Students' feelings when someone declares that traditional Thai music and musical instruments are not having the inheritors.	I regret that Thai children are turning their attention into universal music or the music from other countries (Japan, Korea, etc.).	13(46.4)
	Traditional Thai music and musical instruments are worth preserving.	3(10.7)
	It is not true. Presently, people is turning back to play traditional Thai musical instruments more.	3(10.7)
	I feel really worry.	6(21.4)
	I feel pity for that situation.	2(7.1)
	We might lack something that represents the Thai nation.	1(3.6)
	Total	28(100.0)
Students' ideas to solve this problem.	We should encourage Thai young generation to learn the traditional Thai musical instruments especially children who want to learn Thai music.	12(23.5)
	We should have traditional Thai music contest and competition integrate with universal music for this group of people.	4(7.8)
	We should organize the campaigns involving traditional Thai music and musical instruments to persuade people to play Thai music.	7(13.7)
	We should instill admiring traditional Thai music to the children.	13(25.5)
	We should add new techniques to make traditional Thai music and musical instruments to be more attractive.	4(7.8)
	We should form the group of traditional Thai musical instruments makers in order to continuously transfer this knowledge and wisdom.	1(2.0)
	We should have more time for studying traditional Thai music and musical instruments in school.	5(9.8)
	We should promote and communicate the knowledge about traditional Thai music and musical instruments via mass media communication.	3(5.8)
	Thai government and other agencies should realize and promote how important of traditional Thai music and musical instruments.	2(3.9)
	Total	51(100.0)

From Table 30, the post-questionnaire asking students' opinions toward traditional Thai music and musical instruments revealed that 14 responses (33.3%) thought that traditional Thai musical instruments can be connected with science, 13 responses (31.0%) thought that learning science is fun with experiments and activities especially creating my own musical instrument. From question two, 19 responses (37.2%) realized that traditional Thai music and musical instruments is the representative of the identity of Thailand and Thai people, 13 responses (25.5%) thought that traditional Thai music and musical instruments are worth preserving. From question three, 13 responses (46.4%) felt regret that Thai children are turning the music from other countries. From this question, students also presented their ideas to solve the problem, 13 responses (25.5%) suggested that we should instill admiring traditional Thai music to the children, 12 responses (23.5%) suggested that we should encourage Thai young generation to learn the traditional Thai musical instruments.

The researcher randomly selected 10 students to be the representatives of this class. The students' opinions in traditional Thai musical instruments before and after taking the SoSTI course can be seen as the following;

Table 31 The students' opinions in traditional Thai musical instruments before and after taking the SoSTI course

Students	**Students' opinion in traditional Thai musical instruments**	
	BEFORE studying the SoSTI course	**AFTER studying the SoSTI course**
	Question 1: Students' first thought to the word "traditional Thai music"	**Question 1:** After studying from the SoSTI course, what do you think about traditional Thai music and musical instruments?
1	"I think about traditional Thai musical instruments"	"I think that we can use various materials and equipments to create our own instruments and traditional Thai musical instruments can merge with science subject."
2	"The traditional Thai music ensembles"	"Traditional Thai musical instruments make science easier."
3	"The sound of Ránâ-t ày-k"	"Traditional Thai music and musical instruments can do many things. This made me want to try playing it."

Table 31 (continued)

Students	Students' opinion in traditional Thai musical instruments	
	BEFORE studying the SoSTI course	**AFTER studying the SoSTI course**
4	"Thai culture"	"It is important and represents the identity of Thailand."
5	"Thai folk dance and dancer"	"Traditional Thai music and musical instruments can be fit with science and make it easier."
6	"The traditional Thai musical instruments"	"There are a lot to learn from traditional Thai musical instruments. It is fun more than I thought."
7	"The soft and slow music"	"Traditional Thai music make me relax and have more concentration.
8	"Ránâ-t"	"Science and music can be connected."
9	"The traditional Thai musical instruments"	"Science and traditional Thai musical instruments can be connected."
10	"The traditional Thai musical instruments"	"The sound of traditional Thai musical instruments can explain by science"
Students	**Question 2:** Students' opinions about how important of traditional Thai music and musical instruments and students' interests in traditional Thai music and musical instruments	**Question 2:** Students' opinions about how important of traditional Thai music and musical instruments
1	"It represents Thai nation and is the pride of Thai. When the travelers or guests from abroad come to Thailand, this is a good culture to show them."	"It is greatly important to Thai tradition and Thailand because it represents the identity of Thailand and stay with Thai people for very long times."
2	"It is just for the show in order to apply for the university as a specific competency."	"It is important especially when you know the history of your own root. Moreover, this is time to disseminate Thai culture to the world."
3	"This presents the spirit of Thai in our country."	"Traditional Thai music is a uniqueness of Thai nation. We, as a Thai, should preserve and protect our own assets."
4	"It is the identity of Thai nation."	"These knowledge and wisdom have to transmit and transfer to young generation and should be preserved."

Table 31 (continued)

Students	Students' opinion in traditional Thai musical instruments	
	BEFORE studying the SoSTI course	**AFTER studying the SoSTI course**
5	"It is the identity of Thai people, should be preserve to the next generation."	"These things are truly Thai. We should conserve it for Thai future."
6	"It is important for just only people who like traditional Thai music."	"Now, I think that we can learn a lot from traditional Thai musical instruments. The instruments are useful. The traditional Thai musical instruments can integrate to other subject and promote various kinds of learning. And it was fun more than I thought."
7	"It promotes our country to have our own musical culture and have outstanding identity."	"Traditional Thai music eases up my mind and affect on concentrating to my study. It is very important to our country because it is an identity of Thai."
8	"It is an identity of Thai country that descent from our ancestor."	"Traditional Thai music and musical instruments are things that we should preserve and conserve to the next generation."
9	"It represents Thai people and identity of Thailand."	"Each of traditional Thai musical Instruments are different in sound and how to play. All of them are important because when the musicians play as an ensemble, every sound will fuse into one."
10	"It is an identifying of Thai identity and culture."	"After studying this course, I realize that traditional Thai music and musical instruments are the important things that we should preserve. It is our precious cultural heritage of Thailand."
Students	**Question 3**: students' attentiveness and interest in traditional Thai music and musical instruments	**Question 3**: Students' feelings when someone declares that traditional Thai music and musical instruments are not having the inheritors and the ideas to solve this problem.
1	"I did not frequently listen to Thai classical music. However, sometimes, I like it."	"I feel very bad. Whereas, traditional Thai music and musical instruments are not having the inheritors, young Thai people conversely interest and play universal music and the songs from other countries more than their own country. We should promote more

Table 31 (continued)

Students	Students' opinion in traditional Thai musical instruments	
	BEFORE studying the SoSTI course	**AFTER studying the SoSTI course**
		traditional Thai music and musical instruments to Thai children."
2	"I do not like some traditional Thai musical instruments."	"If it happens, I will be the one who revive traditional Thai music and musical instruments by setting a group of people who create and construct traditional Thai musical instruments and transmit this knowledge into piece of writing and lastly disseminate this knowledge to our youth and the public."
3	"I'm not interest in it because it is hard to find any of them in my real life.	"I feel very worried because this is one of the things that belong to Thai people. We should create the traditional Thai music and musical instruments subject to young people and give them a chance to touch and get into this field so much more."
4	"I'm not interest in traditional Thai musical instruments because it is difficult to play and not popular."	"We have to disseminate this culture by using mass media to renovate traditional Thai musical instruments and point out the important of traditional Thai music and musical instruments."
5	"If I have to listen to this kind of songs I will absolutely sleep soon."	"We should bring traditional Thai music and musical instrument to teach in schools much more than we did and should recommend these to Thai children."
6	"I do not like listening to traditional Thai music but if you want me to learn, I will learn."	"I feel really sad and ashamed of this situation. The idea to solve this problem is practicing our young students to play traditional Thai musical instruments and love Thai classical music. "
7	"I used to listen to this kind of songs and it made me sleepy. Moreover, it's hard to play the instruments for every instrument."	"I feel really sorry that no one wants to inherit the identity of Thai, traditional Thai music instruments. The guideline to fix this problem is to invite our young blood generation to play and to give priority to traditional Thai music instruments."

Table 31 (continued)

Students	Students' opinion in traditional Thai musical instruments	
	BEFORE studying the SoSTI course	**AFTER studying the SoSTI course**
8	"I don't like it. I don't want to listen to it. And I don't want to play any of them. "	"I feel that traditional Thai music and musical instruments are obsolescent day by day. If I have a kid I will send him/her to learn traditional Thai instruments and motivate him/her to listen to Thai classical music."
9	"I'm not interest in traditional Thai music and musical instruments much because I don't have any chance to play or learn."	"I feel really ashamed because traditional Thai is regarded as an identity of Thai people. I would like our government and relevant agencies to help in order to promote and spread more about traditional Thai music and musical instruments."
10	"I don' like listening to this music and have never played the traditional Thai musical instruments before."	"From the bottom of my heart, I feel really worry because traditional Thai music and musical instruments have a very long history and is an identity of Thai country. We should give more information about Thai music and instruments to young generation and teach them how good and important of traditional Thai music and musical instruments."

Student's opinions toward the SoSTI course

The researcher also asked the students' opinions how they felt about the SoSTI course after studying the course by using student's opinions toward SoSTI course questionnaire. The questionnaire was divided into two parts, the general information part and the student's opinions toward the SoSTI course after studying this course. The results can be seen in the following

Part 1: General information

The participants composed of (Grade 12) 35 students (14 males and 21 females). They were studying a non-science major program specifically Thai and society major in Matthayomsuksa 6 during the second semester of the 2010 academic year from Rattanakosin Sompoch Bangkhen School, Bangkok as the researcher mentioned earlier. Students' Grade Point Average (GPA) can be seen in Table 32.

Table 32 Grade Point Average (GPA) of the participants

GPA	Frequency	Percent (%)
2.00 – 2.50	9	25.7
2.51 – 3.00	14	40.0
3.01 – 3.50	12	12.0
Total	35	100.0

From Table 32, there are 9 students (25.7%) have GPA between 2.00 and 2.50, 14 students (40.0%) have GPA between 2.51 and 3.00, 12 students (12.0%) have GPA between 3.01 and 3.50, and no one has GPA higher than 3.51.

Part 2: Student's opinions toward the SoSTI course

Students' opinion toward the SoSTi course was divided into three aspects, content, learning process and teacher's characteristics, respectively. The data interpretation used the criterion scores. Student evaluated the course and the results can be seen in the Table 33.

Table 33 Students' opinions toward the SoSTi course

Item statements	N	Mean	Std. Deviation	Data interpretation
Content				
1. Content is suitable for the level of students	35	3.89	.796	Agree
2. Content can be integrated to real life	35	3.83	.785	Agree
3. Content can promote students' awareness of the important of science	35	3.77	.910	Agree
4. Content can promote students' awareness in traditional Thai music and musical instruments	35	4.29	.750	Agree
5. The difficulty level of the content	35	3.23	.598	Neutral
6. The overall satisfaction to the content of the course	35	4.06	.802	Satisfy
Learning Process				
1. Learning process is suitable for the level of students	35	3.86	.810	Agree
2. The activity can activate the learning of students	35	3.80	.833	Agree

Table 33 (continued)

Item statements	N	Mean	Std. Deviation	Data interpretation
3. The learning process can connect the theory into practicing and actions	35	3.66	.639	Agree
4. The instructional materials and equipments are appropriate	35	3.91	.818	Agree
5. The classroom atmosphere is suitable for learning process	35	3.66	.838	Agree
6. The difficulty level of activities	35	3.23	.808	Neutral
7. The overall satisfaction to the learning process	35	3.97	.747	Satisfy
Teacher's characteristic				
1. Teacher knew the content very well	35	4.31	.758	Agree
2. Teacher behaviors and manners in class are suitable	35	4.34	.639	Agree
3. Teacher dressed appropriately	35	4.34	.725	Agree
4. Teacher language used is suitable	35	4.23	.731	Agree
5. Teacher pay good attention and always care for students	35	4.23	.808	Agree
6. Teacher always comes to the class on time	35	4.57	.655	Strongly Agree
7. The overall satisfaction to the teacher	35	4.43	.655	Satisfy

From Table 33, students have positive opinions toward the SoSTI course. The results revealed that students were satisfied with the SoSTI course in all three aspects, content, learning process and teacher's characteristics, respectively.

In summary, from Table 33 the overall results of students' opinions after studying the SoSTI course indicated that the students have positive opinions to the course in every aspect. The students thought that the contents and activities in the SoSTI course are not too difficult for them to understand. Moreover, they enjoyed studying the course.

CHAPTER 5

CONCLUSION AND DISSCUSSION

This chapter presents the conclusion, discussion, and recommendations of this study related to the research objectives, hypotheses, instruments, and methodology.

Research Objectives

The objectives of this study are summarized as follows:

1. To develop the science of sound course for non-science upper secondary school students, an interdisciplinary course, by applying traditional Thai musical instruments and using integrated teaching approach
2. To study the development of students' scientific creativity
3. To compare the students' understanding in science of sound before and after completing the course
4. To compare students' attitude toward science of sound before and after taking the course
5. To convince Thai students to become aware of precious Thai culture and tradition especially of in traditional Thai musical instruments

Research hypotheses

The hypotheses of this study have shown in the following;

1. After complete the SoSTI course, the students' scientific creativity increase.
2. The students' post-test score in understanding in the science of sound higher than the pre-test one.
3. The students' attitude toward the science at the end of the course is positive.
4. The students have become more aware of Thai culture and tradition especially traditional Thai musical instruments after completing the course.

Research instruments

The research instruments in this study composed of;

1. Students' scientific creativity test
2. Students' attitudes toward science questionnaire
3. The science of sound understanding test
4. The questionnaire concerning students' awareness of traditional Thai musical instruments
5. The students' opinions toward the SoSTI course questionnaire

Research methodology

The research methodology of this study is presented as follows;

Phase 1: Pre-developing the course

The purposes of this phase were to find the fundamental information of this research by using questionnaires and interviewing. This phase is divided into three steps:

Step 1: Studying documents and related literature

The researcher studied the documents and reviewed the related literatures about the science of sound content, educational issued and Traditional Thai music and musical instruments.

Step 2: Interviewing the guru of traditional Thai musical instruments

The researcher conducted the structured interview created by the researcher to the guru of traditional Thai musical instruments in Samut Songkhram province, Mr.Surin Udomsawat, to find what the guru thinks about young generations and traditional Thai music and musical instruments.

Step 3: conducting a survey with non-science upper secondary school students about their opinions toward science and traditional Thai musical instruments.

The researcher conducted a survey with non-science upper secondary school students about their opinions toward science and traditional Thai musical instruments. This survey is a preliminary study of this research.

Phase 2: Developing the course

This phase composed of the following parts.

Part 1: Developing course outline and creating the whole course structure by using 7 steps of Taba's curriculum development (1962: 9-14); 1) Diagnosis of needs, 2)

Formulation of objectives, 3) Selecting the content, 4) Organizing the content, 5) Selecting the learning experiences, 6) Organizing the learning experiences, and 7) Verifying the course outline by three experts.

Part 2: Developing instructional materials which are the teacher's handbook, and student's handbook of the course. Five experts verified these two handbooks by using IOC (Index of Congruence). The researcher revised the student's handbook and teacher's handbook based on the comments of the experts.

Part 3: Preparing research instruments which are;

1. Students' scientific creativity test was modified from authorized instrument, Adolescent Scientific Creativity Test (Hu & Adey, 2002).
2. Students' attitude toward science questionnaire was modified from authorized instrument, Scientific Attitude Inventory (SAI II) (Richard & Foy, 1997).
3. The science of sound understanding test created by the researcher.
4. The questionnaire concerning students' awareness in traditional Thai musical instruments created by the researcher.
5. The students' opinions toward the SoSTI course questionnaire created by the researcher.

All the research instruments were verified by five experts by using Index of Congruence (IOC) for content validity. Additionally, the researcher tried out the science of sound understanding test with 30 non-science upper secondary school students to find the item difficulty and discrimination and reliability by using Cronbruch α-coefficient. The complete revision of research instruments was used for the next phase.

Phase 3: Conducting pilot study

The researcher conducted a pilot study to one classroom composed of 55 non-science students in 11th grade at Satthasamut School, the province of Samut Songkhram, in the first semester of 2010 academic year. The pilot study was used for 15 periods. The significant purpose of conducting a pilot study is to examine a quality of the draft SoSTI course.

Phase 4: Implementation

The researcher, as a teacher conducted the pretests and the questionnaires composed of the science of sound understanding test, students' scientific creativity test,

students' attitude toward science questionnaire, and students' awareness in traditional Thai musical instruments questionnaire to the students in the first three period of the class. The participants were 35 non-science students in 12th grade of Rattanakosinsompoch Bangkhen School, Bangkok who were studying in the second semester of 2010 academic year. The implementation was used for 40 periods. During the classroom activities, the researcher observed the students' behavior and recorded the atmosphere of the classroom with a video camera. In the last three periods, the researcher provided the science of sound understanding test, students' scientific creativity test, students' attitude toward science questionnaire, students' awareness in traditional Thai musical instruments, and the students' opinions toward the SoSTI course questionnaire to the students.

Conclusion

The research findings were summarized as follows;

1. The findings from pre-developing phase

Step 1: Studying documents and related literature

The researcher studied the documents and reviewed the related literatures about the science of sound content, which included some parts of physics, mathematics, chemistry and biology as well as educational issues which are the topics of the science of sound, curriculum development, interdisciplinary curriculum, constructivism, integrated teaching approach, scientific creativity and including traditional Thai musical instruments. This information was used as the basic ideas to design a draft structure of the course for the next phase.

Step 2: Interviewing the gurus of traditional Thai musical instruments

From the guru's, Mr. Surin Udomsawat, opinion, the researcher found that the Thai young generation is an important factor to be the medium of transferring Tradition Thai culture, knowledge and wisdom to the next generation. Therefore, the best way to protect the precious Thai culture and tradition especially traditional Thai musical instruments is to promote this knowledge and wisdom to Thai students as much as possible and to convince Thai students to become aware of the precious Thai culture and traditions especially of traditional Thai musical instruments.

Step 3: conducting a survey with non-science upper secondary school students about their opinions toward science and traditional Thai musical instruments.

The participants in this preliminary study were 250 upper secondary school non-science students from Bangkok Metropolitan Area and vicinity (94 males and 156 females). The researcher conducted the survey to the students and the results were divided into two parts and revealed that;

Part 1: Students' opinions about science

1. Most of non-science students earned a low GPA In science, 37.6% of students earned GPA in science subjects between 2.00-2.50 and 24.8% of them earned GPA in science subjects lower than 2.00
2. There were only nine students who like science subjects the most from the eight learning areas. More than 150 students arranged the science subjects in the fifth to eighth order.
3. The reasons that students studied in non-science major because they realized that languages is the most important subject. Science subjects are clearly too difficult and complicated when compare with non-science subjects. This evidently has influenced how non-science students think about science.
4. The results from the rating scale questionnaire composed of 21 statements (Table 8, Page 94) found that some statements' interpretations presented that non-science students had a negative attitude towards science (Items 1, 3, and 7). Some statements' interpretations presented that non-science students had uncertain decisions (Items 2, 10, 11, 12, 15, 18 and 19). However, this does not mean that non-science students do not like science because there are some items showing that non-science students had positive attitudes toward science (Items 4, 5, 6, 8, 9, 13, 14, 16, 17 and 20).
5. The researcher also conducted the interviews with a few students and the interviewed data showed that students disliked science in four major reasons;
   1) Science is too difficult and has too many concepts, especially, concepts of Physics, Chemistry and Biology.
   2) The calculation part is a crucial problem.
   3) The figures, graphs, diagram etc. and concepts are not related to each other and difficult to understand.
   4) Science is far and they hardly find the connections between science and their life.

Part 2: Students' opinions about traditional Thai music and musical instruments

1. Most of the students (92%) had learning experiences in traditional Thai music and musical instruments. They started learning Thai music subject in different grade levels and mostly students learned Thai music subject from school. Therefore, students have some basic knowledge about Thai music.
2. Students who still have occasionally opportunity listening to traditional Thai music, unfortunately, the reasons why they have listened to traditional Thai music mostly because of they were forced to listen from teachers in school and somebody in their family and accidentally listened to traditional Thai music from travel places, temples, restaurants, etc. There are a few students who listen to traditional Thai music because they like it.
3. Students who have not listened to traditional Thai music say it is mostly because they do not like it and they really are interested in other kinds of music. Moreover, the students thought that traditional Thai music is not currently popular enough for attracting their interests.
4. If the students walk pass Thai traditional ensemble ceremony on their free day, 148 students will attend the ceremony whereas 102 students will not attend the ceremony. The reasons why the students will attend the ceremony were divided into positive and negative reasons. They positively think that the ceremony is interesting and they want to know of the musicians. They may decide to learn about traditional Thai music instruments after ceremony inspired them. Conversely, they will attend because of there could be other kinds of performances and they truly do not know where to go. For students who decide not to attend the ceremony in the first place is mostly because they do not like traditional Thai music and instruments and has no interest in them.
5. Most of students used to play traditional Thai musical instrument since they were young. Some can still play it presently. However, one third of the students have never played any traditional Thai music instruments.
6. The top three of each kind of traditional Thai musical instruments that students knew are shown in Table 12 and were used as the examples in the SoSTI course.

2. The findings from developing phase

Part 1: Developing course outline and creating the whole SoSTI course structure

The researcher created the course outline and the whole course structure based on the needs of the course which were to develop the most suitable science elective course for non-science upper secondary school students. The course applied various instructional strategies by using the relationship between science content and students' familiar objects in their daily life, and the science of sound concept and traditional Thai musical instruments. The objectives of the SoSTI course corresponding to the Basic Education Curriculum B.E. 2551 (2008) which are;

1) To promote students' understanding of the science of sound in traditional Thai musical instrument concept
2) To promote students' scientific creativity and attitude toward science
3) To convince Thai students to become aware of precious Thai culture and tradition emphasizing on traditional Thai musical instruments
4) To promote the using of the science of sound in traditional Thai musical instruments course (SoSTI course) in order to use this course with non-science upper secondary school students

The course content of the SoSTI course consists of;

1) Introduction of the science of sound
2) Introduction of traditional Thai musical instruments
   - Stringed instruments: Saw-û-, Saw-dûa-ng and Jàkhây-
   - Wind instruments: Khlùi, Pì-nâw-k and Pì-cháwa-
   - Percussion instruments: Gràp sây-pha-, Ránâ-t ày-k, Tà pho-n, Kháw-ng wong yài and Chìng
3) The system of sound in traditional Thai musical instruments
4) The science of sound in traditional Thai stringed instruments
5) The science of sound in traditional Thai wind instruments
6) The science of sound in traditional Thai percussion instruments
7) Making traditional Thai musical instruments

The results from five experts' verification indicated that the SoSTI course is appropriate and has strong congruence in every item of the evaluation. The researcher improved the first version of SoSTI course according to the comments and suggestions of the experts.

Part 2: Developing instructional materials which are the teacher's handbook, and student's handbook

The researcher created the teacher's handbook and student's handbook. The teacher's handbook is divided into three parts, knowledge papers, lesson plans, and the assessment tools. While, student's handbook composed of knowledge papers, worksheets and practices. Most of the items evaluations have a high congruence from five experts' verification. There are some parts of the handbooks that the researcher had to modify and carefully rewrite according to the experts' comments and suggestions which are;

1) The pattern of table heading title, the language-used, the size of the letters and figures etc. should be the same pattern for the whole course.
2) Some activities are too easy compared to the level of students. Therefore, the researcher adjusted those activities to level of students.
3) The researcher improved the score evaluation criterion of the subjective tests to make it clearer.
4) The researcher added more the examples of the calculation part and deleted some complex formulas according to the experts' comments and suggestions.

Part 3: Preparing research instruments

The research instruments are composed of;

1. Students' scientific creativity test modified from authorized instrument
2. Students' attitudes toward science questionnaire modified from authorized instrument
3. The science of sound understanding test created by researcher
4. The questionnaire concerning students' awareness in traditional Thai musical instruments created by researcher

The five experts' verifications indicated the research instruments used in SoSTI course is appropriate and has a strong congruence in all items of evaluation. The researcher improved the research instruments especially wording and language checking according to the comments and suggestions of the experts.

The reliability of students' attitudes toward science questionnaire from Cronbach α-coefficient equal 0.855 presented that the research instruments used in this study have high level of reliability.

3. The findings from the pilot study phase

The researcher conducted a pilot study of the SoSTI course for four unit lessons with 55 non-science students in Matthayomsuksa 5 (grade 11) at Satthasamut School, Samut Songkhram province in the first semester of 2010 academic year. The problems from pilot study are divided into three categories as seen in the following;

1) Time consuming: the researcher revised the time used to the appropriateness of the content and activities in each lesson plans.
2) Teaching and learning process: according to the number of students (55 students) in the pilot classroom, this made too many students in one group. Some activities had to be reduced in some discussion parts and presentations.
3) Instructional materials and equipments: The researcher provided more materials and equipment in the implementation phase and made the demonstrative equipment stronger than the previous ones.

4. The finding from implementation phase

The researcher implemented the SoSTI course to the 35 non-science upper secondary school students in Matthayomsuksa 6 (Grade 12) who were studying in the second semester of the 2010 academic year from Rattanakosinsompoch Bangkhen School, Bangkok. The SoSTI course is an elective course, 2 periods per week and was implemented for a semester from November 2010 until February 2011. The results as can be seen in the following;

1. The results from the first hypothesis presented that after complete the SoSTI course, the students' scientific creativity increase. The t-test scores of students' scientific creativity revealed that the mean scores are significantly different at the .05 level. Consequently, the students' scientific creativity is significantly increased.
2. The results from the second hypothesis presented that students' posttest score in understanding in the science of sound content higher than the pretest one. The t-value indicated that students' understanding in the science of sound content is significantly different at the .05 level. Therefore, the students' understanding the science of sound content is significantly increased.
3. The results from the third hypothesis showed that students' attitude toward science after completing the SoSTI course is not unambiguously changed. The

t-test scores of students' attitude toward science indicated that the mean scores are not significantly different at the .05 level. However, the t-test scores of students' attitude toward science are significantly different at the .05 level by using item analysis. As a result, the students' attitude toward science is change after they learned from the SoSTI course.

4. The results from the last hypothesis revealed that the students have become more aware of Thai culture and tradition especially traditional Thai musical instruments after completing the course.
5. The students' opinion toward the SoSTI course questionnaire reflected that after the course implementation students have positive opinions to the course in every aspect, content, learning process and teacher characteristic. They enjoyed studying the course.

Discussion

The discussion of the study results can be seen in the following;

Students' scientific creativity

According to pretest and posttest scores of students' scientific creativity, the results indicate that after studying from the SoSTI course the students' scientific creativity is significantly increased.

Students' scientific creativity refers students' ability in designing and discovering new knowledge or invention. Creativity is broadly useful and can be used to generate new scientific, artistic and social knowledge and innovations (Starko, 1995; Sternberg & Lubart, 1999). In addition, creativity itself is an ability that people already inequality has it since they were born (Baillie & Walker, 1998: 36). Starko (1995) stated that creative thinking can be taught in school in everyday subjects and disciplines (Starko, 1995). Particularly, in science subjects, creativity is important and is necessary to teach. Loehle (1990: 242) proposed that various and flexible instructional strategies can definitely promote creativity to the students. In the same way, activities in science subjects can support students' creativity more than other subjects (Torrance, 1992 cited by Park & Seung, 2008: 45). Regarding the learning activities in the SoSTI course, the researcher created lesson plans by using various types of teaching approaches under the constructivist theory, for instance, group discussion, role playing, games, and experiments and so on. Students also created their own musical instruments based on the knowledge they gained from the course.

Consequently, considering the pretest and posttest scores of students' scientific creativity including the activities used in the course that corresponded to other research, it confirmed that the SoSTI course is a science course that can completely promote students' scientific creativity.

Students' understanding in the science of sound content

Regarding students' understanding in the science of sound content, the pretest and posttest scores presented that students' understanding the science of sound content after completing the SoSTI course is significantly increased.

In the SoSTI course, students' understanding in science of sound refers to abilities and behaviors of the students underpinning by Bloom's revised taxonomy of cognitive domain in understanding level and can measure by using the science of sound understanding test created be the researcher. Students' understanding is an important goal that schools have to achieve (Ho Im Neo, et al; Perkins). Perkins stated that understanding involved the relationship between the knowledge and real life situations. If people have knowledge, it does not mean that they understand knowledge until they can relate it with their lives (Stiles, 2006). In order to improve students' understanding in science concept, using various instructional strategies is the most significant way to promote students' understanding in the especially science classroom. There are many researches revealed the positive results of students' understanding in science concept by using various teaching approaches and treatments. Adojaan and Sarapuu used web-based models for studying students' understanding in science concept. The study of Eilks, Moellering, and Valanides (2007) indicated that seventh grade students can explain their understanding correctly about the concept of dissolution and combustion in terms of Physics and Chemistry by using action research and discussion. Moreover, the inquiry-based approach including minds-on and hands-on activities are very practical to improve students understand science concept (Ho Im Neo, et al.; Milar, 2010; Pfaff J. & Weinberg, 2009). However, Barnett, et al. (2006) used science fiction films in order to study students' understanding in science concept and the research showed that the science fiction films negatively affect to student' understanding in science.

Many students especially non-science students have a hard time understanding science concepts. The concept of sound is one of the most abstract topics in Physics and is the basic concept to understand more complicated topics in science in the higher

educational level (Menchen, 2005). Regarding this problem, the integrated teaching approach can help students improve their understanding in the science of sound content. Additionally, precision in research instrument is a necessity (Enger, K. & Yager, E., 2009). Sinkin, Mark G. and Kuechler L. (2005) proposed that multiple choice test and written response test can be used to assess students' understanding, effectively. The science of sound understanding test in the SoSTI course has passed through the process of qualification by the experts and has high validity and reliability. Moreover, the activities used in the SoSTI course can help to promote and to improve students' understanding in the science of sound concepts properly.

Students' attitude toward science

After completing the SoSTI course, students' attitude toward science is not definitely changed. However, the mean scores of students' attitude toward science are significantly different at the .05 level by using item analysis. Therefore, it is arguable that the students' attitudes toward science have changed after they learned from the SoSTI course.

Attitude represents a part of human thinking, feeling, and doing in the positive and negative ways (Butler, B.M., 1999; Grote, 2005). Attitude toward science plays a major role in accomplishment in science (George, 2000; Junck, 2002; Osborne, 2003; Prokop, Tuncer and Chudá, 2007; Foley & McPhee, 2008). In science education, attitude toward science is one of the interesting issues should be study (Osborne, 2003). Foley & McPhee (2008) revealed that hands-on activities and various kinds of learning experiences can positively promote students' attitude toward science. In the same way, students' positive attitudes toward science can be promoted by using problem-solving method in science instructional process (Adesoji, 2008). Yasushi (2009) have studied Japanese ninth and tenth grades students' attitudes toward science and found that Japanese students have low attitude toward science. To assess students' attitudes toward science, Osborne (2003) summarized the factors that influence students' attitude towards science, gender, classroom or teacher factors, instructional strategies, and students' beliefs and perceptions about science. However, some research studies revealed that gender has no effect on students' attitudes toward science (Prokop, Tuncer and Chudá, 2007; Glynn, Taasoobshirazi, & Brickman, 2007). The students' attitude toward science questionnaire used in this research was adapted from an authorized instrument and use for assessing attitude toward science specifically for non-science upper secondary school students. Non-science students may or

may not like science. The SoSTI course was created specifically for non-science upper secondary school students. In the view of some researches, Papanastasiou & Zembylas (2002) claims that low achievement in science came from students' negative attitudes toward science whereas positive attitudes can promote higher achievement in science. However, in contrast with high achievement, students who have high achievement in science in the first place, this does not infer that they have positive attitudes toward science. Attitudes toward science have relationship with students' achievements (Kan & AkbaŞ, 2006; Malaysia & Tan Yao Sua, 2007). The results from students' understanding in the science of sound content indicated that even they gained higher scores in understanding after taking the course but it did not exactly mean that they will have higher positive attitude in science. Cook and Mulvihill (2008) state that, although, non-science students learned many science courses, they still had difficulties in developing conceptual understanding in science which correspond to this research study. However, by using compared mean for analyzing each item of the questionnaire, there are some changes presented that the students' attitudes toward science have changed after they learned from the SoSTI course. The non-science students realized that science and technology are highly necessary in terms of increasing the quality living and having comforts. In addition, the students also indicated that science and technology are important factors to develop country (Ratanakul, 1994). Moreover, non-science students realized that learning through real life situations or materials will help them understand science better corresponding to the research study of Glynn, Taasoobshirazi, and Brickman (2007) which revealed that the real world situation or familiar things will increase motivate students in learning science.

Students' awareness of Thai culture and tradition specifically traditional Thai musical instruments

In regard to students' awareness of Thai culture and tradition specifically traditional Thai musical instruments, the results showed that the students have become more aware of Thai culture and tradition especially traditional Thai musical instruments after completing the SoSTI course.

The definition of Thai students' awareness in traditional Thai musical instruments refers to the students' opinions, feeling, beliefs, decision making including students concern about maintaining of the most precious Thai culture, traditional Thai musical instruments. From Thai Junior Encyclopedia (1997), since 1966, Western civilization focusing on music

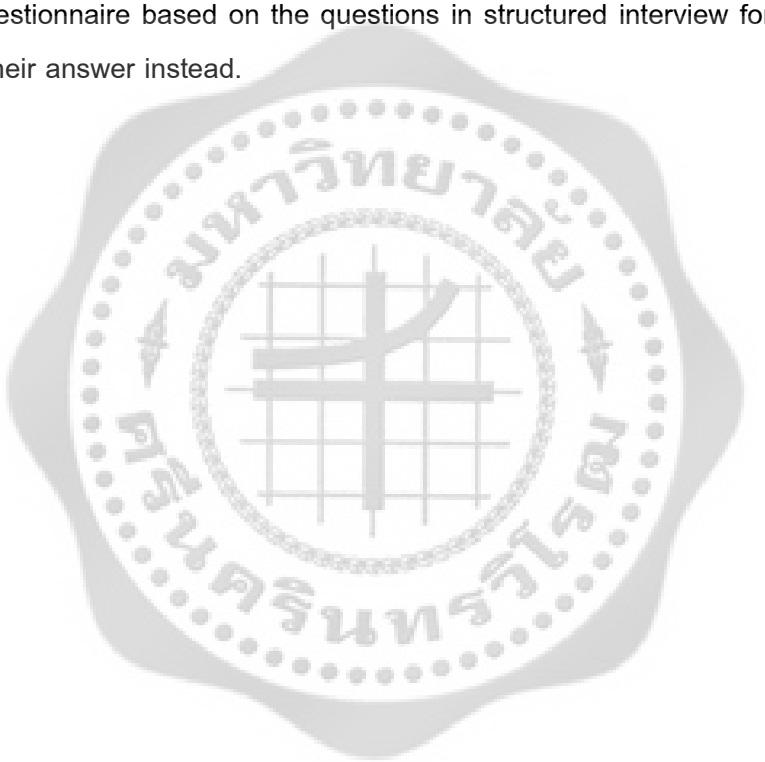
has enormously influenced Thai young generations. In the old days, the traditional Thai music was involved with all of activities of Thai people's life style. Generally, traditional music of all countries has their own history and was continuously passed on from previous generation to the next generation (Millar and Aniah, 2005). Presently, the modern music has become a part of Thai youth culture. From the written responses, the results showed that students before taking the SoSTI course they are quite not interest in traditional Thai music and instruments as expected which correspond to some of the research studies. The research study of Rawinporn wiyarand (2005) indicated that the senior year students do not have much interest in Thai music and dancing. Moreover, Thai young generation themselves let the Western culture to be part of their life and depreciate the value of the Thai culture. Phojnicha Chansiri (2009) explored the students' perception on traditional Thai music. The results found that even students from the Faculty of Fine and Applied Art, they placed importance on traditional Thai music at a low level. Prem Tinsulanonda (1998) proposed two main problems of Thai culture affected to Thai juveniles which are 1) Thai culture is weak and 2) Thai culture is replaced by foreign cultures. Consequently, because music has a strong influence on young generations, when the culture is gradually weaken, the new trends of music will instantly and easily permeate to them (Berg, 2004; North, Hargreaves and O'Neill, 2000). This situation does happen to other countries as well, the Philippines music has its own unique style similar to Thailand. However, nowadays, the Philippines people obviously turned themselves to modern music (Barndeis, et al, 2007). Millar and Aniah (2005) suggested the ways to promote young people's awareness of traditional music and musical instruments which are encouraging the youth to play and learn the instruments, earnestly creating official groups for traditional music and instruments, supporting young people to play the classical instruments in every occasion. These ways suggested correspond to the ideas of the Thai non-science students after completing the SoSTI course. The SoSTI course was created with one main purpose is to convince students become more aware of Thai culture and tradition emphasizing on traditional Thai musical instruments. Traditional Thai musical instruments have characteristic of art and science blended properly and are excellent examples in all activities of the course. Moreover, this course can promote both of understanding in science of sound concept and also students' awareness of traditional Thai music instruments satisfactory.

Recommendations

According to the development of the science of sound in traditional Thai musical instruments interdisciplinary course for non-science upper secondary school students by using integrated teaching approach, there are some of recommendations for the further study recommended from the researcher and the findings as seen in the following;

1. The survey research about students' attitudes toward science should be conducted in other parts of Thailand, not only in Bangkok Metropolitan and vicinity areas, and should include both of science and non-science students in all educational levels. Because of Identifying student's attitudes is important not only for student learning but also important on the student's satisfaction in learning. Furthermore, knowing students' attitude toward science is significant for designing science curriculum or instructional programs that meet the students' needs.
2. The interdisciplinary concept model, various teaching approach and instructional equipments and materials can be adapted for the other fields of science subjects, for instances, chemistry, biology or earth science. However, the curriculum developers have to carefully create and consider to the most suitable and appropriate curriculum corresponding to the need and the national core curriculum as much as possible.
3. The SoSTI course can insert other traditional music instruments from other countries including universal music instruments in order to evidently compare with traditional Thai musical instruments. Moreover, this course can be applied for science students. The teachers can merely add more details of mathematical problems and more intensive complicated ideas of sound content to the course.
4. The teachers who will use the SoSTI course have to check the readiness of instructional equipments and materials before class especially the demonstrative materials. In addition, the teachers need to prepare for the unexpected situations, for examples, unpredicted questions from the students, additional instruments etc. Moreover, the teachers who do not have deeply understanding in fundamental knowledge about traditional Thai music and musical instrument, bringing Thai music teacher to be a co-teacher in the course is an highly recommend.
5. The limitations of this study are the time managing, time consuming, and the instructional materials. Time management, in the second semester of school in Thailand, is problematic in that there are many school activities that students have

to attend. The researcher, as a teacher, had to unavoidably cancel and postpone the classes. This brings to discontinuously teaching and learning. For the time consuming, in some activities, the students want more time to accomplish and understand those activities. These lead to the problem of how to make the classroom controllable. The limitation of the instructional materials, some are not enough for the number of the students and some demonstrative materials are not strong enough for every student to touch. Moreover, the researcher planned to interview the students about the awareness toward traditional Thai music and musical instruments but due to the time limitation, the researcher decided to create the questionnaire based on the questions in structured interview for the students to write their answer instead.



BIBLIOGRAPHY

BIBLIOGRAPHY

Abruscato, Joseph. (2000). Teaching Children Science: A Discovery Approach. Boston: Allyn & Bacon A Pearson Education Company.

Ackermann, Edith. (2001). Piaget's Constructivism, Papert's Constructionism: What's the Difference? Retrieved March 23, 2009, from http://www.learning.media.mit.edu/content/.../EA.Piaget%20_%20Papert.pdf

Adesoji, F.A. (2008). Managing Students' Attitude towards Science through Problem-Solving Instructional Strategy. *Anthropologist*. 10(1): 21-24.

Adojaan K.; & Sarapuu T. Improving Students' Understanding in Scientific Processes by Conceptual Web-Based Models.

Ahtee, Maija; & Johnston, Jane. (April, 2006). Primary Student Teachers' Ideas About Teaching a Physics Topic. *Scandinavian Journal of Educational Research*. 50(2): 207-219.

Ahuja, Om P.; & Jay M, Jahangiri. (2003). An Integrated Approach to Teaching and Learning College Mathematics. *Journal of the Korea Society of Mathematical Education Series D*. 7(1): 11-24.

Akbulut, Yavuz. (2007). Implications of Two Well-Known Models for Instructional Designers in Distance Education: Dick-Carey Versus Morrison-Ross-Kemp. *Turkish Online Journal of Distance Education*. 8(2): 62-68.

American Association for the Advancement of Science, (AAAS). (1998). *Blueprints for Reform: Science, Mathematics, and Technology Education/Project 2061*. New York: Oxford University Press.

Applfield, James M.; Huber, Richard ; & Moallem, Mahnaz. (2000-2001). Constructivism in Theory and Practice: Toward a Better Understanding. *Highschool Journal*. 84(2): 35-59.

Avery, J.P.; et al. (1997). The Integrated Teaching and Learning Lab. Retrieved March 10, 2009, from http://www.itll.colorado.edu/BearWeb/LEC_web...web.../FIE98%20ITLL.pdf.

Baillie, Caroline; & Walker, Paul. (1998). Fostering Creative Thinking in Student Engineers. *European Journal of Engineering Education*. 23(1): 35-44.

Bao, Lei; & Redish, Edward F. (2002). Model Analysis: Assessing the Dynamics of Student Learning. Retrieved March 23, 2009, from http://www.prst-per.aps.org/pdf/PRSTPER/v2/i1/e010103

Barab, Sasha A.; & Landa, Anita. (March, 1997). Designing Effective Interdisciplinary Anchors. *Educational Leadership*. 52-55.

Barmby, Patrick; & Defty, Neil. (2006). Secondary School Pupils' Perceptions of Physics. *Research in Science & Technological Education*. 24(2): 199-215.

Barnett, Michael; et al. (2006). The Impact of Science Fiction Film on Student Understanding of Science. *Journal of Science Education and Technology*. 15(2): 179-191.

Barron, Brigid, & Darling-Hammond, Linda. (1991). Teaching for Meaningful learning: A Review of Research on Inquiry-Based and Cooperative Learning. Stanford University.

Beichner, R.; et al. (1999). Case Study of the Physics Component of an Integrated Curriculum. *American Journal of Physics.* 67(7): 16-24.

Bemmel, Hans van. (2003). Do Students Learn Wave Concepts When a Course Focuses on Wave Mathematics? Retrieved March 23, 2009, from http://www1.phys.uu.nl/esera2003/programme/pdf%5C296S.pdf

Berg s. (2004). The Influence of Music on Youth Culture. Class in Britain.

Besselaar, Peter van den; & Heimeriks, Gaston. (2001). Disciplinary, Multidisciplinary, Interdisciplinary -Concepts and Indicators-. *Paper for the 8th conference on Scientometrics and Informetrics Sydney, Australia*.

Bisesi, Erica; & Michelini, Marisa. (2008). Planning Curricular Proposals on Sound and Music with Prospective Secondary-School Teachers. Retrieved March 23, 2009, from http://www.arxiv.org/abs/0808.3695

Boden, Magaret A. (1994). *Dimension of Creativity*. London, England: The MIT press.

Boden, Margaret A. (1996). *The Creative Mind: Myths and Mechanisms*. London, England: Abacus Publication.

Boxtel, Carla van; Linden, Jos van der; & Kanselaar, Gellof. (2000). The Use of Textbooks as a Tool During Collaborative Physics Learning. *The Journal of Experimental Education*. 69(1): 57-76. Retrieved November 13, 2009, from http://vnweb.hwwilsonweb.com/hww/jumpstart.jhtml?recid=0bc05f7a67b1790e57592a52cf289f6e8c31dbdb0573d4ca1ab2d2ccf1bfa62ebb7d923848faae64&fmt

Brandeis, Hans et al. (2007). Traditional Musical Instruments of the Philippines. Filipino Martial Arts Digest special edition 2007.

Browne, Jill. (2007). How Musical Instruments Make Music: Studying Music and Physics Can Bring Art and Science Together. Retrieved March 4, 2009 from http://curriculalessons.suite101.com/article.cfm/how_musical_instruments_make_music

Butler, B.M. (1999). Factors Associated with Students' Intentions to Engage in Science Learning Activities. *Journal of Research in Science Teaching*. 36(4). 455–473

Cakir, Mustafa. (2008). Constructivist Approaches to Learning in Science and Their Implications for Science Pedagogy: A Literature Review. *International Journal of Environmental & Science Education*. 3(4): 193-206.

Chang, Wheijen. (2005). Impact of Constructivist Teaching on Students' Beliefs About Teaching and Learning in Introductory Physics. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*. 5(1): 95-109.

Chaninan Pruekpramool. et al. (2011). Student Attitudes toward Science: The Case of Thai Upper Secondary School Non-science Students. *The International Journal of learning*. 18.

Cherry, Gamaliel; & Overbaugh, Richard. (2004). An Overview of Jerome Brunners His Theory of Constructivism. Retrieved March 23, 2009, from http://www.odu.edu/educ/roverbau/...Theory.../Bruner-Cherry.pdf

Clark, Sheldon. Constructivism: Two Perspectives, Common Goals. Retrieved March 23, 2009, from http://www.communityindependentschool.org/pdfs/Constructivism.pdf

Colburn, Alan. (2000). Constructivism: Science Education's "Grand Unifying Theory". *The Clearing House*. 74(1): 9-12.

Cook, Melissa; & Mulvihill, Thalia M. (2008). Examining Us College Students' Attitudes Towards Science: Learning from Non-Science Major. *Educational Research and Review*. 3(1): 38-47.

Creative Thinking Techniques. Retrieved March 23, 2009, from http://www.smnweb.com/ehr/letture/psi/creative_thinking.pdf

Creswell, John W. (2003). *Research Design Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. 2nd ed. London: SAGE Publication.

Curriculum Council government of Western Australia. (2008). Integrated Approaches to Teaching and Learning in the Senior Secondary School. Retrieved March 23, 2009, from

http://www.curriculum.wa.edu.au/.../Guidelines+for+integrated+approaches+to+teaching+and+learning+in+senior+secondary+school+V5.pdf

Do It: A Simple Process for Creativity. Retrieved March 23, 2009, from http://www.improvementnetwork.gov.uk

Driver R., Squire A., Ruthworth P., & Wood-Robinson V. (2005). Making Sence of Secondary Science; Research into Children's Idea. Merck Institute for Science Education. New York.

Driver, Rosalind; et al. (2005). New York: Merck Institute for Science Education. (Making Sence of Secondary Science; Research into Children's Idea.

Duschl, Richard A.; Schweingruber, Heidi A.; & Shouse, Andrew W. (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington, D.C.: The National Academic Press.

Echols, Rosalind. (2007). Physics of Music: Making Waves in a Science Classroom. Retrieved March 23, 2009, from http://www.tip.sas.upenn.edu/curriculum/units/2007/06/07.06.03.pdf

Edgar, Don W.; et al. (2008). Creative Thinking: Opening up a World of Thought. 47-49. http://www.acteonline.org

Eger, Joseph. (2007). *Einstein's Violin Translated by Jittraporn Tanrattanakula*. Bangkok: Matichon Publishing.

Enger, Sandra K.; & Yager, Robert E. (2009). *Assessing Student Understanding in Science: A Standards-Based K–12 Handbook, Second Edition*. Hawker Brownlow Education.

English, Fenwick W. (2000). *Deciding What to Teach and Test: Developing, Aligning and Auditing the Curriculum*. Millennium ed. California: Corwin Press.

Farmer, Walter A.; Farrell, Margaret A.; & Lehman, Jeffrey R. (1991). *Secondary Science Instruction: An Integrated Approach*. Massachusetts: Jason Publications.

Feist, Gregory J. (1998). A Meta-Analysis of Personality in Scientific and Artistic Creativity. *Personality and Social Psychology Review*. 2(4): 290-309.

Felder, R.M. & Henriques, E.R. (1995). Learning and Teaching Styles In Foreign and Second Language Education. *Foreign Language Annals*, 28(1) : 21–31.

Feral, Ogan-Bekiroglu. (2007). To What Degree Do the Currently Used Physics Textbooks Meet the Expectations? *Journal of Science Teacher Education*. 18: 599-628.

Foley, Brian J.; & McPhee, Cameron. (2008). Students' Attitudes Towards Science in Classes Using Hands-on or Textbook Based Curriculum. *AERA 2008*. Retrieved March 4, 2010.

Forte, Imogene; & Schurr, Sandra. (1996). *Integrated Instruction in Science: Strategies, Activities, Projects, Tools, and Techniques*. Tennessee, USA: Incentive Publication.

Fowler, Lynne; et al. (2002). Quantitative Learning Conversations: Constructivism and Its Application to Learning in an Engineering Environment. *HERD SA*. 254-262.

Gallucci, Chrysan. (2007). *Using Sociocultural Theory to Link Individual and Organizational Learning Processes: The Case of Highline School District's Instructional Improvement Reform*. Washington: Center for the Study of Teaching and Policy, University of Washington.

Garfield, Eugene. (July, 1990). Stopping to Think, and Other Strategies for Promoting Scientific Creativity. *Essays of an Information Scientist: Journalology, KeyWords Plus, and other Essays*. 13: 240-241.

Gibson, George N.; & Johnston, Ian D. (January, 2002). New Themes and Audiences for the Physics of Music. *Physics today*. 42-48.

Gil-Pérez, D.; et al. (2002). Defending Constructivism in Science Education. *Science and Education*. 11: 557-571.

Glatthorn, Allan A. (1994). *Developing a Quality Curriculum*. ASCD Publication.

Glynn, Shawn M.; Taasoobshirazi, Gita; & Brickman, Peggy. (2007). Nonscience Majors Learning Science: A Theoretical Model of Motivation. *Journal of Research in Science Teaching*. 44(8): 1088-1107.

George, R. (2000). Measuring Change in Students' Attitude toward Science over Time. *Journal of Science Education and Technology*, 9(3), 213-225.

Grote, Dick. (2005). How to Solve an Attitude Problem. *HR Magazine*. Retrieved October 20, 2010

Hanna, Bonnie. (2003). *Guide to Curriculum Development: Purposes, Practices,Procedures. Lebanon Public Schools*. Retrieved from http://www.lebanonct.org/LPS%20Guide%20to%20Curriculum%20Development%203.01.05.pdf

Haywood, N., Walker, S., O'Toole, G. & Hewitson, C. (2009). *Engaging all young people in meaningful learning after 16: A review.* Research report, 25. Equality and Human Rights Commission.

Hein, G.E. (1995). The Constructivist Museum. *Journal for Education in Museum*. 16: 21-23. http://www.gem.org.uk/pubs/news/hein1995.html

Heller, Kurt A. (December, 2007). Scientific Ability and Creativity. *High Ability Studies*. 18(2): 209-234.

Howard, Judith. (2007). Curriculum Development. Retrieved March 19, 2009 from http://org.elon.edu/catl/documents/curriculum%20development.pdf

Hu, Weiping; & Adey, Philip. (2002). A Scientific Creativity Test for Secondary School Students. *International Journal of Science Education*. 24(4): 389-403.

Huber, Margit. (2001). Learning and Teaching from a Constructivist Perspective. Retrieved March 23, 2009, from http://www.uni-ulm.de/LiLL/.../Huber_%20konstruktivismus_en_2001.pdf

Hubley, Anita M. (2004). Testing International. *International Test Commission (ITC)*. 14(1): 1-16.

Indhawong, Pisarn. (2003). *Thai Classical Music Knowledge*. Bangkok, Thailand: Chomromdek Publishing House.

Integrated Approaches to Teaching and Learning in the Senior Secondary School. (2008). Retrieved March 10, 2009 from http://www.curriculum.wa.edu.au/.../Guidelines+for+integrated+approaches+to+teaching+and+learning+in+senior+secondary+school+V5.pdf

Ismat, A. (1998). Constructivism in Teacher Education: Considerations for Those Who Would Link Practice to Theory. *ERIC Digest (ERIC Clearinghouse on teaching and teacher education, Washington DC, USA)*.

Ivanitskaya, Lana; et al. (Winter, 2002). Interdisciplinary Learning: Process and Outcomes. *Innovative Higher Education*. 27(2): 95-111.

Jacobs, Heidi Hayes. (1989). *Interdisciplinary Curriculum: Design and Implementation*. VA.: ASCD (Association for Supervision and Curriculum Development), Edwards Brothers.

Jeon, Kyungsoon. (2000). Vygotsky's Sociocultural Theory and Its Implications to the Role of Teachers in Students' Learning of Mathematics. *Journal of the Korea Society of Mathematics Educations Series D*. 4(1): 33-43.

Junck, Jerry. (2002). *Attitude is Everything*. Presented the Keynote Address at the Leadership and Education Seminar. Minnesota. Retrieved October 20, 2010

Kan & AkbaŞ. (2006). Affective Factors That Influence Chemistry Achievement (Attitude and Self Efficacy) and the Power of These Factors to Predict Chemistry Achievement-I. Journal of Turkish Science Education. 3(1).

Kelly, Lynda. (2002). Extending the Lens: A Sociocultural Approach to Understanding Museum Learning. Retrieved March 4, 2009, from http://www.amonline.net.au/amarc/pdf/fieldwork/link6.pdf

Kelly, Peter. (2006). What Is Teacher Learning? A Socio-Cultural Perspective. *Oxford Review of Education*. 32.(4): 505-519.

Khoon, Koh Aik; et al. (2008). Changes Are Afoot in Physics Introductory Texts of Today. *College Student Journal*. 42(2): 542-544. Retrieved November 13, 2009, from http://vnweb.hwwilsonweb.com/hww/jumpstart.jhtml?recid

Khumwong, Pinit. Sociocultural Learning Theory and Science Learning. Retrieved March 23, 2009, from http://images.urbanscience.multiply.com/attachment/0/Rq784goKCrwAAFobNEw1/sociocultural.pdf?nmid=50091209

Kim, Kyung Hee. (2006). Can We Trust Creativity Tests? A Review of the Torrance Tests of Creative Thinking (TTCT). *Creativity Research Journal*. 18(1): 3-14.

Klainin, Sunee; & Soydhurum, Pisarn. (2004). *Science Education in Thailand: The Results from SISS to TIMSS*. Bangkok, Thailand: IPST.

Klein, Thompson J. (1990). *Interdisciplinary: History, Theory, and Practice*. Detroit: Wayne State University Press.

Knight, Randall D. (2004). *Five Easy Lessons: Strategies for Successful Physics Teaching*. San Francisco, USA: Pearson Education.

Kozulin, Alex; et al. (2003). Sociocultual Theory and Education: Students, Teachers, and Knowledge. *Cambridge University Press*.

Lang, Manfred; & Olson, John. (2000). Integrated Science Teaching as a Challenge for Teachers to Develop New Conceptual Structures. *Research in Science Education*. 30(2): 213-224.

Lantolf, James P. (2000). Introducing Sociocultural Theory. *Oxford University Press*. 1-25.

Leong, Deborah J.; & Bodrova, Elena. (1996). Constructivism. *Davison Films*.

Li, Weiqi. (2001). Constructivist Learning Systems: A New Paradigm. *IEEE*. 433-434.

Linder, Cedric J. (1992). Understanding Sound: So What Is the Problem? *Physics Educaton*. 27: 258-264.

Linder, Cedric J.; & Erickson, Gaalen L. (1989). A Study of Tertiary Physics Students' Conceptualizations of Sound. *International Journal of Science Education*. 11: 491-501.

Loehle, Craig. (1990). A Guide to Increased Creativity in Research-Inspiration or Perspiration? *Reprinted with Permission from BioScience*. 40(2): 123-129.

Loepp, Franzie L. (1999). Model of Curriculum Integration. Retrieved March 9, 2009, from scholar.lib.vt.edu/ejournals/JOTS/Summer-Fall-1999/.../Loepp.pdf.

Longstreet, Wilma S.; & Shane, Harold G. (1993). *Curriculum for a New Millennium*. MA: Allyn & bacan, A Division of Simon & Schuster.

Low, Albert. (2006). Creative Thinking. *World Futures*. 62: 455-463.

Luo, Dai. (July, 2005). Using Constructivism as a Teaching Model for Computer Science. *The China Papers*. 36-40.

Malaysia, K.& Tan Yao Sua. (2007). Attitudes and Achievement Orientations of Students towards Learning of Science and Mathematics in English. Journal of Learning Design. 25(1).

Mansilla, Veronica Boix; Gardner, Howard; & Miller, William. (1998). On Disciplinary and Interdisciplinary Work. *Project zero, Harvard Graduate School of Education*.

Marshall, Delia; & Linder, Cedric. (August, 2005). Students' Expectation of Teaching in Undergraduate Physics. *International Journal of Science Education*. 27(10): 1255-1268.

McClure, Cara Thomas. (2007). Linking the Disciplines- an Achievement. *Research Corner*. 70-71.

McHenry A.L.; et al. (2005). Constructivism: The Learning Theory That Supports Competency Development of Engineers for Engineering Practice and Technology Leadership through Graduate Education. *Proceeding of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*.

McNeill, Desmond; García-Godos Jemima; & Anne, Gjerdåker. (2001). *Interdisciplinary Research on Development and the Environment*. Norway: Centre for Development and the Environment University of Oslo. Retrieved March 9, 2009,

Menchen, Katherine VerPlanck. (2005). *Invatigations of Student Understanding of Sound Propagation and Resonance*. M.Sc. (Teaching Science). Maine: The University of Maine. Photocopied.

Merino, J Mariano. (1998). Some Difficulties in Teaching the Properties of Sounds. *Physics Education*. 33(2): 101-104.

Merrill, David M. (2000). Instructional Strategies That Teach. Id2 Research Group for CBT Solutions. Retrieved March 23, 2009, from http://www.cito.byuh.edu/merrill/text/papers/Consistency.pdf

-------. (2001). First Principles of Instruction. *Submitted for Publication to Educational Technology Research & Development*.

-------. (2006). A Task-Centered Instructional Strategy. *In Press Journal of Research on Technology in Education*. http://www.cito.byuh.edu/merrill/text/papers/Task_Centered_Strategy.pdf

Milar, David and Aniah, Richard. (2005). Traditional Musical Instruments in Indigenous Communication: Strategies to Revive their Use. COMPAS Magazine.

Milar, Robin. (2010). Developing Students' Understanding of Science: The Role of Practical Work *Metodelab Conference Experimentarium*.

Milicevic, D.; et al. (2007). The Complementary Teaching of Physics and Music Acoustics - the Science of Sound. *American Institute of Physics (Sixth International Conference of the Balkan Physical Union)*. 839.

Miller, Jacqueline B. (2002). Examining the Interplay between Constructivism and Different Learning Styles. Retrieved March 23, 2009 from http://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications/1/8a4_mill.pdf

Mitchell, W. J. T. (1995). Interdisciplinarity and Visual Culture. *Art bulletin*. LXXVII(4): 540-544.

Montgomery, S.M., & Groat, L.N. (1998). Student Learning Styles and their Implications for Teaching. *CRLT Occasional Paper*. 10. The University of Michigan.

Monk, Martin ; & Poston, Mark. (1999). A Comparison of Music and Science Education. *Cambridge Journal of Education*. 29(1): 93-101.

Mooncome, Suwit; & Mooncome, Oratai. (2004). *19 Learning Approaches for Developing Knowledge and Skills*. 5th ed. Bangkok: Pabpim Publishing.

Moss, Barbara; & Noden, Harry. (1995). Creating Integrated Curriculum: Books to Guide the Process. *The Reading Teacher*. 48(4): 358-360.

Nahid Golafshani. (2003). Understanding Reliability and Validity in Qualitative Research. *The Qualitative Report*. 8(4).

National Institute of Educational Testing Service (NIETS). (2010). *The National Report of Ordinary National Educational Test (O-NET) Scores in 2008-2009 from 12th Grade Students*.

National Research Council. (2003). Evaluating and Improving Undergraduate Teaching:

In Science, Technology, Engineering, and Mathematics. Washington D. C.: National Academy Press.

Nikitina, Svetlana. (2006). Three Strategies for Interdisciplinary Teaching: Contextualizing Conceptualizing and Problem-Centring. *Journal of Curriculum Study*. 38(3): 251-271.

Nomnian, Singhanat. Constructivism: Theory and Its Application to Language Teaching. Retrieved March 23, 2009, from http://www.sc.mahidol.ac.th/sclg/sllt/Constructivism__singhanart_.pdf

North C., Adrian, Hargreaves J., David and O'Neill A., Susan. (2000). The Importance of Music to Adolescents. *British Journal of Educational Psychology*. 70: 255-272.

Oers, B. Steps towards a Sociocultural Theory of Learning. Retrieved March 23, 2009, from http://home.planet.nl/~oers0054/Steps%20towards%20a%20sociocultural%20theory%20of%20learning.pdf

Ogan-Bekiroglu, Feral. (2007). To What Degree Do the Currently Used Physics Textbooks Meet the Expectations? *Journal of Science Teacher Education*. 18: 599-628.

-------. (2007). To What Degree Do the Currently Used Physics Textbooks Meet the Expectations? *Journal of Science Teacher Education*. 18: 599-628.

Osborne, Jonathan. (2003). Attitudes Towards Science: A Review of the Literature and Its Implication. *International Journal of Science Education* 25(9): 1049-1079.

Papanastasiou, E.C.,& Zembylas, M. (2002). The Effect of Attitudes on Science Achievement: A Study Conducted among High School Pupils in Cyprus. *International Review of Education.* 48(6): 469–484.

Park, Soonhye; & Seung, Eulsun. (2008). Creativity in the Science Classroom. *The Science Teacher*. 45-48.

Patel, Nandish V. (2003). A Holistic Approach to Learning and Teaching Interaction: Factors in the Development of Critical Learners. *The International Journal of Educational Management*. 17(6/7): 272-284.

Peer, Kimberly S.; & McClendont, Ronald C. (2002). Sociocultural Learning Theory in Practice: Implications for Athletic Trainer Educators. *Journal of Athletic Training*. 37(4): 136-140.

Pejuan, Arcadi. (2000). Music: A Further Way to Approach Physics. Retrieved March 23, 2009, from http://www-fen.upc.es/weupvg/projectes/a_pejuan_2000.pdf

Perkins, David. Teaching for Underatnding. (online)

Pfaff, Thomas J.; & Weinberg, Aaron. (2009). Do Hands-on Activities Increase Student Understanding?: A Case Study. *Journal of Statistics Education*. 17(3): 1-34.

Phojnicha Chansiri. (2009), Students' Perception on Thai Classcal Music and Dance *Faculty of Fine and Applied Art Rajamangala Universiti of Technology Thanyaburi*. Master Thesis,M.Ed. (Higher Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University.

Pikulsri, Chaloemsak. (1999). *Thai Classical Music Appreciation*. Bangkok, Thailand: Odeon Store Publishing.

Posner, George J.; & Rudnitsky, Alan N. (1997). *Course Design: A Guide to Curriculum Development for Teachers*. 5th ed. New York: Longman.

Prem Tinsulanonda. (1998). Awake Spirit of Thai for Economic. Dailynews. p23.

Prokop, P., Tuncer, G. & Chudá, J. (2007). Slovakian Students' Attitudes toward Biology. Retrieved October 20, 2010

Raija, Kuisma. (2001). Study of an Integrated Teaching Approach to Facilitate Active Learning of Clinical Principles and Integration of Knowledge in a Large Group of First Year Physiotherapy Students. Retrieved March 10, 2009, from http://www.pep.edc.polyu.edu.hk/sitehtml/con-projects.html

Rajasekar, S. The Systems Approach to Curriculum Development. Retrieved March 15, 2009, from http://www.lectureinfo.sekars.net/the%20systems%20approach%20to%20curriculum%20development.pdf

Rasil Warnakulasooriya; & Bao, Lei. (2002). Towards a Model-Based Diagnostic Instrument in Electricity and Magnetism- an Example. Retrieved March 23, 2009, from http://www.physics.ohiostate.edu/~lbao/.../PERC_Rasil_Bao_2002.pdf

Ratanakul, Pinit. (1994). A Survey of Thai Buddhist Attitudes towards Science and Genetics. *Intractable Neurological Disorders, Human Genome Research & Society*. 199-202.

Rawinporn wiyarand. (2005). The Study of Attitude toward Thai Dancing of the Fourth Year Students from Burapha University.

Redish, Edward F. (July, 2002). *Teaching Physics with Physics Suite*. Retrieved from http://www2.physics.umd.edu/~redish/Book/toc.pdf

Redish, Edward F.; & Sternberg, Richard N. (January, 1999). Teaching Physics: Figuring Out What Works *Physics Today*. 52: 24-30.

Relan, Anju; & Kimpston, Richard. (1991). Curriculum Integration: A Critical Analysis of Practical and Conceptual Issues. *Paper Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association (Chicaco, IL, April 3-7)*.

Richard, Moore W.; & Foy, Rachel. (1997). The Scientific Attitude Inventory: A Revision (SAI II). *Journal of Research in Science Teaching*. 34(4): 327-336.

Richardson, V. (1997). *Constructivist Teaching and Teacher Education: Theory and Practice. Constructivist Teacher Education: Building New Understandings*. Washington D.C. : Falmer Press.

Rudowicz, Elizabeth; Lok, David; & Kitto, Joanna. (1995). Use of the Torrance Tests of Creative Thinking in an Exploratory Study of Creativity in Hong Kong Primary School Children: A Cross-Cultural Comparison. *International Journal of Psychology*. 30(4): 417-430.

Schecker, Horst P. (1998). Integration of Experimenting and Modeling by Advanced Educationa; Technology: Examples from Nuclear Physics. *The International Handbook of Science Education*. 383-398.

Schnoor, Lois L. (February, 1941). Physics of Sound in Junior High School *Music Educators Journal*. 27(4): 27-57.

Sinkin, Mark G.; & Kuechler, William L. (2005). Multiple-Choice Test and Student Understanding: What Is the Connection? *Decision Sciences Journal of Innovative Education*. 3(1): 73-97.

Smith, Mark K. (1996, 2000). Curriculum Theory and Practice. Retrieved march 4, 2009 from http://www.infed.org/biblio/b-curric.htm <http://www.infed.org/biblio/b-curric.htm

Sowell, Evelyn J. (2000). *Curriculum: An Integrative Introduction*. 2nd ed. New Jersey: Prentice-Hall, Pearson Education.

Starko, Alane J. (1995). *Developing Creativity in the Classroom: School of Curious Delight*. USA: Longman.

Sternberg, Robert J. (2003). Creative Thinking in the Classroom. *Scandinavian Journal of Educational Research*. 47(3): 325-338.

-------. (2006). The Nature of Creativity. *Creativity Research Journal*. 18(1): 87-98.

Stiles, John. (2006). Knowing Versus Understanding. *Iowa Science Teachers Journal*. 33(2).

Stumpf, Heinrich. (1995). Scientific Creativity: A Short Overview. *Educational Psychology Review*. 7(3): 225-241.

Sun, Lily; & Williams, Shirley. (2004). An Instructional Design Model for Constructivist Learning. Retrieved March 23, 2009, from http://www.ais.reading.ac.uk/.../con50An%20Intructional%20design.pdf

Taba, Hilda. (1962). *Curriculum Development: Theory and Practice*. New York and Burlingame: Harcourt, Brace & World, Inc.

Tanrattanakula, Jittraporn. (2007). Einstein's Violin Thai translated. Matichon Publishing. Bangkok.

Technology assistance program, (TAP). (1998). Constructivism and Technology: On the Road to Student-Centered Learning. *TAP into Learning*. 1(1): 1-8.

Thai Junior Encyclopedia Project . (1997). Music for youth. No.16

The Department of Fine Arts. (2001). *Thai Musical Instruments*. 10th ed. Bangkok: The Department of Fine Arts.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2003). *National Science Curriculum Standards*. Bangkok: IPST.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2002). *Science and Technology Teacher Standard*. Bangkok: IPST.

The ministry of education. (2008). The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008). Thailand.

Vars, Gordon F.; & Beane, James A. (June, 2000). Integrative Curriculum in a Standards-Based World. *ERIC Digest*.

Vijayalakshmi, Karri. (2007). Learning Science through the Sound of Music. Retrieved March 23, 2009, from http://www.tip.sas.upenn.edu/curriculum/units/2007/06/07.06.06.pdf

Warner, J.M. (2008). Supplemental Instruction for Non-Science Majors Biology Students: Meanings and Influences on Science Identities for Women. Retrieved October 20, 2010

Wechsler, Solange. (2006). Validity of the Torrance Tests of Creative Thinking to the Brazilian Culture. *Creativity Research Journal*. 18(1): 15-25.

Wiles, Jon; & Bondi, Joseph. (1989). *Curriculum Development: A Guide to Practice*. Ohio: Merrill Publishing Company.

Wilson, Kate. (2003). *A Social Constructivist Approach to Teaching Reading: Turning the Rhetoric into Reality*. 16th Educational Conference Melbourne, Australia Retrieved March 23,2009,

Wittmann, Michael C. (2002). The Object Coordination Class Applied to Wave Pulses: Analysing Student Reasoning in Wave Physics. *International Journal of Science Education*. 24(1): 97-118.

Wittmann, Michael C.; Steinberg, Richard N.; & Redish, Edward F. (1999). Making Sense of How Students Make Sense of Mechanical Waves. *The Physics Teachers*. 37: 15-21.

-------. (2003). Understand and Affecting Student Reasoning About Sound Waves. *International Journal of Science Education*. 25(8): 991-1013.

Wolf, Peter; Hill, Art; & Evers, Fred. (2006). *Handbook for Curriculum Assessment*. Educational research of development unit, University of Guelph. Retrieved from http://www.tss.uoguelph.ca/resources/pdfs/HbonCurriculumAssmt.pdf

Yasushi, Ogura. (2009). Comparison of Attitudes toward Science between Grade 9 and 10 Japanese Students By Using the PISA Questions and Its Implications on Science Teaching in Japan. *Paper Presented at the PISA Research Conference in Kiel*, Germany.

Yelon, Stephen L. (1996). *Powerful Principles of Instruction*. New York: Longman.

Zahorik, J. A. (1995). *Constructivist Teaching*. Indiana, USA: Phi Delta Kappa Education Foundation.

APPENDIX

Appendix A

The list of experts and participating teachers

Appendix A

The list of experts and participating teachers

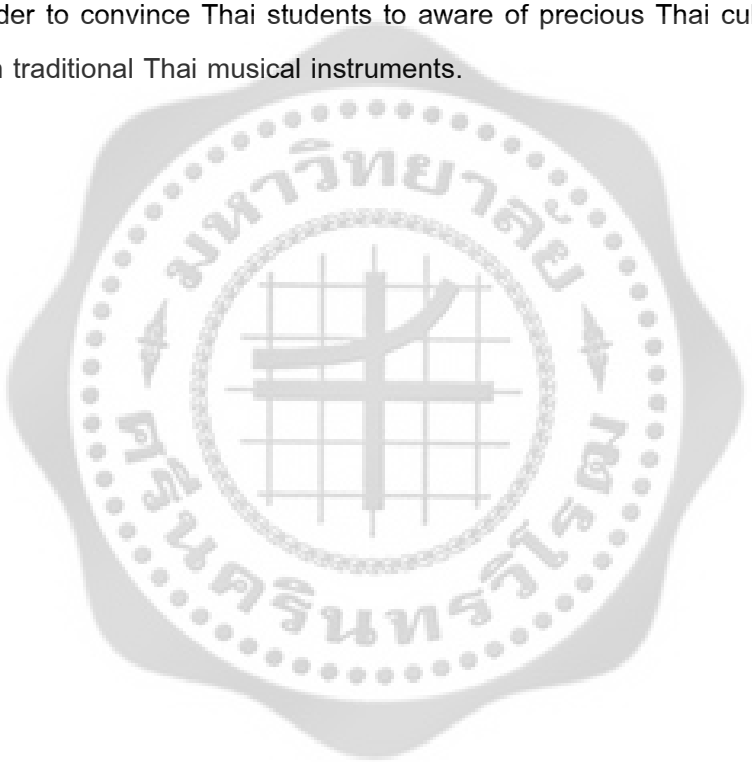
These are seven experts who verified the SoSTI course, student's handbook, teacher's handbook and all research instruments used in this study and four teachers who excellently helped in collaborating and providing the necessary materials during the time that I was in schools.

1. Acting Sub Lt. Dr.Manat Boonprakob
   Behavioral Science Research Institute, Srinakharinwirot University
2. Assist. Prof. Dr.Surasak Chiangga
   The Faculty of Science, Department of Physics, Kasetsart University
3. Dr.Kanchulee Punyain
   Science Institute, the Office of Basic Education Commission
4. Dr.Sumalee Nakprada
   Faculty of Social Sciences and Humanities, Mahidol University
5. Dr. Chade Sirisawat
   Faculty of Education Burapha University
6. Dr.Theerapong Sangpradit
   Science Education Center, Srinakharinwirot University
7. Dr.Khajornsak Buaraphan
   Institute for Innovative Learning, Mahidol University
8. Kru Amporn Pruekpramool
   Satthasamut School, Samut Songkhram province
9. Kru Chaiyapruek Pruekpramool
   Satthasamut School, Samut Songkhram province
10. Kru Supap Akatimagool
    Satthasamut School, Samut Songkhram province
11. Kru Jeerawan Sittheeamorn
    Rattanakosinsompoch Bangkhen School, Bangkok

12. Kru Surin Udomsawat

Mr. Surin Udomsawat or Kru Surin is my first traditional Thai music instructor since I was eight years old. He can play every Thai musical instrument especially Ràn๊ât Ày-k. He used to be the musician of Air Force Thai traditional ensemble. He is a very kind person because he knows that learning to play traditional Thai musical instruments is a hard work but full of happiness.

Presently, Kru Surin has leaved this world already because of cancer (in 2010) but the things he has done for Traditional Thai music and musical instruments are the best as much as he can. Regarding to his words, I used this information to be the basic idea of my research in order to convince Thai students to aware of precious Thai culture and tradition especially of in traditional Thai musical instruments.



Appendix B

The science of sound in traditional Thai musical instruments course

หลักสูตรวิทยาศาสตร์เรื่องเสียงในเครื่องดนตรีไทย
(The Science of Sound in traditional Thai musical instruments course)

หลักการของหลักสูตร

หลักการของการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์เรื่องเสียงในเครื่องดนตรีไทยนี้ ได้จากการศึกษาการปฏิรูปการศึกษาของไทย โดยเฉพาะการปฏิรูปหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของไทยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่สะท้อนความก้าวหน้าของทุกประเทศ ประเทศที่ประสบความสำเร็จด้านวิทยาศาสตร์จะนำไปสู่ความเป็นผู้นำในด้านอื่น ๆ ด้วย วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญต่อความคิดและการพัฒนาศักยภาพของมนุษย์ วิทยาศาสตร์ไม่ได้เป็นเพียงแค่วิชาหนึ่งในชั้นเรียน แต่วิทยาศาสตร์เป็นรากฐานของชีวิต ความรู้วิทยาศาสตร์และกระบวนวิธีทางวิทยาศาสตร์มีผลต่อการตัดสินใจของบุคคล

การพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยได้รับอิทธิพลมาจากการปฏิรูปหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกา เช่นเดียวกับนานาอารยประเทศทั่วโลก ในปี พ.ศ. 2507-2513 โครงการ UNESCO Pilot project for chemistry teaching in Asia ได้ก่อตั้งขึ้นในประเทศไทย โครงการนี้มุ่งส่งเสริมการนำแนวคิดใหม่ใช้ในด้านเคมีศึกษาและได้ขยายต่อไปถึงด้านฟิสิกส์ศึกษาในเวลาต่อมา หลังจากนั้นสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ดำเนินการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของไทยตั้งแต่ปี 2513 เป็นต้นมา หลักสูตรวิทยาศาสตร์ของ สสวท. มุ่งส่งเสริมไปที่คุณลักษณะสำคัญของวิทยาศาสตร์ 3 ประการ ได้แก่ ความรู้วิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ หลักสูตรเน้นไปที่การทำกิจกรรมรวมไปถึงวิธีการสืบเสาะหาความรู้และวิธีการเรียนรู้แบบค้นพบ ในช่วงปี พ.ศ.2523 เป็นต้นมา ประเทศไทยได้พัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาภายใต้หัวข้อ วิทยาศาสตร์เพื่อมวลชน (Science for all) ในปี พ.ศ. 2542 พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติกล่าวว่า นักเรียนมีอิสระในการตัดสินใจเลือกที่จะเรียนหรือไม่เรียนวิทยาศาสตร์รวมไปถึงคณิตศาสตร์ (Klainin & Soydhurum, 2004) ถึงแม้ประเทศไทยได้มีการพัฒนาหลักสูตรมาเป็นระยะเวลาที่ยาวนานแต่ผลลัพธ์ที่ได้ยังไม่เป็นที่น่าพอใจเนื่องมาจากนักเรียนมีลีลาการเรียนรู้ที่หลากหลาย หลักสูตรวิทยาศาสตร์ของไทยสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แบ่งออกเป็น 3 สาขาวิชาหลัก ฟิสิกส์ เคมีและชีววิทยา ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงนักเรียนที่ไม่เน้นวิทยาศาสตร์เราจะพบว่าหลักสูตรนี้ค่อนข้างที่จะไม่เหมาะสมกับนักเรียนกลุ่มนี้ นักเรียนที่ไม่เน้นวิทยาศาสตร์ หมายถึงนักเรียนที่เลือกเรียนในสายวิชาที่เกี่ยวกับศิลปะ ภาษา ดนตรี และคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตามนักเรียนกลุ่มนี้มีข้อบังคับที่ต้องเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนกลุ่มดังกล่าวมีผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ต่ำ

ผู้วิจัย นักการศึกษาและผู้เชี่ยวชาญประสบปัญหาในการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์เนื่องจาก มโนคติทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลายและเป็นนามธรรมซึ่งยากที่จะหายุทธวิธีการ

สอนที่เหมาะสม โดยเฉพาะมโนคติด้านฟิสิกส์ Knight (2004) กล่าวว่าวิทยาศาสตร์เรื่องเสียงเป็นนามธรรมยากแก่การทำความเข้าใจ นอกจากนั้นจากประสบการณ์การสอนของผู้วิจัยเองพบว่ามโนคติวิทยาศาสตร์เรื่องเสียงเป็นเรื่องท้าทาย สาเหตุเนื่องมาจากนักเรียนขาดบริบทในการเรียนรู้ โดยเฉพาะนักเรียนในกลุ่มที่ไม่เน้นวิทยาศาสตร์ ซึ่งการสอนในการนำบริบทอื่นที่นักเรียนไม่คุ้นเคยมาใช้จะทำให้นักเรียนไม่สามารถเข้าใจได้อย่างลึกซึ้ง

จากการศึกษาของ Merck institute เปิดเผยว่า นักเรียนเพียงไม่กี่คนเท่านั้นที่สามารถอธิบายการแผ่ของคลื่นเสียงได้ (Driver R.; Squire A.; Ruthworth P.; & Wood-Robinson V., 2005: 136-137) ยิ่งไปกว่านั้นนักเรียนยังคงมีปัญหาเกี่ยวกับภาพประกอบในหนังสือ ซึ่งอธิบายไม่ชัดเจนในเรื่องคลื่นในสองมิติ (Knight, 2004) อีกหนึ่งปัญหาที่หลักสูตรวิทยาศาสตร์ขาด นั่นคือการเชื่อมต่อวิทยาศาสตร์เข้ากับโลกแห่งความจริงและชีวิตประจำวันของผู้คน อีกทั้งวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ทั้งฟิสิกส์ เคมีและชีววิทยา ยังมีเนื้อหามากและการเรียนรู้ยังคงมุ่งเน้นไปที่การท่องจำและการคำนวณทั้งสิ้น

สสวท. ได้กำหนดคุณลักษณะของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่สำคัญไว้ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ว่า หลักสูตรวิทยาศาสตร์ควรมีการเชื่อมต่อเนื้อหา หลักการ มโนคติและกระบวนการแบบดั้งเดิม ได้แก่ วัฒนธรรมและภูมิปัญญาเข้าด้วยกัน ทั้งยังต้องมีความยืดหยุ่นและความหลากหลาย หลักสูตรวิทยาศาสตร์ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิดและความสามารถในการเรียนรู้ อีกทั้งหลักสูตรวิทยาศาสตร์ควรตอบสนองต่อสังคม วัฒนธรรม ประเพณีให้มากที่สุด สังคมวัฒนธรรมที่อยู่ล้อมรอบนักเรียนมีส่วนสำคัญในการช่วยให้นักเรียนเข้าใจวิทยาศาสตร์ในบริบทของตนเองและชี้นำให้นักเรียนมองเห็นถึงการเชื่อมระหว่างวิทยาศาสตร์และโลกที่อาศัยอยู่ (AAAS, 1998: 126)

Karri (2007) กล่าวว่าวิทยาศาสตร์เรื่องเสียงและดนตรีมีความสัมพันธ์กันในเรื่องของความเข้าใจในเรื่องเสียง และเป็นการปูพื้นฐานความรู้ในความเข้าใจเรื่องเครื่องดนตรีในเชิงวิทยาศาสตร์ ในทำนองเดียวกัน Eger (2005) นักดนตรีได้กล่าวว่าฟิสิกส์และดนตรีเป็นการบูรณาการซึ่งกันและกัน (Tanrattanakula, 2007: 410) อีกทั้ง Browne (2007) ได้แสดงให้เห็นว่าเครื่องดนตรีสามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องเสียงในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างง่ายดาย เครื่องดนตรีเป็นตัวอย่างที่ดีในการทำความเข้าใจเรื่องคลื่นนิ่ง ในสังคมไทยก็เช่นกันไทยเรามีวัฒนธรรมที่เป็นลักษณะพิเศษเฉพาะตัว และเครื่องดนตรีไทยถือเป็นหนึ่งในนั้นและเป็นสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคย ดังนั้นผู้วิจัยเชื่อว่าการใช้เครื่องดนตรีไทยก็เป็นทางหนึ่งสามารถช่วยให้นักเรียนที่กลัววิทยาศาสตร์เข้าใจในเรื่องเสียงได้

ในอดีตเครื่องดนตรีไทยมีอิทธิพลต่อชนชาวไทยเป็นอย่างมาก ดนตรีไทยมีท่วงทำนองที่ไพเราะสะท้อนถึงวิถีชีวิตที่เรียบง่ายของไทย เครื่องดนตรีไทยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ เครื่องสาย เครื่องเป่า และเครื่องกระทบ (The Department of fine Arts, Thailand, 2001) ความงดงามของดนตรีไทยมีคุณค่าทางจิตใจของชนชาวไทยมาเป็นระยะเวลายาวนานและเป็นต้นกำเนิดของวัฒนธรรมและความเป็นอารยะของสังคมไทย เครื่องดนตรีไทยถือว่าเป็นมรดกที่มีค่าของไทย

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (Indhawong, 2003) แต่ดนตรีไทยในปัจจุบันเริ่มหายไปจากใจของคนไทยรุ่นใหม่เนื่องจากดนตรีร่วมสมัยที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน หลักสูตรแกนกลางพุทธศักราช 2551 กล่าวว่าเพื่อที่จะพัฒนาคนรุ่นใหม่ให้ก้าวสู่ศตวรรษที่ 21 เราควรส่งเสริมสนับสนุนให้เด็กรุ่นใหม่มีความตระหนักในเรื่องของการดำรงรักษาวัฒนธรรมและภูมิปัญญาของไทยในทุก ๆ ด้าน นอกจากนี้การรักในความเป็นไทยเป็นหนึ่งในลักษณะที่พึงประสงค์ในหลักสูตรแกนกลางนี้อีกด้วย (The ministry of education, 2008).

ดังนั้น ผู้วิจัยได้รับแรงบันดาลใจในการออกแบบหลักสูตรวิทยาศาสตร์หลักสูตรใหม่ที่เกี่ยวข้องกับดนตรีให้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ไม่เน้นวิทยาศาสตร์และสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางพุทธศักราช 2551 หลักสูตรนี้เป็นหลักสูตรบูรณาการแบบสหวิทยาการภายให้รูปแบบของ Jacobs (1989) ซึ่งเป็นการรวมเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์จากฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา เข้ากับเนื้อหาด้านดนตรีไทย คณิตศาสตร์และวัฒนธรรม ให้เหมาะสมกับความหลากหลายของนักเรียน นักเรียนที่ได้เรียนหลักสูตรนี้จะได้รับการพัฒนาทางการคิดโดยใช้สมองทั้งสองซีกควบคู่กันไป นอกจากนี้หลักสูตรนี้ยังส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน โดยการใช้กิจกรรม การทดลองและใช้วิธีการสอนแบบบูรณาการภายใต้แนวความคิดทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) ความคาดหวังจากหลักสูตรนี้เพื่อที่จะเชื่อมต่อโลกของวิทยาศาสตร์และโลกของดนตรีในบริบทของเครื่องดนตรีไทยและช่วยให้นักเรียนตระหนักถึงวัฒนธรรมและประเพณีที่ดีงามของไทย เพื่อทำให้การเรียนหลักสูตรนี้สมบูรณ์นักเรียนจะมีการประดิษฐ์เครื่องดนตรีไทยของตนเองโดยใช้วัสดุที่มีอยู่ในชีวิตประจำวัน

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

1. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องเสียงในเครื่องดนตรีไทย
2. เพิ่มส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากได้เรียนรู้ตามหลักสูตรนี้
3. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักถึงวัฒนธรรมและประเพณีที่มีค่าของไทยโดยเฉพาะเครื่องดนตรีไทย
4. เพื่อส่งเสริมให้นำหลักสูตรแบบสหวิทยาการเรื่องเสียงในเครื่องดนตรีไทย ไปใช้สำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับนักเรียนไม่เน้นวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

วิธีจัดประสบการณ์การเรียนรู้

ใช้วิธีการสอนแบบบูรณาการ (Integrated teaching approach) หมายถึงการบูรณาการหลากหลายวิธีการเข้าด้วยกันโดยมีพื้นฐานมาจากแนวความคิดทฤษฎีสรรคนิยม โดยวิธีการสอนทั้งหมดที่ได้รับเลือกจะส่งเสริมนักเรียนในการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเพื่อให้การเรียนรู้ของนักเรียนมีความน่าสนใจมากขึ้น วิธีการสอนแบบนี้แตกต่างจากวิธีดั้งเดิม ได้แก่ การเขียนกระดาน

หรือให้การบ้าน โดยเน้นที่ความเข้าใจในมโนคติแทนการท่องจำ ลักษณะของวิธีการสอนแบบบูรณาการที่ใช้ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์เรื่องเสียงในเครื่องดนตรีไทย (SoSTi course) มีลักษณะดังนี้

1. มีความหลากหลายในยุทธวิธีการสอน เช่น การอภิปรายกลุ่ม การสาธิต การทำการทดลอง และผลงานนักเรียน เป็นต้น

2. ความหลากหลายของการประเมินและแบบประเมินที่ใช้ได้แก่ แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Hu & Aday, 2002), Scientific Attitude Inventory (SAI II) (Richard & Foy, 1997), การสังเกตโดยการจดบันทึก, แบบสอบวัดความเข้าใจในวิทยาศาสตร์เรื่องเสียง, การสัมภาษณ์ เป็นต้น

3. เป็นการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและมีความหมาย

4. มุ่งเน้นความสนใจไปที่การรับฟังการคิดของนักเรียน

5. ส่งเสริมการเรียนรู้แบบร่วมมือ ร่วมใจ ร่วมคิด (Cooperative learning)

6. ครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก

การวัดและประเมินผล

การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์เรื่องสียงในเครื่องดนตรีไทย (SoSTi course) มีวิธีการประเมินที่หลากหลาย ทั้งจากการสังเกตการทำกิจกรรมของนักเรียนในแต่ละบทเรียนการเรียนรู้ ประเมินจากผลงานของนักเรียน การประเมินโดยใช้เครื่องมือที่หลากหลาย รวมถึงใบงาน ใบกิจกรรมและแบบฝึกหัด

เอกสารอ้างอิง

American Association for the Advancement of Science, (AAAS). (1998). *Blueprints for Reform: Science, Mathematics, and Technology Education/Project 2061*. New York: Oxford university press.

Browne, Jill. (2007). How Musical Instruments Make Music: Studying Music and Physics Can Bring Art and Science Together. Retrieved March 4, 2009 from http://curriculalessons.suite101.com/article.cfm/how_musical_instruments_make_music

Eger, Joseph. (2007). *Einstein's Violin Translated by Jittraporn Tanrattanakula*. Bangkok: Matichon publishing.

Hu, Weiping; & Aday, Philip. (2002). A Scientific Creativity Test for Secondary School Students. *International Journal of Science Education*. 24(4): 389-403.

Indhawong, Pisarn. (2003). *Thai Classical Music Knowledge*. Bangkok, Thailand: Chomromdek publishing house.

Jacobs, Heidi Hayes. (1989). *Interdisciplinary Curriculum: Design and Implementation*. VA.: ASCD (Association for Supervision and Curriculum Development), Edwards Brothers, Inc.

Klainin, Sunee; & Soydhurum, Pisarn. (2004). *Science Education in Thailand: The Results from Siss to Timss*. Bangkok, Thailand: IPST.

Knight, Randall D. (2004). *Five Easy Lessons: Strategies for Successful Physics Teaching*. San Francisco, USA: Pearson Education, Inc.

The Department of Fine Arts. (2001). *Thai Musical Instruments*. 10th ed. Bangkok: The Department of Fine Arts.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2003). *National Science Curriculum Standards*. Bangkok: IPST.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2002). *Science and Technology Teacher Standard*. Bangkok: IPST.

The ministry of education. (2008). The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008). Thailand.

โครงสร้างหลักสูตรวิทยาศาสตร์เรื่องเสียงในเครื่องดนตรีไทย

(The Science of Sound in traditional Thai musical instruments course)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนไม่เน้นวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6

เวลา 40 ชั่วโมง จำนวน 1 หน่วยกิต ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มฐ.ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
-	นักเรียนทำแบบวัดและแบบสอบก่อนเรียน ได้แก่ แบบวัดเจตคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบสอบวัดความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องเสียง แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อดนตรีไทย			3	-
1	รอบรู้เรื่องเสียง	**กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์** **สาระที่ ๕** พลังงาน **มาตรฐาน ว๕.๑** เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ๑. ทดลองและอธิบายสมบัติของคลื่นกล และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็ว ความถี่และความยาวคลื่น ๒. อธิบายการเกิดคลื่นเสียง บีตส์ของเสียง ความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพเสียงและการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ๓. อภิปรายผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับมลพิษทางเสียงที่มีต่อสุขภาพของมนุษย์และเสนอวิธีป้องกัน **สาระที่ ๘** ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**มาตรฐาน ว ๘.๑** ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การ	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเรื่องเสียง ได้แก่ ธรรมชาติของเสียง อัตราเร็วเสียง ความเข้มเสียง ความถี่เสียง ความยาวคลื่นเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพของเสียง ในเครื่องดนตรีทั้งไทยและสากล	6	17.65
2	ดนตรีไทย: รากแก้วของสังคมไทย		ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับดนตรีไทย โดยกล่าวถึงประวัติความเป็นมา เครื่องดนตรีไทยประเภทเครื่องสาย ได้แก่ ซอด้วง ซออู้ จะเข้ เครื่องดนตรีไทยประเภทเครื่องลม ได้แก่ ปี่และขลุ่ย เครื่องดนตรีไทยประเภทเครื่องตี/กระทบ ได้แก่ กรับเสภา ระนาดเอก ตะโพน ฆ้องวง และฉิ่ง เพื่อปลูกฝังให้นักเรียนสนใจและตระหนักถึงความเป็นไทย	4	11.76
3	แตกต่างอย่างลงตัว		ระบบเสียงที่แตกต่างกันระหว่างเครื่องดนตรีไทยและเครื่องดนตรีสากล และการ	2	5.88

ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มฐ.ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
		แก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบาย และตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูล และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน ๑. ตั้งคำถามอยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้นที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ ๒. สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดสิ่งที่จะพบ หรือสร้างแบบจำลองหรือสร้างรูปแบบเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ๓. ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่ต้องพิจารณาปัจจัยหรือตัวแปรสำคัญ ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยอื่น ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ และจำนวนครั้งของการสำรวจตรวจสอบเพื่อให้ได้ผลที่มีความเชื่อมั่นอย่างเพียงพอ ๔. เลือกวัสดุ เทคนิควิธี อุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเกต การวัด การสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้อง ทั้งทางกว้างและลึกในเชิงปริมาณและคุณภาพ ๕. รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบถูกต้องครอบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและในเชิงคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ความเหมาะสมหรือความผิดพลาดของข้อมูล ๖. จัดกระทำข้อมูล โดยคำนึงถึงการรายงานผลเชิงตัวเลขที่มีระดับความถูกต้องและนำเสอนข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม ๗. วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายของข้อมูลและประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปหรือสาระสำคัญ เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ๘. พิจารณาความน่าเชื่อถือของวิธีการและผลการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้หลัก	ผสมผสานกันอย่างลงตัว		
4	สืบสานผ่านสาย		ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เรื่องเสียงในเครื่องดนตรีไทยประเภทเครื่องสาย ได้แก่ ซอด้วง ซออู้ และจะเข้ โดยศึกษาถึงการเกิดเสียงดนตรีในเครื่องสาย การเกิดคลื่นนิ่ง ประโยชน์ของกล่องเสียงของเครื่องดนตรี วัสดุที่นิยมใช้ในการทำเครื่องดนตรี	6	17.65
5	ท่วงทำนองของวาโย		ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เรื่องเสียงในเครื่องดนตรีไทยประเภทเครื่องลม ได้แก่ ขลุ่ยและปี่ โดยศึกษาถึงการเกิดเสียงดนตรีในเครื่องลมที่มีลิ้นและไม่มีลิ้น การเกิดคลื่นนิ่ง การสั่นพ้องในท่อปลายปิดและเปิด วัสดุที่นิยมใช้ในการทำเครื่องดนตรีประเภทนี้	6	17.65
6	กระทบกระทั่ง		ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เรื่องเสียงในเครื่องดนตรีไทยประเภทเครื่องตี/กระทบ ได้แก่ กรับเสภา ระนาดเอก ตะโพน ฆ้องวง และฉิ่งโดยศึกษาถึงการเกิดเสียงดนตรีในเครื่องตี ที่ทำมาจากวัสดุต่างกันและมีวิธีกระทบให้เกิดเสียงแตกต่างกัน รวมถึงวัสดุที่นิยมใช้ในการทำเครื่องดนตรีประเภทนี้	6	17.65
7	เครื่องดนตรีของฉัน		การนำความรู้วิทยาศาสตร์เรื่องเสียงมาประยุกต์ใช้ โดยนักเรียนออกแบบและสร้าง	4	11.76

ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มฐ.ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
		ความคลาดเคลื่อน ของการวัดและการสังเกต เสนอแนะการปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ ๙. นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ไปสร้างคำถามใหม่ นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่และในชีวิตจริง ๑๐. ตระหนักถึงความสำคัญในการที่จะต้องมีส่วนร่วมรับผิดชอบการอธิบายการลงความเห็น และการสรุปผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่นำเสนอต่อสาธารณชนด้วยความถูกต้อง ๑๑. บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่ ๑๒. จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการและผลของโครงงาน หรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ **กลุ่มสาระการเรียนรู้ศิลปะ** **สาระที่ ๒** ดนตรี **มาตรฐาน ศ ๒.๒** เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างดนตรี ประวัติศาสตร์ และวัฒนธรรม เห็นคุณค่าของดนตรีที่เป็นมรดกทางวัฒนธรรม ภูมิปัญญาท้องถิ่น ภูมิปัญญาไทยและสากล ๕. นำเสนอแนวทางในการส่งเสริมและอนุรักษ์ดนตรีในฐานะมรดกของชาติ	เครื่องดนตรีของตนเองจากความรู้ที่เรียนมาโดยใช้วัสดุที่หาง่าย มีอยู่รอบตัว พร้อมทั้งให้เหตุผลในการออกแบบ และสามารถอธิบายการเกิดเสียงของเครื่องดนตรีชนิดนั้นๆ นำเสนอแนวทางส่งเสริมและอนุรักษ์ดนตรีในฐานะมรดกของชาติ		
-	นักเรียนทำแบบวัดและแบบสอบหลังเรียน ได้แก่ แบบวัดเจตคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบสอบวัดความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องเสียง แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อดนตรีไทย			3	-

ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มฐ.ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
รวมตลอดปี/ภาค				40	100

การวัดผลการเรียน (Evaluation)

1. การประเมินความรู้ทางวิชาการ 30%
2. การประเมินการทำงานหรือกิจกรรมในชั้นเรียน 10%
3. การประเมินผลงานที่ได้มอบหมาย 30%
4. อื่นๆ ได้แก่ ใบงาน ใบกิจกรรม แบบฝึกหัด ฯลฯ 20%
5. การเข้าชั้นเรียน 10%

Appendix C

Authorized electronic letters and examples of research instruments

Appendix C

Authorized electronic letters and examples of research instruments

The researcher have asked for research instrument permissions for Scientific Creativity Test, Scientific Attitude Inventory II, and Physics textbook evaluation form in order to used and adapted these instruments into this research study and the electronic emails are shown as the following

1. The Scientific Creativity Test (Hu & Adey, 2002)

Re: Asking for your permission to use the research instrument. Back to messages

To see messages related to this one, group messages by conversation.

Phillip Aday 11/02/09
To Chaninan Pruekpramool, weipinghu Reply

2 attachments (total 170.6 KB) Hotmail Active View

SciCreatS...doc
View online
Download (29.5 KB)

Weiping's...docx
View online
Download (137.8 KB)

Download all as zip

Dear Chainan Pruekpramool,

Thank you for your enquiry. You may use the scientific creativity test in your research as long as you fully acknowledge its source and make clear any modifications you make to it. You may not use it for any commercial purposes or for any large scale use beyond the needs of your own PhD research.

I attach an English language version of our original scale. Professor Hu may be able to provide a revised version in Chinese, if that would be useful for you.

Good luck with your research.

Regards

Philip Adey

Philip Adey (Professor)
Developing Intelligence
23 Prospect Quay, London SW18 1PR
t: (+44)(0)20 8480 1006 m: (+44)(0)7968 497555
www.kcl.ac.uk/schools/sspp/education/research/projects/cognitive

Dear Dr.Chaninan Prukpram
Prof. Adey has sent the test to you. You should note the test is developed by Weiping HU and Philip Adey. The reference shoud include the paper"A scientific creativity test for secondary shool students" published on "International Journal of Science Education."
If possible. Could you send me your creativity data and your dissertation?
Thank you
If there is any questions, please contanct me.

Weiping Hu

--
Center for the Development of Teacher Professional Abiltiy
National Innovation Platform for Teacher Education
Shaanxi Normal University
199 Chang'an South Road, Xi'an 710062
P.R.China

On 2 Nov 2009, at 09:17, Chaninan Pruekpramool wrote:

Dear Professor Hu, Weiping, and Professor Aday, Philip
Let me introduce myself first, my name is Chaninan Prukpramool. I'm a graduate student from Srinakharinwirot University (SWU), Thailand. My major is Science education. I'm during doing my dissertation in the title "Physics of Sound in Thai Classical Music Instruments: An interdisciplinary course development for the upper secondary school students by using integrated teaching approach" In this course I have to develop and create book including student handbook, teaching handbook and lesson plan. I also will measure students' attitude toward physics and the course including students' Scientific Creativity.
I have read your paper 'Hu, Weiping & Aday, Philip. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. International journal of science education. 24(4): 389-403. and I'm interested in one of your instrument which is 'Adolescent Scientific Creativity Test'. So, I would like to ask for your permission to use this instrument. Please allow me to use your instrument and tell me how to download or access to the instrument. After you give me a permission to use I will translate it in Thai language and adapt some word in order to make it correspond with the course content and Thai context.
Thank you in advance for your help and your kindness. If you need more information you can contact to my professors in the following address;
Nason Phonphok, PhD
Head Physics Department, Faculty of Science, Srinakharinwirot University
Head of Science Education center, Srinakharinwirot University
114 Sukhumvit 23, Bangkok 10110 Thailand
Tel. 662-664-1000 ext 8162
e-mail : nason@swu.ac.th

Orvil L. White, PhD
SUNY Cortland, PO Box 2000
Van Hoesen, B219#4
Cortland, NY 13045
(607) 753-2442
e-mail : orvil.white@cortland.edu

Or contact directly to me via this email dinny_love@hotmail.com
Best regard,
Chaninan

2. The Scientific Attitude Inventory II (SAI II) (Richard & Foy, 1997)

Re: Asking for your permission to use the research instrument.
To see messages related to this one, group messages by conversation.
Back to messages

Richard Moore W.,
To Chaninan Pruekpramool
11/02/09
Reply

2 attachments (total 63.0 KB)
Hotmail Active View

SAI II.Po...doc
View online
Download (31.0 KB)

SAI II.doc
View online
Download (32.0 KB)

Download all as zip

Dear Dr. Phonphok,

I have attached a copy of the SAI II and a listing of the attitudes assessed by the SAI II. The latter indicates the attitude assessed by each item in the SAI II. It can be used to develop a scoring scheme. Permission to use the SAI II in your current work is hereby granted. Best wishes with your work.

Richard W. Moore

At 04:11 AM 11/2/2009, you wrote:

Dear Professor Richard, Moore W.,
Let me introduce myself first, my name is Chaninan Prukpramool. I'm a graduate student from Srinakharinwirot University (SWU), Thailand. My major is Science education. I'm during doing my dissertation in the title "Physics of Sound in Thai Classical Music Instruments: An interdisciplinary course development for the upper secondary school students by using integrated teaching approach" In this course I have to develop and create book including student handbook, teaching handbook and lesson plan. I also will measure students' attitude toward physics and the course.
I have read your paper 'Richard, Moore W; & Foy, Rachel. (1997). *The Scientific Attitude Inventory: A revision (SAI II)*.from Journal of Research in Science Teaching. 34(4): 327-336. and I'm interested in one of your instrument which is 'A Scientific Attitude Inventory (SAI II)'. So, I would like to ask for your permission to use this instrument. Please allow me to use your instrument and tell me how to download or access to the instrument. After you give me a permission to use I will translate it in Thai language and adapt some word in order to make it correspond with the course content and Thai context.
Thank you in advance for your help and your kindness. If you need more information you can contact to my professors in the following address;

Nason Phonphok, PhD

Head Physics Department, Faculty of Science, Srinakharinwirot University

Head of Science Education center, Srinakharinwirot University
114 Sukhumvit 23, Bangkok 10110 Thailand
Tel. 662-664-1000 ext 8162
e-mail : nason@swu.ac.th

Orvil L. White, PhD

SUNY Cortland, PO Box 2000

Van Hoesen, B219#4

Cortland, NY 13045

(607) 753-2442

e-mail : orvil.white@cortland.edu

Or contact directly to me via this email dinny_love@hotmail.com
Best regard,
Chaninan

3. The Physics Textbook evaluation form (Ogan-Bekiroglu, 2007)

Re: Asking for your permission to use the instrument. Back to messages

Feral Ogan-Bekiroglu
To Chaninan Pruekpramool
11/02/09
Reply

Dear Chaninan,

You have my permission to use the instrument in my article titled "To what degree do the currently used physics textbooks meet the expectations?" and published in JSTE.

Just to let you know that there is a print mistake in page 622. It should not write "instructional support" because the criteria in page 622 still belong to "content" category.

Good luck with your dissertation.

Feral Ogan-Bekiroglu, MSc, PhD
Associate Professor, Physics Education
Marmara University
Department of Secondary Science and Mathematics Education
Office Phone: (+90)216-345-4705/203
Second E-mail: fbekiroglu@marmara.edu.tr

From: Chaninan Pruekpramool <dinny_love@hotmail.com>
To: feralogan@yahoo.com
Sent: Mon, November 2, 2009 10:56:54 AM
Subject: Asking for your permission to use the instrument.

Dear Professor Feral Ogan-Bekiroglu,
Let me introduce myself first, my name is Chaninan Prukpramool. I'm a graduate student from Srinakharinwirot University (SWU), Thailand . My major is Science education. I'm during doing my dissertation in the title "Physics of Sound in Thai Classical Music Instruments: An interdisciplinary course development for the upper secondary school students by using integrated teaching approach" In this course I have to develop and create book including student handbook, teaching handbook and lesson plan.

I have read your paper Ogan-Bekiroglu, Feral (2007). *To what degree do the currently used physics textbooks meet the expectations?* In Journal of science teacher education. Vol.18 and I'm interested in one of your instrument which is 'Textbook evaluation form adapted from Ogan-Bekiroglu (2007: 620-628)'. So, I would like to ask for your permission to use this instrument. Please allow me to use your instrument and tell me how to download or access to the instrument. After you give me a permission to use I will translate it in Thai language and adapt some word in order to make it correspond with the course content and Thai context.

Thank you in advance for your help and your kindness. If you need more information you can contact to my professors in the following address;

Nason Phonphok, PhD

Head Physics Department, Faculty of Science, Srinakharinwirot University

Head of Science Education center, Srinakharinwirot University
114 Sukhumvit 23, Bangkok 10110 Thailand
Tel. 662-664-1000 ext 8162
e-mail : nason@swu.ac.th

Orvil L. White, PhD

SUNY Cortland , PO Box 2000

Van Hoesen, B219#4

Cortland, NY 13045

(607) 753-2442

e-mail : orvil.white@cortland.edu

Or contact directly to me via this email dinny_love@hotmail.com
Best regard,

แบบวัดเจตคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็น 5 ระดับ ได้แก่

นักเรียนเห็นด้วยเป็นอย่างยิ่ง
นักเรียนเห็นด้วย
นักเรียนไม่แน่ใจหรือไม่สามารถตัดสินใจได้
นักเรียนไม่เห็นด้วย
นักเรียนไม่เห็นด้วยเป็นอย่างยิ่ง

โดยเลือกตอบตามความรู้สึกของนักเรียนว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับข้อความดังต่อไปนี้

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1. ฉันชอบเรียนวิทยาศาสตร์					
2. เรื่องที่เราต้องการที่จะรู้สามารถหาคำตอบได้โดยวิทยาศาสตร์					
3. การรับฟังแนวคิดใหม่เป็นสิ่งที่ไร้ประโยชน์ เว้นเสียแต่ว่าทุกคนเห็นด้วยกับแนวคิดนั้น					
4. นักวิทยาศาสตร์มักจะให้ความสนใจ เมื่อมีคำอธิบายที่ดีกว่าเกิดขึ้น					
5. เมื่อนักวิทยาศาสตร์คนหนึ่งกล่าวว่าแนวคิดหนึ่งเป็นความจริง นักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ จะเชื่อตามนั้น					
6. นักวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการฝึกฝนมาอย่างดีเท่านั้นที่จะสามารถเข้าใจวิทยาศาสตร์ได้					
7. เราสามารถหาคำตอบในคำถามที่เราสงสัยได้เสมอ จากการถามนักวิทยาศาสตร์					
8. คนส่วนใหญ่ไม่สามารถที่จะเข้าใจวิทยาศาสตร์ได้					
9. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นตัวอย่างของผลิตผลทางวิทยาศาสตร์ที่มีประโยชน์มาก					
10. นักวิทยาศาสตร์เอง บางครั้งก็ไม่สามารถหาคำตอบจากคำถามของพวกเขาเองได้					
11. เมื่อนักวิทยาศาสตร์มีคำอธิบายที่ดีอยู่แล้ว พวกเขาจะไม่พยายามที่จะปรับปรุงให้คำอธิบายนั้นดีขึ้น					

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
12. คนส่วนใหญ่สามารถเข้าใจวิทยาศาสตร์ได้					
13. การหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าเบื่อ					
14. งานทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ยากเกินไปสำหรับฉัน					
15. นักวิทยาศาสตร์ค้นพบกฎซึ่งอธิบายกับเราได้อย่างแน่นอนว่าเกิดอะไรขึ้นในธรรมชาติ					
16. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้					
17. คำถามทางวิทยาศาสตร์สามารถตอบได้โดยการสังเกตสิ่งต่าง ๆ					
18. นักวิทยาศาสตร์ที่ดีมีความต้องการที่จะเปลี่ยนแนวคิดของตัวเอง					
19. คำถามบางคำถามไม่สามารถตอบได้โดยวิทยาศาสตร์					
20. นักวิทยาศาสตร์ต้องมีจินตนาการสูงเพื่อใช้สร้างสรรค์แนวคิดใหม่					
21. แนวคิดเป็นผลลัพธ์ที่สำคัญของวิทยาศาสตร์					
22. ฉันไม่ต้องการเป็นนักวิทยาศาสตร์					
23. เราต้องเข้าใจวิทยาศาสตร์เพราะวิทยาศาสตร์มีผลต่อชีวิตของพวกเรา					
24. วัตถุประสงค์หลักของวิทยาศาสตร์คือเพื่อผลิตยาชนิดใหม่ ๆ และรักษาชีวิต					
25. นักวิทยาศาสตร์ต้องรายงานผลไปตามสิ่งที่พวกเขาสังเกตได้					
26. ถ้านักวิทยาศาสตร์คนหนึ่งไม่สามารถตอบคำถามได้ นักวิทยาศาสตร์อีกคนหนึ่งจะสามารถตอบได้					
27. ฉันอยากที่จะทำงานกับนักวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน					
28. วิทยาศาสตร์พยายามที่จะอธิบายว่าสิ่งต่าง ๆ เกิดขึ้นได้อย่างไร					
29. ทุกคนควรเข้าใจวิทยาศาสตร์					
30. ฉันอาจจะไม่ค้นพบสิ่งที่ยิ่งใหญ่ แต่การทำงานในสาขาวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่สนุก					
31. วัตถุประสงค์หลักของวิทยาศาสตร์คือการช่วยให้ผู้คนมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น					

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
32. นักวิทยาศาสตร์ไม่ควรวิพากษ์วิจารณ์งานของคนอื่น					
33. ประสาทสัมผัสคือหนึ่งในเครื่องมือที่สำคัญมากที่สุดของนักวิทยาศาสตร์					
34. นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าไม่มีสิ่งใดที่เป็นความจริงแท้แน่นอน					
35. กฎทางวิทยาศาสตร์ได้รับการพิสูจน์ต่อไปเรื่อยๆ จากข้อสงสัยที่เป็นไปได้ทั้งหมด					
36. ฉันอยากเป็นนักวิทยาศาสตร์					
37.นักวิทยาศาสตร์ไม่มีเวลาเพื่อครอบครัวหรือเพื่อความสนุกสนาน					
38. งานทางวิทยาศาสตร์มีประโยชน์เฉพาะกับนักวิทยาศาสตร์เท่านั้น					
39. นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่ต้องเรียนมากเกินไป					
40. การทดลองวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่สนุกสนาน					

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

<u>คำชี้แจง</u> แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ ประกอบด้วยปัญหาที่แตกต่างกัน 7 ปัญหาสำหรับฝึกความคิด ให้นักเรียนเขียนตอบทุกปัญหาให้สมบูรณ์ โดยใช้เวลา 50 นาที

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

1. จงเขียนประโยชน์ของการใช้แก้วในทางวิทยาศาสตร์มาให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ตัวอย่างเช่น ใช้ทำหลอดทดลอง

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. ถ้านักเรียนสามารถโดยสารยานอวกาศเพื่อท่องเที่ยวในอวกาศและไปที่ดาวเคราะห์ดวงหนึ่ง คำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนจะใช้ในการวิจัยคืออะไร จงเขียนมาให้มากที่สุด ตัวอย่างเช่น บนดาวเคราะห์นั้นมีสิ่งมีชีวิตหรือไม่

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. จงเขียนการดัดแปลงที่เป็นไปได้มากที่สุดต่อรถจักรยานหนึ่งคัน โดยทำให้รถจักรยานมีความพิเศษมากขึ้น มีประโยชน์มากขึ้น หรือสวยงามมากขึ้น ตัวอย่างเช่น ทำให้ล้อสะท้อนแสงเพื่อให้สามารถมองเห็นในที่มืดได้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. สมมติว่า ไม่มีแรงโน้มถ่วง จงอธิบายว่าโลกจะเป็นอย่างไร ตัวอย่างเช่น มนุษย์จะลอย

.....

.....

.....

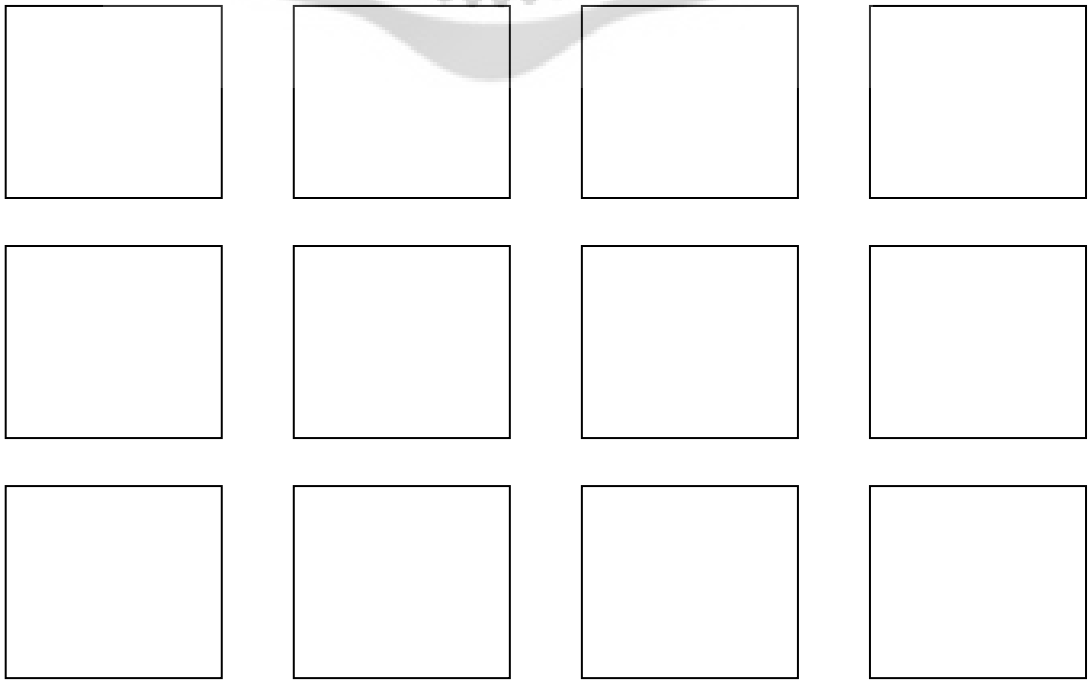
.....

.....

.....

.....

5. จงหาวิธีให้ได้มากที่สุดที่เป็นไปได้ ที่จะสามารถแบ่งสี่เหลี่ยมจัตุรัสออกเป็น 4 ชิ้นที่มีขนาดและรูปร่างที่เท่ากัน



6. มีกระดาษเช็ดปากอยู่ 2 ชนิด จะทดสอบได้อย่างไรว่าชนิดไหนดีกว่า จงเขียนวิธีทดสอบมาให้มากที่สุดที่เป็นไปได้ รวมถึงอุปกรณ์ที่ต้องใช้ หลักการและกระบวนการ

.....

.....

.....

.....

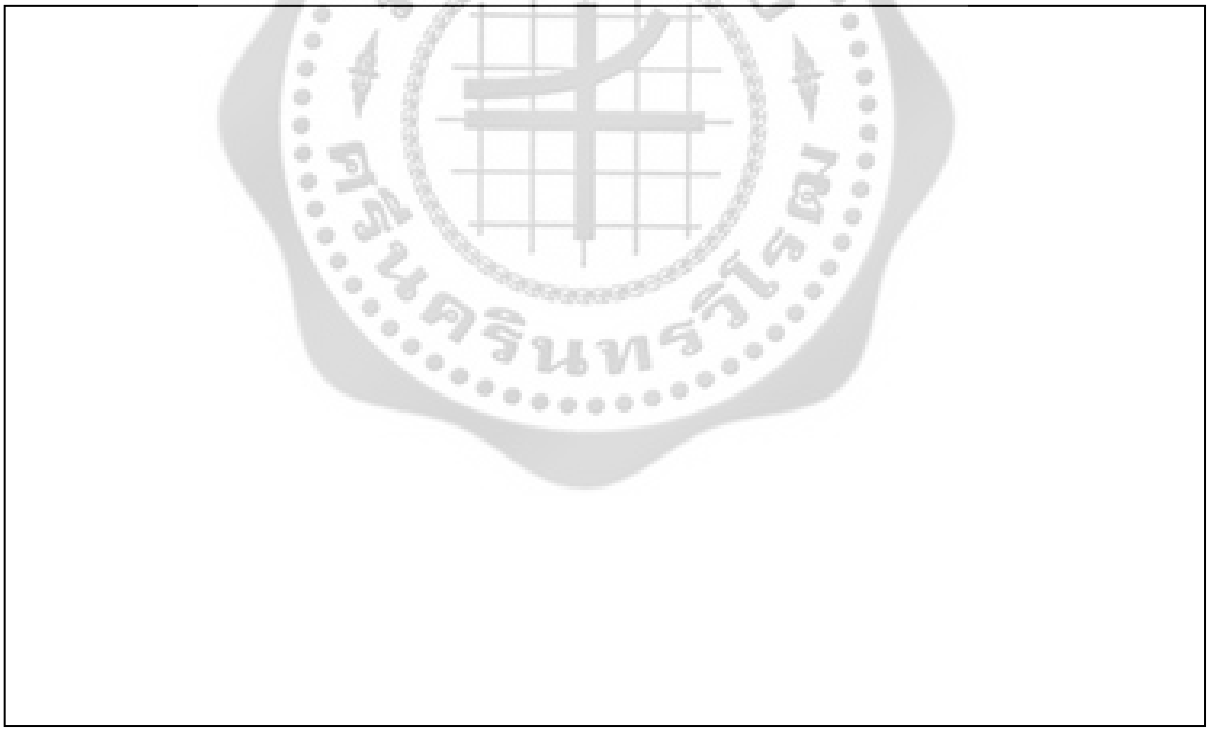
.....

.....

.....

.....

7. ให้นักเรียนออกแบบเครื่องเก็บมะม่วง วาดรูป ชี้ส่วนประกอบและหน้าที่ของแต่ละส่วน



แบบสอบวัดความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องเสียง

<u>คำชี้แจง</u> แบบสอบมี 4 ตอน คิดเป็นคะแนนรวม 40 คะแนน

ตอนที่ 1 ข้อ เป็นข้อสอบปรนัยแบบถูกผิด คิดเป็น 10 คะแนน

ตอนที่ 2 ข้อ เป็นข้อสอบปรนัยแบบจับคู่ คิดเป็น 10 คะแนน

ตอนที่ 3 ข้อ เป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ คิดเป็น 10 คะแนน

ตอนที่ 4 ข้อ เป็นข้อสอบอัตนัยแบบเลือกตอบ คิดเป็น 10 คะแนน

เวลาในการทำแบบสอบ 50 นาที ให้นักเรียนตอบลงในแบบสอบ

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

<u>ตอนที่ 1</u> จงทำเครื่องหมาย ✓หน้าข้อความที่ถูกต้อง และกาเครื่องหมาย ×หน้าข้อความที่ผิด

.....1 เสียงเป็นคลื่นตามขวาง

.....2 เสียงต้องอาศัยตัวกลางในการแผ่

.....3 เมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น อัตราเร็วของเสียงในอากาศจะเพิ่มขึ้น

.....4 เมื่อผู้ฟังอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดเสียงมากขึ้นความเข้มเสียงจะลดลง

.....5 ค่าความถี่ของเสียงขึ้นอยู่กับอัตราเร็วเสียงและความยาวคลื่นเสียง

.....6 เสียงจากเครื่องดนตรีที่ต่างกันขึ้นอยู่กับคุณภาพของเสียงของเครื่องดนตรี

.....7 ความถี่ของเสียงที่หูคนปกติได้ยินมีค่าตั้งแต่ 20-20,000 เฮิรตซ์

.....8 สายของเครื่องดนตรียิ่งมีความตึงมากเสียงที่ได้จะเป็นเสียงทุ้ม

.....9 ขนาดของเครื่องดนตรีมีผลต่อเสียงของเครื่องดนตรี

.....10 วัสดุที่ใช้ทำเครื่องดนตรีไม่มีผลต่อเสียงของเครื่องดนตรี

<u>ตอนที่ 2</u> จับคู่คำและข้อความต่อไปนี้ โดยนำตัวอักษรใส่ไว้หน้าคำที่กำหนดให้

.....1 คลื่นนิ่ง	ก. คลื่นที่อนุภาคในตัวกลางเคลื่อนที่ตามแนวขนานกับทิศ
.....2 คลื่นตามยาว	การเคลื่อนที่ของคลื่น
.....3 ความถี่ธรรมชาติ	ข. เสียงที่มีระดับเสียงต่ำ
.....4 การสั่นพ้อง	ค. กำลังเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียงส่งออกไปต่อหนึ่งหน่วย
.....5 เสียงดนตรี	พื้นที่ผิวของหน้าคลื่นทรงกลมรัศมี R
.....6 ความเข้มเสียง	ง. ความถี่ต่ำสุดของเสียงที่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียง
.....7 ระดับความเข้มเสียง	จ. ปรากฏการณ์ที่มีแรงกระทำให้วัตถุสั่นหรือแกว่งเท่ากับ

.....8 เสียงทุ้ม
.....9 เสียงแหลม
.....10 ความถี่มูลฐาน

ความถี่ธรรมชาติของวัตถุนั้น
ฉ. เสียงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนอย่างสม่ำเสมอ
ช. เป็นปรากฏการณ์การแทรกสอดระหว่างคลื่นสองคลื่นที่มีความถี่เท่ากันเคลื่อนสวนทางกัน
ซ. ค่าบอกความดังของเสียงมีหน่วยเป็นเดซิเบล
ฌ. เสียงที่มีระดับเสียงสูง
ญ. ความถี่ในการสั่นหรือแกว่ง เป็นสมบัติเฉพาะตัวของวัตถุ
ฎ. คลื่นที่อนุภาคในตัวกลางเคลื่อนที่ตามแนวตั้งฉากกับ ทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น
ฏ. เป็นปรากฏการณ์การสะท้อนระหว่างคลื่นสองคลื่นที่เท่ากันเคลื่อนสวนทางกัน

<u>ตอนที่ 3</u> จงทำเครื่องหมาย ○เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. อัตราเร็วของเสียงในอากาศตรงบริเวณที่ไม่มีลมพัดขึ้นอยู่กับข้อใด
   ก. ความถี่ของการสั่นของแหล่งกำเนิด
   ข. อุณหภูมิของอากาศ
   ค. ความเร็วของแหล่งกำเนิดเสียง
   ง. ความเข้มของเสียง

2. ดีดจะเข้แล้วพบว่าเสียงที่ได้ยินต่ำกว่าปกติ จะมีวิธีปรับแก้ให้เสียงสูงขึ้นได้อย่างไร
   ก. เปลี่ยนใช้สายเส้นใหญ่ขึ้น
   ข. ปรับสายให้หย่อนลง
   ค. ปรับตำแหน่งสายให้ยาวขึ้น
   ง. ปรับสายให้ตึงขึ้น

3. ข้อใดต่อไปนี้เป็นวัตถุประสงค์ของการบุผนังของโรงภาพยนตร์ด้วยวัสดุกลืนเสียง
   ก. ลดความถี่ของเสียง
   ข ลดความดังของเสียง
   ค. ลดการสะท้อนของเสียง
   ง. ลดการหักเหของเสียง

4. ในสมัยโบราณนายพรานใช้วิธีใดถ้าอยากรู้ว่ามีสัตว์ใหญ่อยู่ใกล้บริเวณนั้นหรือไม่
   ก. ป้องหูฟังเสียงสัตว์เคลื่อนไหว
   ข. ใช้หูแนบพื้นดินเพื่อฟังเสียง
   ค. สังเกตเงาของสัตว์ที่ทอดมา
   ง. ใช้เข็มทิศจับทิศทางของสัตว์

5. ระดับเสียงและคุณภาพเสียงขึ้นอยู่กับสมบัติใดตามลำดับ
   ก. ความถี่ รูปร่างคลื่น
   ข. แอมพลิจูด ความถี่
   ค. รูปร่างคลื่น ความถี่
   ง. ความถี่ แอมพลิจูด

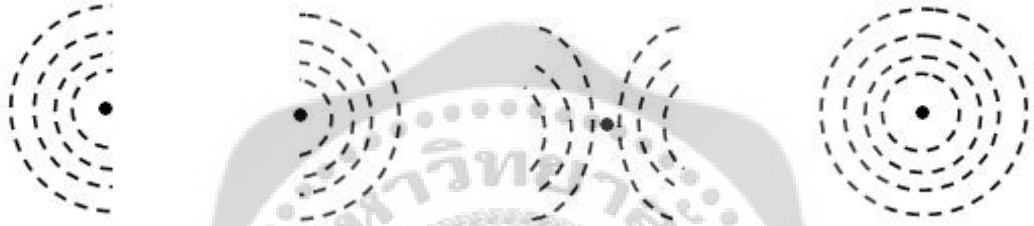
6. วงดนตรีที่ประกอบด้วยเครื่องดนตรีหลายชนิด เมื่อเล่นพร้อมกันแต่เราสามารถแยกไว้ได้ว่า เสียงใดเป็นเสียงระนาด เสียงใดเป็นเสียงขลุ่ย เสียงใดเป็นเสียงซอ เนื่องจากเสียงดนตรีแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะตามข้อใดที่ต่างกัน

ก. ระดับเสียง ค. ความถี่เสียง

ข. ระดับความเข้มเสียง ง. คุณภาพเสียง

7. ถ้าจุดสีดำแทนแหล่งกำเนิดเสียง ภาพในข้อใดแสดงทางเดินของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงได้ถูกต้อง

ก. ข. ค. ง.



8. ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส อัตราเร็วของเสียงในอากาศจะเป็นเท่าไร

ก. 331 m/s ข. 340 m/s ค. 343 m/s ง.351 m/s

9. สายซอด้วงเมื่อขึ้นสายแล้วยาว 40 ซม. เมื่อสีให้เสียงหลักที่ความถี่ 512 เฮิรตซ์ ความเร็วของคลื่นในสายซอด้วงเป็นเท่าไร

ก. 204.8 m/s ข. 256.0 m/s ค. 409.6 m/s ง. 512.0 m/s

10. ถ้าทดลองเคาะลูกฆ้องที่มีขนาดใหญ่ กลาง เล็ก เสียงที่ได้ยินจะเป็นอย่างไร

ก. ลูกฆ้องขนาดใหญ่เสียงสูงที่สุด

ข. ลูกฆ้องขนาดเล็กเสียงสูงที่สุด

ค. ลูกฆ้องขนาดกลางเสียงสูงกว่าลูกฆ้องขนาดเล็ก

ง. ไม่มีข้อใดถูก

<u>ตอนที่ 4</u> จงเขียนคำตอบลงในช่องว่างแต่ละข้อต่อไปนี้

1. ในวงดนตรีไทย ระดับความเข้มเสียงจากการเดี่ยวซอด้วงเป็น 50 เดซิเบล ถ้านักดนตรีไทยเล่นซอด้วง 15 ตัวพร้อมกันระดับความเข้มของเสียงซอด้วงจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง อธิบาย

……..

……..

……..

2. เครื่องดนตรีประเภทเครื่องสาย เช่น กีตาร์ ไวโอลิน ขิม หรือซออู้ นอกจากจะมีสายสำหรับทำให้เกิดเสียงแล้ว ยังมีกล่องเสียงด้วย กล่องเสียงมีประโยชน์อย่างไร

……..

……..

……..

3. นักเรียนคิดว่าลำอากาศที่อยู่ในเครื่องดนตรีประเภทเป่า เช่น ขลุ่ย ทรัมเป็ต แซกโซโฟน มีผลต่อเสียงทุ้มเสียงแหลมที่เกิดจากเครื่องดนตรีหรือไม่ อย่างไร

……..

……..…

……..

4. เพราะเหตุใดเครื่องดนตรีที่มีขนาดใหญ่ จึงให้ระดับเสียงต่ำกว่าเครื่องดนตรีประเภทเดียวกันที่ขนาดเล็กกว่า เช่น กลองใบใหญ่กับกลองใบเล็ก เป็นต้น

……..

……..

……..

5. อัตราเร็วของเสียงในอากาศตรงบริเวณที่อยู่ใกล้พื้นดินกับบริเวณยอดเขา แตกต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด

……..

……..

……..

……

แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อดนตรีไทยก่อนเรียน

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบให้ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด

1. เมื่อพูดถึง “ดนตรีไทย” นักเรียนนึกถึงอะไร เป็นสิ่งแรก

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่า ดนตรีไทยและเครื่องดนตรีไทยมีความสำคัญอย่างไร

.....

.....

3. นักเรียนคิดว่า นักเรียนมีความใส่ใจและสนใจเรื่องดนตรีไทยและเครื่องดนตรีไทยอยู่ในระดับใด (มาก ปานกลาง น้อย) อย่างไรจงอธิบาย

.....

.....

แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อดนตรีไทยหลังเรียน

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด

1. หลังจากเรียนบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนมีความคิดเหมือนหรือต่างจากความคิดก่อนเรียนอย่างไร

ความคิดที่เหมือนเดิม

.....

.....

ความคิดที่แตกต่างจากเดิม

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่า หลังจากเรียนแล้ว ดนตรีไทยและเครื่องดนตรีไทยมีความสำคัญอย่างไร

.....

.....

3. นักเรียนรู้สึกอย่างไร เมื่อมีผู้กล่าวว่าดนตรีไทยกำลังไร้ผู้สืบทอด และมีแนวทางในการแก้ปัญหานี้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนแผนการเรียนศิลป์ที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์และดนตรีไทย

เรียนผู้ตอบแบบสอบถาม แบบสอบถามชุดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนแผนการเรียนศิลป์ที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์และดนตรีไทย เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนแผนการเรียนศิลป์ให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยข้อมูลทั้งหมดจะนำไปใช้เพื่อการศึกษาวิจัยเท่านั้นและข้อมูลส่วนตัวของท่านจะไม่ถูกนำไปเปิดเผยต่อสาธารณชนไม่ว่ากรณีใด ๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอความกรุณาท่านในการตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริง และหากท่านมีข้อสงสัยเพิ่มเติมสามารถสอบถามได้ที่

นางสาวชนินันท์ พฤกษ์ประมูล
นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
โทร. 085-9004454
Email: chaninan_p@hotmail.com

คำชี้แจง แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนแผนการเรียนศิลป์ที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์และดนตรีไทย มีทั้งหมด 4 หน้า แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม
ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์
ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อดนตรีไทย

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง กรุณาขีดเครื่องหมาย✓ ลงในช่อง ☐ หน้าข้อความที่เป็นจริงกับตัวท่านมากที่สุด

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
2. กำลังศึกษาระดับชั้น ☐ ม.4 ☐ ม.5 ☐ ม.6
3. แผนการเรียน ☐ ศิลป์ – คำนวณ ☐ ศิลป์ – ภาษา (ระบุภาษา.....)
   ☐ ศิลป์ – สังคม ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ.....)

4. เกรดเฉลี่ยสะสมในรายวิชาวิทยาศาสตร์
   ☐ ต่ำกว่า 2.00
   ☐ 2.01 - 2.50
   ☐ 2.51 - 3.00
   ☐ 3.01 – 3.50
   ☐ 3.51 ขึ้นไป

5. ให้นักเรียนเรียงลำดับวิชาที่นักเรียนชอบมากที่สุด (1) ไปหาน้อยที่สุด (8) จากวิชาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

.....วิทยาศาสตร์ .....ภาษาต่างประเทศ .....คณิตศาสตร์

.....ภาษาไทย .....สังคมศึกษา .....ศิลปะ

.....สุขศึกษา/พลศึกษา .....การงานอาชีพ

6. เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกเรียนแผนการเรียนศิลป์

.....

.....

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์

<u>คำชี้แจง</u> เมื่อนักเรียนอ่านข้อความต่อไปนี้แล้ว ให้ขีดเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงตามความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุดโดยใช้เกณฑ์ต่อไปนี้

5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง

4 หมายถึง เห็นด้วย

3 หมายถึง ไม่แน่ใจ

2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย

1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ข้อ	หัวข้อที่ใช้ในการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1	นักเรียนเลือกเรียนแผนการเรียนศิลป์เพราะคิดว่าแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นแผนการเรียนที่ยาก					
2	นักเรียนสนุกและมีความสุขเมื่อเรียนวิทยาศาสตร์					
3	นักเรียนอยากเรียนวิชาอื่นมากกว่าวิชาวิทยาศาสตร์					
4	การเรียนวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับความจริงเกี่ยวกับธรรมชาติมากขึ้น					
5	วิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนทำงานอย่างมีเหตุผล					
6	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันมาก					
7	ระหว่างที่เรียนวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องการให้เวลาผ่านไปอย่างรวดเร็ว					

ข้อ	หัวข้อที่ใช้ในการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
8	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์					
9	การทดลองทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าสนใจ					
10	นักเรียนรู้สึกอึดอัดเมื่อต้องตอบปัญหาวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน					
11	นักเรียนคิดว่าตนเองสามารถเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ได้ดี					
12	การเรียนวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนเรียนวิชาอื่น ๆ ได้ดีขึ้น					
13	วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่น่าสนใจ น่าตื่นเต้น น่าติดตาม					
14	นักเรียนจะให้ความสนใจ เมื่อชมนิทรรศการวิทยาศาสตร์หรือไปพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์					
15	การเรียนวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนเครียด เพราะต้องแก้ปัญหาตลอดเวลา					
16	นักเรียนชอบดูรายการโทรทัศน์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์					
17	วิทยาศาสตร์ สามารถเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้อย่างแท้จริง					
18	นักเรียนชอบอ่านหนังสือเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์					
19	นักเรียนชอบทำการบ้านวิชาวิทยาศาสตร์					
20	วิทยาศาสตร์มีความสำคัญในการพัฒนาประเทศ					
21	ถ้าการเรียนวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคยจะทำให้เข้าใจวิทยาศาสตร์มากขึ้น					

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อดนตรีไทย

<u>คำชี้แจง</u> กรุณาขีดเครื่องหมาย✓ ลงใน☐ หน้าคำตอบที่เป็นจริงกับตัวท่านมากที่สุด

1. นักเรียนเคยเรียนวิชาที่เกี่ยวกับดนตรีไทยหรือไม่ ☐ เคย ☐ ไม่เคย
   (ถ้าเคย ทำต่อข้อ 2 ถ้าไม่เคยข้ามไปข้อ 3)

2. นักเรียนเริ่มเรียนวิชาดนตรีไทยเมื่อนักเรียนเรียนอยู่ระดับชั้นใด (ตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ)
   ☐ ประถมศึกษาตอนต้น (ป.1-ป.3) ☐ ประถมศึกษาตอนปลาย (ป.4-ป.6)
   ☐ มัธยมศึกษาตอนต้น (ม.1-ม.3) ☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย (ม.4-ม.6)

3. นักเรียนมีความสนใจดนตรีไทยในระดับไหน

☐ มาก ☐ ปานกลาง ☐ น้อย ☐ ไม่สนใจเลย

4. นักเรียนได้ฟังดนตรีไทยเดิมบ้างหรือไม่

☐ ได้ฟัง เพราะ (โปรดระบุเหตุผล).....

.....

☐ ไม่ได้ฟัง เพราะ (โปรดระบุเหตุผล).....

.....

5. ในวันว่างหากนักเรียนเดินผ่านงานแสดงดนตรีไทย นักเรียนจะทำอย่างไร

☐ เข้าร่วมชม เพราะ (โปรดระบุเหตุผล).....

.....

☐ ไม่เข้าร่วมชม เพราะ (โปรดระบุเหตุผล).....

.....

6. นักเรียนเล่นเครื่องดนตรีไทยได้บ้างหรือไม่

☐ เล่นได้ ตอนนี้ยังคงเล่นได้อยู่ (ระบุเครื่องดนตรีที่เล่น.....)

☐ เคยเล่นได้ แต่ตอนนี้ไม่ได้เล่นแล้ว (ระบุเครื่องดนตรีที่เล่น.....)

☐ ไม่เคยเล่นเลย

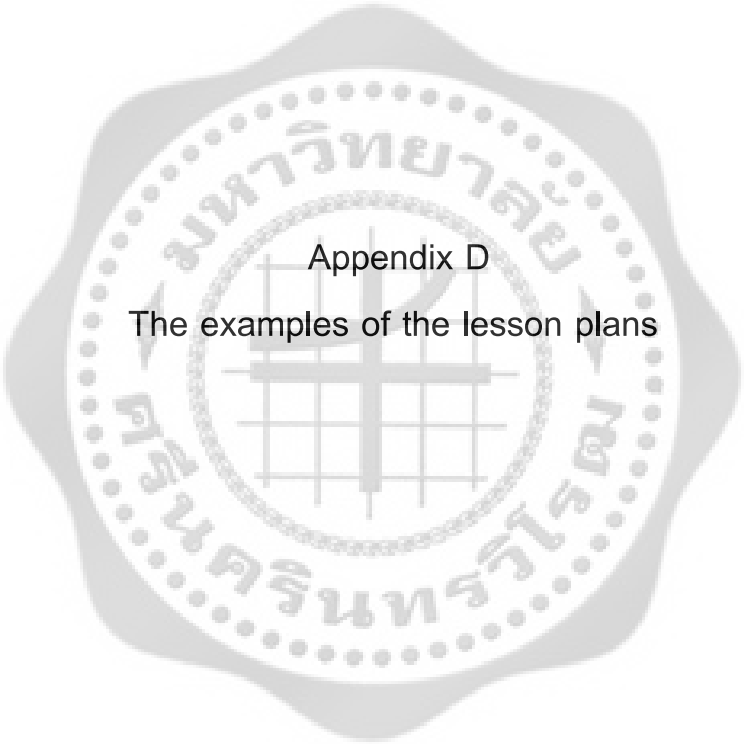
7. ให้นักเรียนยกตัวอย่างเครื่องดนตรีไทย ที่นักเรียนรู้จักมาชนิดละ 3 ชื่อ (กรณีที่ยกตัวอย่างได้ไม่ครบให้ตอบเท่าที่ตอบได้)

เครื่องสาย เช่น.....

เครื่องกระทบ / เครื่องตี เช่น.....

เครื่องเป่า เช่น.....

#ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม#



Appendix D

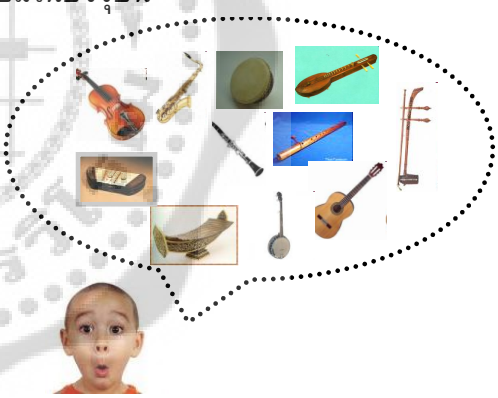
The examples of the lesson plans

บทที่ 1
รอบรู้เรื่องเสียง

มนุษย์ได้ยินเสียงมาตั้งแต่เกิด จดจำและแยกแยะเสียงต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวได้ โดยเฉพาะเสียงดนตรี ไม่ว่าไปที่ไหนในปัจจุบัน เดินไปตามท้องถนนผ่านสถานที่ต่าง ๆ เรามักจะเห็นผู้คนเดินมาพร้อมกับเครื่องเล่นซีดี, mp3, i-pod, โทรศัพท์มือถือพร้อมหูฟัง เปิดเพลงฟังตลอดระยะเวลาที่เดินทางกลับบ้าน ยิ่งไปกว่านั้น ไม่ว่าจะเป็นห้างสรรพสินค้า ร้านอาหาร สนามกีฬา ฯลฯ ต่างก็เปิดเพลงเพื่อสร้างบรรยากาศ เรียกได้ว่าเสียงดนตรีเป็นปัจจัยหนึ่งของการ

อีกทั้งการแสดงดนตรีในรูปแบบต่าง ๆ ในปัจจุบันก็หาดูได้ง่าย ทั้งคอนเสิร์ต ละครเวที ละครเพลง เรียกได้ว่ามนุษย์ เสียง และดนตรี มีความผูกพันธ์กันอย่างลึกซึ้ง

มนุษย์ได้นำความรู้เรื่องเสียงมาสร้างและพัฒนาเครื่องดนตรี ทำให้มีเครื่องดนตรีประเภทต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมาย เช่น เครื่องสายที่ใช้วิธีสี ได้แก่ ไวโอลิน เชลโล ซอสามสาย ซออู้ ซอด้วง เครื่องสายที่ใช้วิธีดีด ได้แก่ กีตาร์ พิณ กระจับปี่ แมนโดลิน แบนโจ เครื่องลม เช่น ขลุ่ย ปี่ แคน ฟลุต คลาริเนต แซกโซโฟน และเครื่องกระทบ เช่น ระนาดเอก ระนาดทุ้ม ระนาดฝรั่ง รวมไปถึงเครื่องดนตรีที่สร้างจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ก็เป็นที่นิยมในปัจจุบัน



ความรู้เรื่องเสียงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในทุกวงการ ด้านการแพทย์ได้มีการนำเสียงมาใช้ในการตรวจอวัยวะภายในของคนเพื่อวินิจฉัยสาเหตุของความผิดปกติ เช่น ลิ้นหัวใจ มดลูก ครรภ์ เนื้องอก ตับ ม้าม และสมอง โดยใช้การสะท้อนของเสียงบริเวณรอยต่อระหว่างชั้นของเนื้อเยื่อต่าง ๆ ด้านการออกแบบเพื่อลดระดับความเข้มเสียงของเครื่องยนต์ เครื่องจักรในโรงงาน เสียงจากยานพาหนะบนทางด่วน ก็อาศัยความรู้เรื่อง

การดูดกลืนเสียง นอกจากนั้นความรู้เรื่องเสียงทำให้มนุษย์สามารถสร้างเครื่องวัดระยะทางแบบต่าง ๆ ได้ทั้งระยะทางที่เสียงเคลื่อนที่ในอากาศและในน้ำ โดยใช้หลักการสะท้อนของเสียง (Reflection of sound)

ดังนั้น การเข้าใจถึงหลักการเรื่องเสียงจึงมีความสำคัญที่จะทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องเสียงมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

รู้หรือไม่???

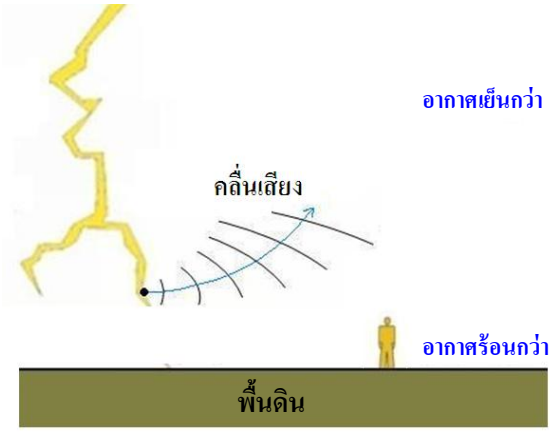
ในอาคารที่ต้องการลดเสียงสะท้อน วิศวกรจะบุผนังหรือเพดานของอาคารด้วยวัสดุที่มีรูพรุน เพื่อให้เสียงเกิดการสะท้อนภายในรูพรุนหลาย ๆ ครั้ง หรือใช้วัสดุอื่น ๆ ตกแต่งเพื่อลดความราบเรียบของผนังหรือเพดาน เช่น การติดผ้าม่าน การวางครุภัณฑ์อื่น ๆ เป็นต้น

ธรรมชาติของเสียง

เสียงเกิดขึ้นได้อย่างไร เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ ในขณะที่เราพูดหากเราใช้มือสัมผัสบริเวณลำคอ เราจะรู้สึกว่ามีการสั่นที่บริเวณกล้ามเนื้อลำคอ ในเครื่องดนตรีไทยก็เช่นกัน ตัวอย่างเช่น การสีซอด้วง ในขณะที่ใช้คันชักสีที่สายซอด้วง ถ้าเราเอามือไปสัมผัส จะพบว่ามีการสั่นของสายซอ พลังงานที่เราถ่ายโอนให้กับสายซอจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานเสียง ซึ่งส่งผลต่อการสั่นและความดังของเสียง เสียงจะดังมากเมื่อสายซอเกิดการสั่นมาก และเสียงจะเบาลงเมื่อสายซอสั่นน้อยลง

เสียงดนตรี คือเสียงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนอย่างสม่ำเสมอ หรือเสียงที่มีการจัดเรียงอย่างเป็นระเบียบ มีแบบแผนมีโครงสร้าง ก่อให้เกิดเป็นความไพเราะส่งผลต่ออารมณ์และความรู้สึก โดยดนตรีนั้นจะแสดงออกมาในด้านระดับเสียง(Pitch) ความดังและคุณภาพเสียง (Quality of sound) ดังนั้น เสียงทุกเสียงไม่ใช่เสียงดนตรี แม้จะเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุเหมือนกันแต่หากไม่มีการจัดเรียงอย่างมีระบบระเบียบ ก็เป็นเสียงดนตรีไม่ได้

เสียงเป็นคลื่นตามยาว (Longitudinal wave) ที่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ เช่น อากาศ น้ำ เป็นต้น ถ้าไม่มีตัวกลางรับถ่ายโอนพลังงานเราก็จะไม่ได้ยินเสียงเลย เสียงมีสมบัติการหักเห (Refraction) เช่นเดียวกับการหักเหของคลื่นน้ำ ตัวอย่างการหักเหของเสียงที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ได้แก่ การเห็นฟ้าแลบแต่ไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้อง เนื่องจาก*คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศร้อนได้เร็วกว่าอากาศเย็น* อีกทั้งชั้นต่าง ๆ ของอากาศเหนือพื้นดินมีอุณหภูมิไม่เท่ากัน ยิ่งชั้นสูงอุณหภูมิของอากาศยิ่งลดลง ดังนั้นในที่สูง ๆ จากพื้นผิวโลก อัตราเร็วของเสียงจะน้อยกว่าบริเวณใกล้ผิวโลก ขณะเกิดฟ้าแลบและฟ้าร้องในตอนกลางวัน คลื่นเสียงจะเคลื่อนที่จากอากาศตอนบนซึ่งเย็นกว่าสู่อากาศบริเวณใกล้พื้นดินซึ่งร้อนกว่า ทำให้เกิดเสียงฟ้าร้องกลับขึ้นไปในอากาศตอนบน ถ้าเสียงเกิดการหักเหกลับไปทั้งหมด เราจะเห็นเฉพาะฟ้าแลบ แต่ไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้อง สถานการณ์ข้างต้นนี้แสดงว่า เสียงมีสมบัติการหักเห ดังรูป 1.1



รูปที่ 1.1 แสดงการสะท้อนกลับหมดของคลื่นเสียง ทำให้ผู้สังเกตไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้อง

อัตราเร็วของเสียง

เวลาที่เสียงใช้เคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดเสียงผ่านอากาศมาถึงหูผู้ฟังขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างต้นกำเนิดเสียงกับผู้ฟัง ถ้าระยะห่างมาก เสียงจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่นาน โดยอัตราเร็วของคลื่นเสียง (Speed of sound wave) ในตัวกลางหนึ่ง ๆ จะคงตัวเมื่ออุณหภูมิของตัวกลางคงตัว ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตัวกลาง	อัตราเร็ว (m/s)
แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (0 ºC)	258
อากาศ (15 ºC)	346
แก๊สไฮโดรเจน (25 ºC)	1,339
น้ำ (25 ºC)	1,498
น้ำทะเล (25 ºC)	1,531
แก้ว (25 ºC)	4,540
อะลูมิเนียม (25 ºC)	5,000
เหล็ก (25 ºC)	5,200

ตารางที่ 1.1 อัตราเร็วของเสียงในตัวกลางต่าง ๆ

อัตราเร็วของเสียงในอากาศมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของอากาศ ตามสมการ

$$v_t = 331 + 0.6t$$

เมื่อ v_t เป็นอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่อุณหภูมิ t มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

t เป็นอุณหภูมิของอากาศ มีหน่วยองศาเซลเซียส โดย $-50°C \le t \le 50°C$

เสียงเป็นคลื่นชนิดหนึ่ง เราสามารถหาอัตราเร็วของคลื่นเสียงได้ ถ้าเราทราบความถี่ ของเสียง (frequency-- f) และความยาวคลื่นของเสียง (wavelength-- λ) ที่ผ่านตัวกลาง จากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$v = f\lambda$$

ตัวอย่าง วิลลี่นั่งสีซอด้วงอยู่ที่ริมระเบียง ขณะนั้นอุณหภูมิอากาศ 25 ºC

ก. อัตราเร็วของเสียงซอด้วงในอากาศมีค่าเท่าใด

วิธีทำ จากสมการ $v_t = 331 + 0.6t$

แทนค่า t = 25 ºC

จะได้ $v_t = 331 + 0.6(25) = 346$ เมตร/วินาที

ดังนั้น อัตราเร็วเสียงของซอด้วงในอากาศมีค่า 346 m/s

ข. ถ้าวัดความถี่ของเสียงซอด้วงได้ 230 เฮิร์ซ ความยาวคลื่นของเสียงมีค่าเท่าใด

วิธีทำ จากสมการ $v = f\lambda$

จะได้ว่า $\lambda = \dfrac{v}{f}$

แทนค่า v = 346 m/s, f = 230 Hz

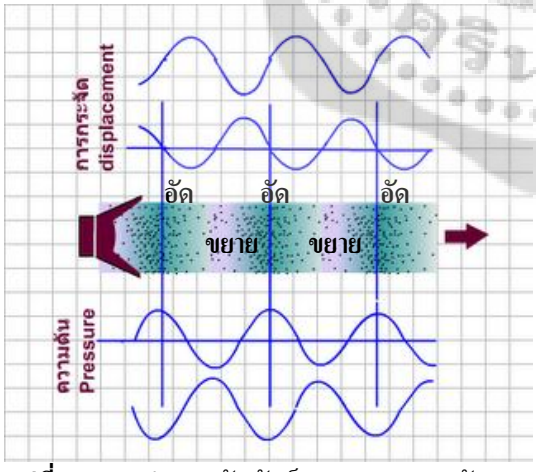
จะได้ $\lambda = \dfrac{346 m/s}{230 Hz} = 1.50$ เมตร

ดังนั้น ความยาวคลื่นของเสียงซอด้วงมีค่า 1.50 m

เมื่อเปรียบเทียบคลื่นเสียงกับคลื่นน้ำ พบว่า คลื่นน้ำ เคลื่อนที่โดยโมเลกุลของตัวกลางไม่เคลื่อนที่ไปพร้อมกับคลื่น แต่จะเคลื่อนที่แบบสั่นไปมาในบริเวณเดิม คลื่นเสียงก็เช่นกัน เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านไปแล้ว โมเลกุลของอากาศในแต่ละตำแหน่งก็จะยังคงอยู่ที่เดิม

เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงสั่น พลังงานของการสั่นจะถูกถ่ายโอนให้แก่โมเลกุลของอากาศที่อยู่รอบ ๆ เมื่อพิจารณาแนวการถ่ายโอนพลังงานของคลื่นเสียงกับแนวการสั่นของโมเลกุลของตัวกลางแล้ว จะพบว่าอยู่ในแนวเดียวกัน ดังนั้น คลื่นเสียงจึงเป็นคลื่นตามยาว

เมื่อมีคลื่นเสียงผ่าน ระยะระหว่างโมเลกุลของอากาศจะเปลี่ยนไป ตามลักษณะที่เป็น**ส่วนอัด** (Compression) และ**ส่วนขยาย** (Rarefaction) ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับการเกิดคลื่นตามยาวในขดลวดสปริง ดังรูป 1.2



รูปที่ 1.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดและความดันของคลื่นเสียงซึ่งเป็นคลื่นตามยาว

ความเข้มเสียง

เสียงเกิดจากการสั่นของวัตถุที่เป็นแหล่งกำเนิดเสียงและในการทำให้วัตถุสั่นจำเป็นต้องใช้พลังงาน **ถ้าพลังงานที่ใช้มีค่ามากแอมพลิจูดของการสั่นก็มีค่ามาก และถ้าใช้พลังงานน้อย แอมพลิจูดของการสั่นก็จะน้อยตามไปด้วย** พลังงานการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงจะถูกถ่ายโอนผ่านโมเลกุลของอากาศต่อกันไปถึงหูผู้ฟัง ทำให้แก้วหูสั่นสะเทือน เป็นผลให้ผู้ฟังได้ยินเสียง เสียงที่หูได้ยินอาจจะดังหรือเบาก็ได้ ขึ้นกับพลังงานของเสียงที่หูผู้ฟังได้รับ

อัตราการถ่ายโอนพลังงานเสียงของแหล่งกำเนิด คือ ปริมาณพลังงานเสียงที่ส่งออกจากแหล่งกำเนิดในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งเรียกว่า **กำลังเสียง** มีหน่วยเป็นเป็นจูลต่อวินาที (J/s) หรือ วัตต์ (Watts) ผู้ฟังจะได้ยินเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงที่มีกำลังมาก ดังกว่าเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงที่มีกำลังน้อย ในกรณีที่ผู้ฟังอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงทั้งสองเท่ากัน

กำลังเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียงส่งออกไปต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิวของหน้าคลื่นทรงกลมรัศมี R ที่มีแหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่ศูนย์กลาง เรียกว่า **ความเข้มเสียง (Sound Intensity)** โดยสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$I = \frac{P}{4\pi R^2}$$

เมื่อ I เป็นความเข้มเสียง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ มีหน่วยเป็นวัตต์/ตารางเมตร (W/m^2)

P เป็นกำลังเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

R เป็นระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับตำแหน่งที่จะหาความเข้มเสียง มีหน่วยเป็นเมตร (m)

จากสมการ ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงมีกำลังเสียง P คงตัว สามารถสรุปได้ว่า

$$I\alpha\frac{1}{R^2}$$

สรุปได้ว่าความเข้มเสียง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ จะลดลง เมื่อตำแหน่งนั้น ๆ อยู่ไกลจากแหล่งกำเนิดเสียงมากขึ้น จากการศึกษาการได้ยินของหูคนปกติ พบว่า เสียงที่เบาที่สุดที่มนุษย์สามารถได้ยิน มีความเข้มเสียง 10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตร และเสียงที่ดังที่สุดที่หูมนุษย์สามารถทนฟังได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อแก้วหู มีความเข้มเสียง 1 วัตต์ต่อตารางเมตรเท่านั้น

ระดับความเข้มเสียง

ระดับความเข้มเสียง (Sound Intensity Level) เป็นตัวบอกความดังของเสียงแทนความเข้มเสียง กำหนดให้เสียงที่เบาที่สุดที่หูคนปกติรับรู้ได้มีระดับความเข้มเสียงเป็น 0 เบล จะปรากฏว่า เมื่อเพิ่มความเข้มเสียง ณ ตำแหน่งรับฟังเสียงเป็น 10 เท่าของความเข้มเสียงต่ำสุด ระดับความเข้มเสียงจะเพิ่มขึ้น 1 เบล ถ้าเพิ่มความเข้มเสียงเป็น 100 เท่า หรือ 10^2 เท่า ระดับความเข้มเสียงจะเพิ่มขึ้น 2 เบล จึงสรุปได้ว่าเสียงที่มีความเข้มเสียงที่จุดรับฟังเป็น 10^1 10^2 10^3... เท่าของความเข้มเสียงที่เบาที่สุดที่หูคนปกติรับได้ สามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเสียงกับระดับความเข้มเสียง (β) ได้ดังนี้

$$\beta = 10\log(\frac{I}{I_0})$$

เมื่อ I_0 คือ ความเข้มเสียงอ้างอิงที่มนุษย์เริ่มได้ยิน มีค่า1x10^{-12} W/m^2

I คือ ความเข้มเสียงใด ๆ ที่ต้องการวัด

β คือ ระดับความเข้มเสียงมีหน่วยเป็นเดซิเบล (dB)

ตัวอย่าง นาธานตีระนาดเพลงลาวดวงเดือน วัดความเข้มเสียงได้ 1000 วัตต์/ตารางเมตร คิดเป็นระดับความเข้มเสียงเท่าใด

วิธีทำ จากสมการ $\beta = 10\log(\frac{I}{I_0})$

แทนค่า $I = 10^3$ W/m^2 และ I_0 =1x10^{-12} W/m^2

จะได้ $\beta = 10\log\left(\frac{10^3}{1\times10^{-12}}\right) = 90$ เดซิเบล

ดังนั้น สามารถหาระดับความเข้มเสียงได้ 90 เดซิเบล

ระดับความเข้มเสียงของเสียงจากแหล่งกำเนิดต่างกัน ส่งผลต่อการรับฟังแตกต่างกัน ดังตารางที่ 1.2

แหล่งกำเนิด	ระดับความเข้มเสียง (dB)	ผลการรับฟัง
การหายใจปกติ	10	แทบจะไม่ได้ยิน
การกระซิบแผ่วเบา	30	เงียบมาก
สำนักงานที่เงียบ	50	เงียบ
การพูดคุยธรรมดา	60	ปานกลาง
เครื่องดูดฝุ่น	75	ดัง
โรงงานทั่วไป/ถนนที่มีการจราจรหนาแน่น	80	ดัง
เครื่องเสียงสเตอริโอในห้อง/เครื่องเจาะถนนแบบอัดลม	90	รับฟังบ่อย ๆ การได้ยินจะเสื่อมอย่างถาวร
เครื่องตัดหญ้า	100	
ดิสโก้เธค การแสดงดนตรีร็อค	120	ไม่สบายหู
ฟ้าผ่าระยะใกล้	130	
เครื่องบินไอพ่นกำลังขึ้นที่ระยะใกล้	150	เจ็บปวดในหู
จรวดขนาดใหญ่ที่กำลังขึ้นที่ระยะใกล้	180	แก้วหูชำรุดทันที

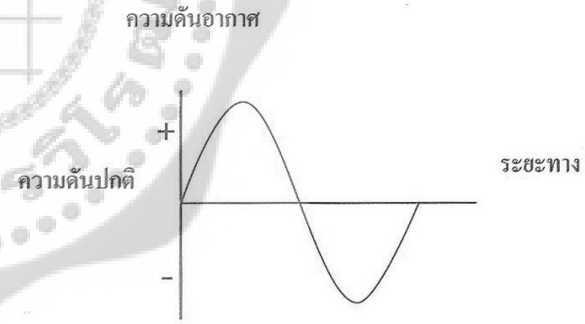
ตารางที่ 1.2 ระดับความเข้มเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงต่าง ๆ

เมื่อเราอยู่ใกล้บริเวณที่กำลังมีการตอกเสาเข็มหรือมีการขุดเจาะถนนด้วยเครื่องเจาะหรือบริเวณโรงงานอุตสาหกรรมที่มีเครื่องจักรขนาดใหญ่ หรือแม้แต่ในบริเวณสนามบิน เสียงที่เกิดขึ้นในบริเวณเหล่านี้ จะเป็นเสียงที่มีระดับความเข้มเสียงสูง เรียกว่าเป็นมลภาวะของเสียง ถ้าหูรับฟังเสียงเหล่านี้ติดต่อกันนาน ๆ จะทำให้สภาพหูและสภาพจิตใจของผู้ฟังผิดปกติได้ ดังนั้นผู้ที่ทำงานในบริเวณที่มีระดับความเข้มเสียงสูง จึงต้องมีที่ครอบหูหรือวัสดุเก็บเสียง เพื่อช่วยลดระดับความเข้มเสียงให้หูปลอดภัย

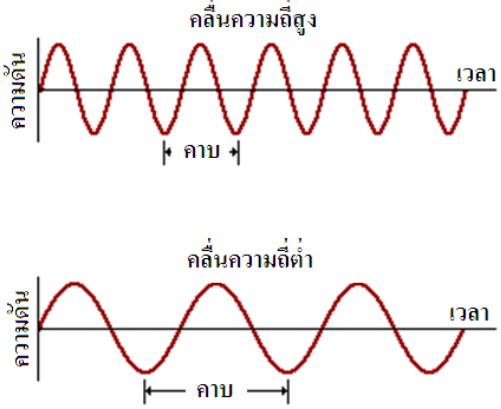
คุณภาพเสียง

แหล่งกำเนิดเสียงต่างกัน อาจให้เสียงที่มีระดับเสียงเดียวกัน เช่น ซอด้วงและขลุ่ยเล่นโน้ตเดียวกันจะให้เสียงที่มีความถี่เดียวกัน แต่เราสามารถแยกออกได้ว่า เสียงใดเป็นเสียงซอด้วง และเสียงใดเป็นเสียงขลุ่ย แสดงว่านอกจากระดับเสียงแล้ว จะต้องมีปัจจัยอื่นอีกที่ทำให้ได้ยินเสียงแตกต่างกัน จนเราสามารถแยกประเภทของแหล่งที่ให้กำเนิดเสียงนั้น ๆ ได้

เมื่อพิจารณาคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงที่มีความถี่เดียว กราฟระหว่างความดันกับตำแหน่งต่าง ๆ ตามแนวการเคลื่อนที่ของเสียงเป็นดังรูป 1.3-1.4



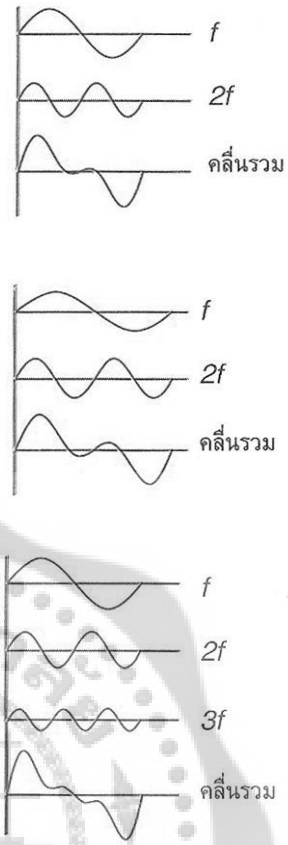
รูปที่ 1.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันของอากาศกับระยะทางเมื่อคลื่นเสียงความถี่เดียวเคลื่อนที่ผ่าน



รูปที่ 1.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันของอากาศกับความถี่เดียวของคลื่นเสียง

คุณภาพเสียงของแหล่งกำเนิดต่างชนิดกันจะแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจาก โครงสร้างและขนาดของแหล่งกำเนิดเสียงแตกต่างกัน เครื่องดนตรีประเภทเครื่องสายที่สายทำด้วยโลหะจะมีเสียงแหลมกว่าสายที่ทำด้วยเอ็นหรือด้าย ความตึงที่ต่างกันของสายก็มีผลต่อเสียงที่ส่งออกมา โครงสร้างรูปร่างและขนาดของส่วนประกอบเครื่องดนตรีที่เป็นโพรงอากาศ เช่น กะโหลกของซอ กล่องไม้ของกีตาร์โปร่ง เป็นต้น ก็มีผลต่อเสียงที่เกิดขึ้น

ถ้าคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงสองแหล่งที่มีความถี่ f กับ $2f$ แต่มีแอมพลิจูดเท่ากันซ้อนทับกันผลที่เกิดขึ้น จะเป็นดังรูป1.5ก ถ้าคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดสองแหล่งมีความถี่ f กับ $2f$ แต่มีแอมพลิจูดต่างกัน ผลรวมจะเป็นดังรูป 1.5ข ถ้าคลื่นจากแหล่งกำเนิดสามแหล่งที่มีความถี่ f กับ $2f$ และ $3f$ และมีแอมพลิจูดต่างกัน รวมกันผลจะเป็นดังรูป 1.5ค



ก. การซ้อนทับระหว่างคลื่นเสียงจากแหล่งมีความถี่ f และ $2f$ และแอมพลิจูดเท่ากัน

ข. การซ้อนทับระหว่างคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดที่แอมพลิจูดต่างกัน

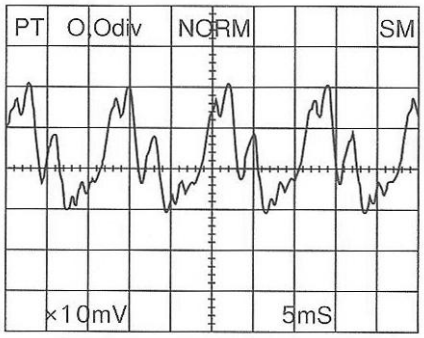
ค. การซ้อนทับระหว่างคลื่นกำเนิดที่มีความถี่ f , $2f$ และ $3f$ และแอมพลิจูดต่างกัน

รูปที่ 1.5 แสดงการซ้อนทับระหว่างคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดที่มีความถี่และแอมพลิจูดต่าง ๆ

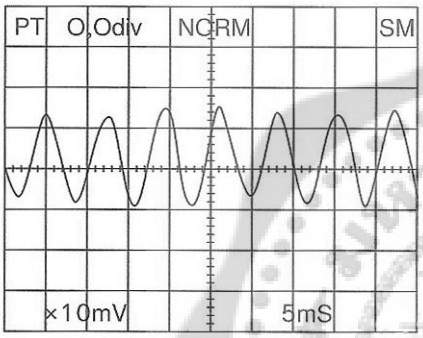
ในทำนองเดียวกัน ถ้าคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงหลาย ๆ แหล่งที่มีความถี่ $f, 2f$ และ $3f, \ldots, nf$ ซ้อนทับกัน โดยแอมพลิจูดหรือความเข้มของเสียงแต่ละความถี่แตกต่างกัน ผลการซ้อนทับของคลื่นเสียงจะมีลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความถี่และความเข้มของเสียงแต่ละความถี่

ตามปกติขณะที่สายไวโอลินสั่น จะมีเสียงซึ่งมีความถี่ $f, 2f$ และ $3f, \ldots, nf$ เกิดพร้อมกัน โดยเสียงแต่ละความถี่จะมีความเข้มเสียงแตกต่างกัน คลื่นเสียงจากไวโอลินจะมีความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับ

ตำแหน่งต่าง ๆ ตามแนวการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงดังกราฟในรูป 1.6 ก



ก. ไวโอลิน



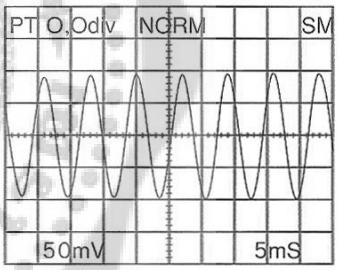
ข. ซอด้วง

รูปที่ 1.6 กราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับตำแหน่งของคลื่นเสียงจากไวโอลินและซอด้วง

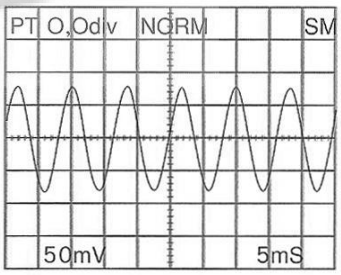
เสียงจากซอด้วงก็เช่นกัน จะประกอบด้วยเสียงที่มีความถี่ f, $2f$ และ $3f$, . . . , nf เกิดขึ้นพร้อมกัน โดยความเข้มเสียงแต่ละความถี่แตกต่างกัน คลื่นเสียงจากซอด้วงจะมีความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับตำแหน่งต่าง ๆ ตามแนวการเคลื่อนที่ของคลื่น จะเห็นได้ชัดว่าลักษณะคลื่นเสียงจากซอด้วงแตกต่างจากลักษณะคลื่นเสียงจากไวโอลิน

ความถี่ต่ำสุดของเสียงที่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียงใด ๆ เรียกว่า **ความถี่มูลฐาน** (Fundamental frequency) ของแหล่งกำเนิดนั้น สำหรับความถี่อื่น ๆ ที่เกิดขึ้นพร้อมกับความถี่มูลฐานแต่มีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่มูลฐาน เราเรียกว่า **ฮาร์มอนิก** (Harmonic) ของความถี่มูลฐาน เช่น ความถี่ของเสียงสูงเป็น 2 เท่าของความถี่มูลฐาน เรียกว่า **ฮาร์มอนิกที่ 2** ความถี่ของเสียงที่สูงเป็น 3 เท่าของความถี่มูลฐาน เรียกว่า **ฮาร์มอนิกที่ 3** เป็นต้น

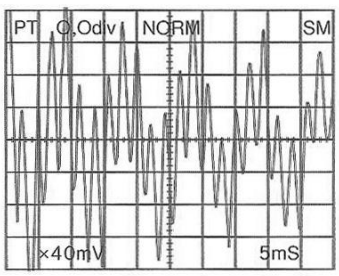
แหล่งกำเนิดเสียงต่าง ๆ ขณะสั่น จะให้เสียงซึ่งมีความถี่มูลฐานและฮาร์มอนิกต่าง ๆ ออกมาพร้อมกันเสมอ แต่จำนวนฮาร์มอนิกและความเข้มเสียงจะแตกต่างกัน ทำให้ลักษณะของคลื่นเสียงที่ออกมาแตกต่างกัน สำหรับแหล่งกำเนิดเสียงที่ต่างกัน จะให้เสียงที่มีลักษณะเฉพาะตัวหรือที่เรียกว่า **คุณภาพเสียง** (Quality of sound) ต่างกันนั่นเอง คุณภาพเสียงช่วยให้เราสามารถแยกประเภทของแหล่งกำเนิดเสียงได้



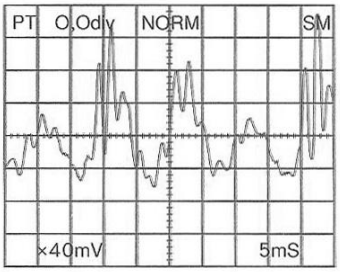
ก. รูปคลื่นเสียงของขลุ่ยไทย



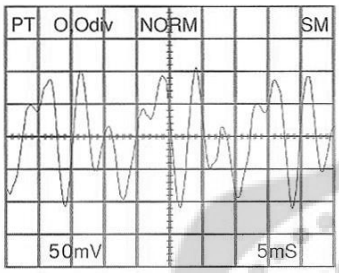
ข. รูปคลื่นเสียงของขลุ่ยสากล



ค. รูปคลื่นเสียงระนาดไม้ไผ่



ง. รูปคลื่นเสียงคนพูดคำว่า “เอ”



จ. รูปคลื่นเสียงของทรัมเปต

รูปที่ 1.7 ก-จ แสดงคุณภาพเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงต่างๆ

การเกิดเสียงที่แตกต่างกันของมนุษย์ก็ เช่นเดียวกัน เส้นเสียง กล่องเสียงในลำคอ โพรงอากาศในปากของคนแต่ละคนมีโครงสร้างและขนาดแตกต่างกัน เมื่อคนออกเสียงเดียวกัน เส้นเสียงจะสั่นด้วยความถี่หลักเหมือนกัน แต่ความถี่ประกอบที่สั่นแล้วทำให้เกิดเรโซแนนซ์กับกล่องเสียงและโพรงอากาศของแต่ละคนจะแตกต่างกัน จึงมีผลทำให้เสียงของคนไม่เหมือนกัน

ความถี่ธรรมชาติ

วัตถุทุกชนิดไม่ว่าของแข็ง ของเหลว หรือแก๊สมีความถี่ในการสั่นเฉพาะตัว เรียกว่า ความถี่ธรรมชาติ(Natural Frequency) หมายถึง ความถี่ในการสั่นหรือแกว่งของวัตถุที่สั่นหรือแกว่งอย่างอิสระ เป็นสมบัติเฉพาะตัว โดยวัตถุส่วนใหญ่มักจะมีความถี่ธรรมชาติได้หลายค่า

วัตถุต่าง ๆ ที่ถูกตรึง เช่น สะพาน แขวน ชิงช้า ลูกตุ้มที่แขวนเชือก สายไฟที่ขึงบนเสา เมื่อถูกแรงแล้วปล่อยให้แกว่ง ชิงช้าและลูกตุ้มถูกผลัก สายไฟถูกลมแรงพัด หรือแม้แต่ตึกขนาดใหญ่ก็สามารถสั่นได้เมื่อเกิดแผ่นดินไหว สายของจะเข้ถูกขึง เมื่อถูกดีดบริเวณตรงกลาง สายของจะเข้จะสั่นด้วยความถี่ธรรมชาติ ซึ่งมีค่าเท่ากับความถี่มูลฐาน

รูปที่ 1.8 วันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2483 สะพาน Tacoma Narrows Bridge ที่ Puget Sound รัฐวอชิงตัน สหรัฐอเมริกา เปิดให้รถแล่นได้ แต่หลังจากนั้นเพียง 4 เดือนสะพานก็พังลงด้วยแรงลมที่มีความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของสะพาน

ค่าความถี่โดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับอัตราเร็วและความยาวคลื่น การเปลี่ยนแปลงของอัตราเร็วและความยาวคลื่นจะส่งผลต่อความถี่ธรรมชาติ หน้าที่ของนักดนตรีคือการควบคุมตัวแปรเหล่านี้ เพื่อที่จะถ่ายทอดเสียงดนตรีจากเครื่องดนตรี ให้มีค่าความถี่ไพเราะตามที่กำหนด ยกตัวอย่างเครื่องดนตรีไทย **จะเข้** จะเข้เป็นเครื่องดนตรีที่มี 3 สาย

แต่ละสายมีค่าความหนาแน่นเชิงเส้น (Linear density) ต่างกัน ขึ้นอยู่กับความหนา ความยาวของสายและแรงตึง (Tension) ของสายที่ขึง การเปลี่ยนแปลงสมบัติเหล่านี้ มีผลต่อต่อความถี่ธรรมชาติของสายจะเข้แต่ละสาย สัดส่วนการสั่นของสายจะเข้สามารถทำให้สั้นลงได้โดยการกดลงไปที่นม (frets) ซึ่งจะเข้มีทั้งหมด 11 นมบริเวณคอของจะเข้ การเปลี่ยนค่าความยาวของสายโดยการกดลงไปที่นมของจะเข้นี้จะมีผลต่อความยาวของคลื่นและค่าความถี่ธรรมชาติที่เกิดจากการสั่นของสายจะเข้ การควบคุมอัตราเร็วและความยาวคลื่นนี้ ทำให้นักดนตรีไทยสามารถถ่ายทอดเสียงเพลงได้ไพเราะตามที่ตั้งใจไว้

สำหรับเครื่องดนตรีที่เป็นเครื่องลม (Wind Instrument) ที่มีลักษณะเป็นท่อทรงกระบอกได้แก่ ขลุ่ย ปี่ ท่อทรงกระบอกของเครื่องดนตรีประเภทนี้ ทำหน้าที่เหมือนกับภาชนะที่บรรจุอากาศ อากาศภายในท่อจะถูกทำให้เกิดการสั่นเนื่องมาจากลิ้นของเครื่องดนตรี (Reed) หรือการสั่นของริมฝีปากของนักดนตรีที่ต้านกับหลอดลม อัตราเร็วของคลื่นเสียงภายในท่ออากาศไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากนักดนตรี แต่อัตราเร็วสามารถเปลี่ยนได้เนื่องจากอุณหภูมิห้องในขณะนั้น ความยาวของท่ออากาศในกรณีของขลุ่ย เปลี่ยนแปลงได้โดยการกดที่รูเพื่อเปลี่ยนระดับเสียงของตัวโน้ต ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความยาวคลื่นของคลื่นเสียงที่ออกมาจากขลุ่ย เมื่อความยาวคลื่นเปลี่ยนมีผลทำให้ค่าความถี่เปลี่ยนแปลงด้วย ดังนั้น ความถี่ธรรมชาติของเครื่องดนตรีประเภทเครื่องลม ขึ้นอยู่กับความยาวของท่ออากาศของเครื่องดนตรีชนิดนั้น ๆ ท่ออากาศที่มีขนาดสั้นกว่าเสียงจะมีความยาวคลื่นที่สั้นกว่าและความถี่ที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับท่ออากาศที่มีความยาวมากกว่า และหลักการนี้สามารถประยุกต์ใช้กับเครื่องดนตรีประเภทเครื่องลมทุกชนิดทั้งดนตรีไทยและดนตรีสากล

การสั่นพ้องของเสียง

การสั่นพ้องของเสียง หรือ เรโซแนนซ์(Resonance) เป็นปรากฏการณ์ที่มีแรงกระทำให้วัตถุสั่นหรือแกว่ง โดยความถี่ของแรงที่ทำให้วัตถุสั่นหรือแกว่งเท่ากับความถี่ธรรมชาติของวัตถุนั้น ในกรณีที่เกิดการสั่นพ้องนี้การสั่นของวัตถุจะมีแอมพลิจูดของการสั่นมากที่สุดเมื่อเทียบกับการสั่นด้วยความถี่อื่น ๆ

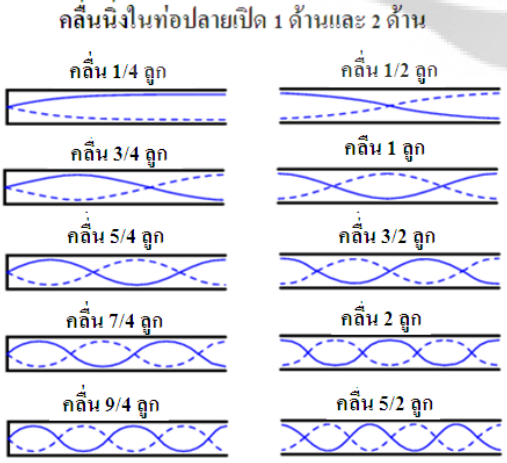
อนุภาคของอากาศในหลอดเรโซแนนซ์ถูกบังคับให้สั่นด้วยความถี่ของเสียงจากลำโพง การเลื่อนลูกสูบไปจนกระทั่งลูกสูบอยู่ ณ ตำแหน่งหนึ่ง จะทำให้ได้ยินเสียงดังที่สุด ณ ตำแหน่งนี้ อนุภาคของอากาศภายในหลอดจะสั่นมากที่สุด จึงได้ยินเสียงดังที่สุด การที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากความถี่ของเสียงจากลำโพงมีค่าเท่ากันกับความถี่ธรรมชาติของลำอากาศในหลอดพอดี ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า การสั่นพ้องของเสียง

การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงในหลอดเรโซแนนซ์ในขณะที่เกิดการสั่นพ้อง จะมีการแทรกสอดระหว่างคลื่นเสียงจากลำโพงและเสียงที่สะท้อนจากลูกสูบ เมื่อเลื่อนลูกสูบออกไประยะทางระหว่างตำแหน่งถัดกันของลูกสูบเมื่อได้ยินเสียงดังที่สุดสองครั้งจะเท่ากับ

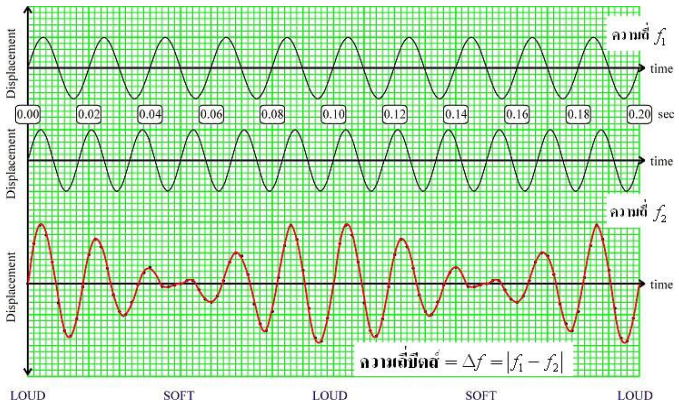
ครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นเสียง ขณะเกิดการสั่นพ้องของเสียงในหลอดเรโซแนนซ์ จะเกิดการซ้อนทับระหว่างคลื่นเสียงในหลอดทำให้เกิดคลื่นนิ่ง (Standing Wave)

คลื่นนิ่ง เป็นปรากฏการณ์การแทรกสอดที่เกิดจากการซ้อนทับระหว่างคลื่นสองคลื่นที่เคลื่อนสวนทางกัน โดยที่คลื่นทั้งสองมีความถี่ ความยาวคลื่นและแอมพลิจูดเท่ากัน ทำให้เกิดปรากฏการณ์การแทรกสอดที่มีลักษณะเป็นคลื่นนิ่งโดย เราจะได้ยินเสียงดังและค่อย ตำแหน่งที่ได้ยินเสียงดัง แสดงว่า มีการแทรกสอดแบบเสริม ส่วนตำแหน่งที่ได้ยินเสียงค่อย แสดงว่ามีการแทรกสอดแบบหักล้าง

จากการศึกษาคลื่นนิ่งของเสียงในหลอดเรโซแนนซ์ขณะที่เกิดการสั่นพ้องของเสียงภายในหลอด โมเลกุลของอากาศที่อยู่ติดกับลูกสูบจะไม่เคลื่อนที่ ส่วนโมเลกุลของอากาศที่บริเวณปากหลอดจะสั่นออกจากตำแหน่งเดิมมากที่สุด นั่นคือมีการกระจัดสูงสุดเท่ากับแอมพลิจูดของคลื่นเสียงที่ได้ยินดังรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.9 แสดงการสั่นพ้องของเสียงในหลอดเรโซแนนซ์ปลายปิดและปลายเปิด



รูปที่ 1.10 การซ้อนทับระหว่างคลื่นจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่งเป็นผลให้เกิดบีตส์ของเสียง

บีตส์ของเสียง

เสียงที่ได้ยินจากแหล่งกำเนิดเสียงแหล่งเดียว จะเป็นเสียงดังสม่ำเสมอต่อเนื่องกัน ส่วนเสียงที่ได้ยินจากแหล่งกำเนิดเสียงสองแหล่งที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อยจะเป็นเสียงที่ดังและค่อยสลับกันเป็นจังหวะคงตัว ซึ่งเรียกว่า **บีตส์ของเสียง** บีตส์เกิดจากการซ้อนทับระหว่างคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่งที่มีความถี่ไม่เท่ากัน ถ้าความถี่ของเสียงจากแหล่งกำเนิดทั้งสองต่างกันเล็กน้อย เสียงบีตส์ที่ได้ยินจะเป็นจังหวะช้า ๆ แต่ถ้าความถี่ของเสียงจากแหล่งกำเนิดทั้งสองต่างกันมาก เสียงบีตส์ที่ได้ยินจะเป็นจังหวะเร็วขึ้นดังรูปที่ 1.10 โดยปกติหูเราจะสามารถจำแนกเสียงบีตส์ที่ได้ยินเป็นจังหวะที่มีความถี่ไม่เกิน 7 เฮิรตซ์

ความถี่บีตส์ จะเท่ากับ จำนวนครั้งของเสียงดังที่ได้ยินในหนึ่งวินาที ซึ่งหาได้จากผลต่างของความถี่ของคลื่นเสียงทั้งสอง

$$\text{ความถี่บีตส์} = \Delta f = |f_2 - f_1|$$

บีตส์ไม่จำเป็นต้องเกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงประเภทเดียวกันเท่านั้น แต่อาจเกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงคนละประเภทก็ได้ ในชีวิตประจำวันที่อาจพบเห็นได้แก่ การปรับเสียงเทียบเสียงของเครื่องดนตรีชนิดต่าง ๆ เช่น ซอด้วง โดยเทียบเสียงกับเสียงของขลุ่ยเพียงออ สายเอกของซอด้วงสีเทียบกับโน้ตเร (D ของโน้ตสากล) และสายทุ้มของซอด้วงสีเทียบกับโน้ตซอล (G) ของขลุ่ยเพียงออ ขณะที่ความถี่ของเสียงซอด้วงยังไม่เท่ากับความถี่ของเสียงจากขลุ่ยเพียงออ เราจะได้ยินเสียงบีตส์ จนกระทั่งเมื่อปรับความตึงของสายได้พอเหมาะ คือให้การสั่นของสายซอด้วงมีความถี่เท่ากับความถี่ของเสียงเร และซอลของขลุ่ยเพียงออแล้วเสียงบีตส์ที่ได้ยินก็จะหายไป

เสียงเป็นความรู้ทางฟิสิกส์ที่สำคัญที่ทุกคนควรรู้เพราะเสียงเกี่ยวข้องแทบจะทุกเรื่องในชีวิตประจำวันของเรา ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการได้ยิน การติดต่อสื่อสาร เสียงดนตรี มีประโยชน์ในหลายด้าน ได้แก่ การออกแบบอาคาร การสร้างเครื่องมือวิทยาศาสตร์เพื่อหาระยะทาง รวมไปถึงด้านการแพทย์ เป็นต้น เสียงเป็นคลื่นตามยาวที่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ อัตราเร็วของเสียงในอากาศมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของอากาศ คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศร้อนได้เร็วกว่าอากาศเย็น เสียงเกิดจากการสั่นของวัตถุที่เป็นแหล่งกำเนิดเสียงและในการทำให้วัตถุสั่นจำเป็นต้องใช้พลังงาน การได้ยินเสียงของคนเรา ขึ้นอยู่กับความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียงและความถี่ของเสียง ความถี่ของเสียงที่หูคนปกติได้ยินมีค่าตั้งแต่ 20 ถึง 20,000 เฮิรตซ์ ถึงแม้ว่าเราจะได้ยินเสียงซอด้วงและขลุ่ยเล่นโน้ตเดียวกันให้เสียงที่มีความถี่เดียวกันแต่เนื่องจากคุณภาพเสียงต่างกัน ทำให้เราสามารถแยกเสียงของซอด้วงออกจากเสียงขลุ่ยได้ การประยุกต์ความรู้เรื่องเสียงให้เข้ากับสิ่งใกล้ตัวของเรา ในที่นี้คือเครื่องดนตรีไทย ทำให้เราสามารถเข้าใจเรื่องเสียงได้ดีขึ้นเนื่องจากเครื่องดนตรีไทยเป็นสิ่งที่คนไทยคุ้นเคยมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ในบทต่อไปจะกล่าวถึง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับดนตรีไทย เพื่อให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นภาพได้ชัดมากยิ่งขึ้นในการที่เราจะประยุกต์ความรู้เรื่องเสียงกับเครื่องดนตรีไทย ซึ่งถือว่าเป็นมรดกของชาติไทย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องเสียงในเครื่องดนตรีไทย
ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ภาคเรียนที่2 ปีการศึกษา 2553
ชื่อหน่วยการเรียนรู้ เสียงนั้นสำคัญไฉน เวลา 4 ชั่วโมง

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว๕.๑ เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว ๘.๑ ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบาย และตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูล และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว๕.๑ ม.๔-๖/๑, ว๕.๑ ม.๔-๖/๒, ว๕.๑ ม.๔-๖/๓

ว๘.๑ ม.๔-๖/๑-๑๒

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. อธิบายการเกิดของคลื่นเสียงได้
2. สามารถบอกองค์ประกอบของคลื่น ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ ความยาวคลื่นและอัตราเร็วได้
3. อธิบายความแตกต่างของคลื่นตามยาวและคลื่นตามขวางได้
4. ยกตัวอย่างเสียงต่าง ๆ ที่ได้ยินในชีวิตประจำวันได้
5. บอกความแตกต่างของระดับเสียงทุ้มกับระดับเสียงแหลมได้
6. จำแนกคุณภาพของเสียงจากเสียงของเครื่องดนตรีต่างชนิดกันได้
7. ทำงานแบบร่วมมือร่วมใจร่วมคิดได้

สาระสำคัญ

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเรื่องเสียง ได้แก่ ธรรมชาติของเสียง อัตราเร็วเสียง ความเข้มเสียง ความถี่เสียง ความยาวคลื่นเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพของเสียง ในเครื่องดนตรีทั้งไทยและสากล

เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ โดยพลังงานที่ทำให้วัตถุสั่นจะทำให้โมเลกุลของอากาศที่อยู่รอบวัตถุสั่นตามและจะถ่ายโอนพลังงานให้กับโมเลกุลของอากาศที่อยู่ถัดไป ส่งผลให้คลื่นเสียงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียงมายังหู ทำให้เราสามารถได้ยินเสียงต่าง ๆ มากมาย

เช่น เสียงพูดคุย เสียงดนตรี เสียงร้องเพลง เป็นต้น คลื่นเสียงจะเคลื่อนที่ได้ต้องอาศัยตัวกลาง สุญญากาศไม่มีอนุภาคตัวกลางที่จะถ่ายโอนพลังงานของเสียง เสียงจึงเคลื่อนที่ผ่านสุญญากาศไม่ได้

ธรรมชาติของเสียงประกอบด้วย ระดับเสียง ความดัง และคุณภาพเสียง

- **ระดับเสียง**มีค่าขึ้นอยู่กับความถี่ของเสียง โดยเสียงที่มีความถี่มาก เรียกว่า เสียงแหลม และเสียงที่มีความถี่น้อย เรียกว่า เสียงทุ้ม
- **ความดังของเสียง** คือ ค่าที่บ่งบอกระดับพลังงานของเสียง และพลังงานของเสียงที่ตกตั้งฉากบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า ความเข้มเสียง เนื่องจากเสียงที่ได้ยินมีช่วงความเข้มเสียงที่กว้างซึ่งไม่สะดวกในการใช้หรืออ้างอิง ความดังจึงถูกวัดเป็นระดับความเข้มเสียง (sound intensity level) โดยกำหนดให้ ระดับความเข้มเสียง 0 เดซิเบล คือ เสียงที่ค่อยที่สุดที่เริ่มได้ยิน และระดับความเข้มเสียง 120 เดซิเบล คือ เสียงที่ดังที่สุดที่ไม่เป็นอันตรายต่อหู
- **คุณภาพของเสียง** หมายถึง ลักษณะเฉพาะตัวของเสียงนั้นๆ เช่น เสียงจากขลุ่ยและเสียงจากแคนที่มาจากโน้ตตัวเดียวกันแต่มีเสียงแตกต่างกัน เพราะเสียงทั้งสองมีคุณภาพของเสียงแตกต่างกัน

กิจกรรมการเรียนรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งที่ 1 (เวลา 2 ชั่วโมง)

1. การสร้างความสนใจ (Engagement)

1.1 ครูทำการเคาะส้อมเสียง จากนั้นนำส้อมเสียงที่ถูกเคาะแล้วมีเสียงดังไปสัมผัสที่แขนของนักเรียน จากนั้นนักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- นักเรียนมีความรู้สึกอย่างไรเมื่อได้สัมผัสกับส้อมเสียงที่ถูกเคาะ(ส้อมเสียงมีการสั่น)

2. การสำรวจและค้นหา (Exploration)

2.1 ครูให้นักเรียนออกเสียงเป็นคำพูด จากนั้นให้นักเรียนนำมือมาสัมผัสที่บริเวณลำคอของตนเอง จากนั้นนักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- นักเรียนมีความรู้สึกอย่างไรเมื่อนำมือไปสัมผัสคอตอนที่พูด (ที่บริเวณลำคอเกิดการสั่น)

3. การอธิบาย (Explanation)

3.1 นักเรียนและครูร่วมกันอธิบายได้ว่า เสียงเกิดจากการสั่นของวัตถุโดยพลังงานที่ทำให้วัตถุสั่นจะทำให้โมเลกุลของอากาศที่อยู่รอบวัตถุสั่นตามและจะถ่ายโอนพลังงานให้กับโมเลกุลของอากาศที่อยู่ถัดไป ส่งผลให้คลื่นเสียงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียงมายังหู ทำให้เราสามารถได้ยินเสียงต่าง ๆ มากมาย

4. การขยายความรู้ (Elaboration)

4.1 ครูยกตัวอย่างเครื่องดนตรีไทย 2-3 ชนิด ได้แก่ ซอด้วง ระนาด ตะโพน โดยสาธิตจากเครื่องดนตรีจริง โดยให้นักเรียนทำให้เครื่องดนตรีเหล่านี้ให้เกิดเสียง และระบุตำแหน่งบนเครื่องดนตรีที่เกิดการสั่น นักเรียนอธิบายการเกิดเสียงของเครื่องดนตรีไทยแต่ละชนิด

4.2 นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็น 7 กลุ่ม โดยใช้การไล่เสียงของตัวโน้ต 7 เสียง คือ โด เร มี ฟา ซอล ลา ที แล้วร่วมกันระดมสมองทำใบงานที่ 1 เสียงนั้นเป็นไฉน โดยเติมคำตอบลงในข้อ 1 และ 2

4.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม เรื่องคนเห็นเสียง โดยให้มีการแบ่งงานและเรียนรู้แบบร่วมมือ

5. การประเมินผล (Evaluation)

5.1 ครูสังเกตการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนของนักเรียนโดยภาพรวม เช่น การซักถาม การตอบคำถาม การร่วมทำกิจกรรมและการอภิปราย โดยการทำบันทึกหลังการสอน

5.2 ตรวจจากใบงานที่ 1 เรื่อง เสียงนั้นเป็นไฉน ข้อ 1 และ 2

5.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองที่ได้จากกิจกรรมที่ 1 ครูพิจารณาจากความถูกต้องของข้อมูลที่นำเสนอและรูปแบบการนำเสนอ

5.4 ครูตรวจให้คะแนนจากคู่มือนักเรียน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งที่ 2 (เวลา 2 ชั่วโมง)

1. การสร้างความสนใจ (Engagement)

1.1 จากนักเรียนทั้ง 7 กลุ่มครูให้นักเรียนออกเสียงตัวโน้ตของกลุ่มตัวเอง เพื่อฟังที่แตกต่างกันในแต่ละตัวโน้ต

1.2 ครู/นักเรียน สีซอด้วงไล่ระดับเสียงของโน้ตโด เร มี ฟา ซอล ลา ที โด จากนั้นนักเรียนตอบคำถามว่า เสียง 'โด' ตอนแรกและเสียง 'โด'ตอนหลังต่างกันอย่างไร (ทั้งสองเป็นโน้ตตัวเดียวกัน แต่มีความทุ้มแหลมของเสียงต่างกัน)

2. การสำรวจและค้นหา (Exploration)

2.1 นักเรียนลองไล่ระดับเสียงของตัวโน้ตในเครื่องดนตรีชนิดอื่น ๆ เช่น ขลุ่ย

3. การอธิบาย (Explanation)

3.1 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปว่า ระดับเสียงขึ้นอยู่กับความถี่ของเสียง เสียงสูงเป็นเสียงที่มีความถี่มากเรียกว่า เสียงแหลม ส่วนเสียงต่ำเป็นเสียงที่มีความถี่น้อยเรียกว่า เสียงทุ้ม

4. การขยายความรู้ (Elaboration)

1.1 ครูเปิดเพลงที่มีเสียงดังเบาต่างกัน แล้วให้นักเรียนอภิปรายว่าเสียงเพลงหรือเสียงดนตรีที่มีค่าความดังต่างกันเป็นผลมาจากอะไร พร้อมทั้งอธิบาย (ความดังของเสียง คือ ค่าที่บ่งบอกระดับพลังงานของเสียง และพลังงานของเสียงที่ตกตั้งฉากบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ในหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่า ความเข้มเสียง)

1.2 นักเรียนในกลุ่มอภิปรายเพิ่มเติมว่า ทำไมเสียงของเครื่องดนตรีต่างชนิดกันถึงให้เสียงต่างกัน ส่งตัวแทนอธิบายกลุ่มละ 1 คน (เป็นเพราะคุณภาพของเสียงนั้นๆ ต่างกันเช่น เสียงจากขลุ่ยและเสียงจากแคนที่มาจากโน้ตตัวเดียวกันแต่มีเสียงแตกต่างกัน)

1.3 ครูสรุปอีกครั้งหนึ่งว่าเสียงเป็นคลื่นตามยาว จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำใบงานที่ 2 Finding and Meaning โดยช่วยกันสืบค้นข้อมูลจากหนังสือเรียนเพื่อนำมาเติมคำตอบลงในใบงานให้ถูกต้องสมบูรณ์

5. **การประเมินผล (Evaluation)**

5.1 นักเรียนสรุปเรื่องที่เรียนมาทั้งหมดลงในใบงานที่ 1 โดยให้นักเรียนออกแบบ mind map ของตนเอง จากนั้นนำใบงานที่ 1 ติดลงสมุดให้เรียบร้อยเป็นการบ้าน

5.2 ครูสังเกตการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนของนักเรียนโดยภาพรวม เช่น การซักถาม การตอบคำถาม การร่วมทำกิจกรรมและการอภิปราย โดยการทำบันทึกหลังการสอน

5.3 ตรวจจากใบงานที่ 1 และใบงานที่ 2

สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้

1. ใบงานที่ 1 เรื่อง เสียงนั้นเป็นไฉน...
2. ใบงานที่ 2 เรื่อง Finding and Meaning
3. ส้อมเสียง

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

1. สังเกตการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน เช่น การซักถาม การตอบคำถาม การร่วมทำกิจกรรมและการอภิปราย
2. ตรวจจากใบงานที่ 1 เรื่อง เสียงนั้นเป็นไฉน...และใบงานที่ 2 Finding and Meaning
3. พิจารณาจากใบบันทึกผลกิจกรรม เรื่องคนเห็นเสียง ครูตรวจให้คะแนนจากคู่มือนักเรียน

ใบงานที่ 1 เรื่อง เสียงนั้นเป็นไฉน...

คำชี้แจง นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้โดยเขียนอธิบายตามความเข้าใจของนักเรียน

1. ถ้าหากว่าเกิดการระเบิดของดวงอาทิตย์ในอวกาศ นักเรียนคิดว่าคนที่อยู่บนโลกจะได้ยินเสียงระเบิดหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

2. ชายคนหนึ่งถูกลักพาตัวไป เขาถูกผ้ามัดตา และกักขังไว้ในห้อง เขาจะรู้ได้อย่างไรว่า (นักเรียนว่าเขาจะได้ยินเสียงอะไรบ้าง)

ก). อยู่ในเมือง

.....

.....

.....

ข). อยู่นอกเมือง

.....

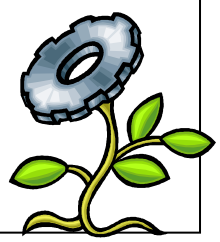
.....

.....

สรุปความรู้เรื่องเสียง

ชื่อ.....

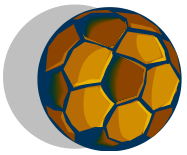
ชั้น.....เลขที่.....



ใบงานที่ 2

Finding and Meaning

คำชี้แจง ให้นักเรียนค้นหาคำศัพท์จากเรื่องเสียง พร้อมทั้งบอกคำแปล และความหมายให้ถูกต้อง



SOUND	REFLECTION	PITCH
FREQUENCY	HARMONIC	RESONANCE
REFRACTION	SPEED	WAVELENGTH
HERTZ	COMPRESSION	RAREFACTION
INTENSITY	LONGITUDINAL WAVE	PERIOD

	E	F	L	E	C	T	I	O	N	A	B	Y	P	Q	E	V	E	X	A
Z	A	H	Y	P	E	R	B	O	L	A	T	C	R	U	R	K	M	H	P
U	B	L	O	N	G	I	T	U	D	I	N	A	L	W	A	V	E	P	O
C	C	D	H	B	A	N	B	C	S	I	R	D	G	E	O	R	T	O	N
P	R	A	R	P	Z	E	D	N	N	N	M	E	E	R	T	P	U	E	S
A	E	E	O	C	I	T	E	A	Q	A	S	N	S	Z	M	Z	P	E	O
R	F	Y	A	G	M	T	O	D	D	X	F	M	A	O	S	N	G	I	U
J	R	G	L	R	N	U	C	F	X	O	W	E	T	F	N	T	I	A	N
A	A	A	N	I	T	S	M	H	G	L	E	D	W	O	U	A	V	L	D
B	C	Z	C	O	M	P	R	E	S	S	I	O	N	K	E	H	N	X	Y
T	T	F	I	K	S	E	S	T	H	D	B	F	V	L	G	A	L	C	M
O	I	I	K	F	R	E	Q	U	E	N	C	Y	S	I	H	R	A	W	E
L	O	N	Y	E	U	D	U	C	O	A	I	D	A	J	T	M	I	K	H
X	N	D	M	R	O	J	L	I	M	V	R	T	D	W	I	O	Q	F	A
A	Y	A	T	I	I	R	A	R	E	F	A	C	T	I	O	N	G	L	R
M	K	O	R	T	S	P	L	O	V	E	Q	A	C	L	H	I	O	E	H
E	A	E	T	W	A	V	E	L	E	N	G	T	H	F	R	C	L	M	K
A	P	A	N	S	A	K	M	B	U	T	R	S	O	N	Y	G	J	G	S

SOUND =……
REFLECTION =……..
PITCH =……...
FREQUENCY =……..
HARMONIC =……
RESONANCE =……..
REFRACTION =……..
SPEED =……..
WAVELENGTH =……..
HERTZ =……..
COMPRESSION =……..
RAREFACTION =……..
INTENSITY =……..
LONGITUDINAL WAVE =……..
PERIOD =.....

ชื่อ.....

ชั้น.....เลขที่.....

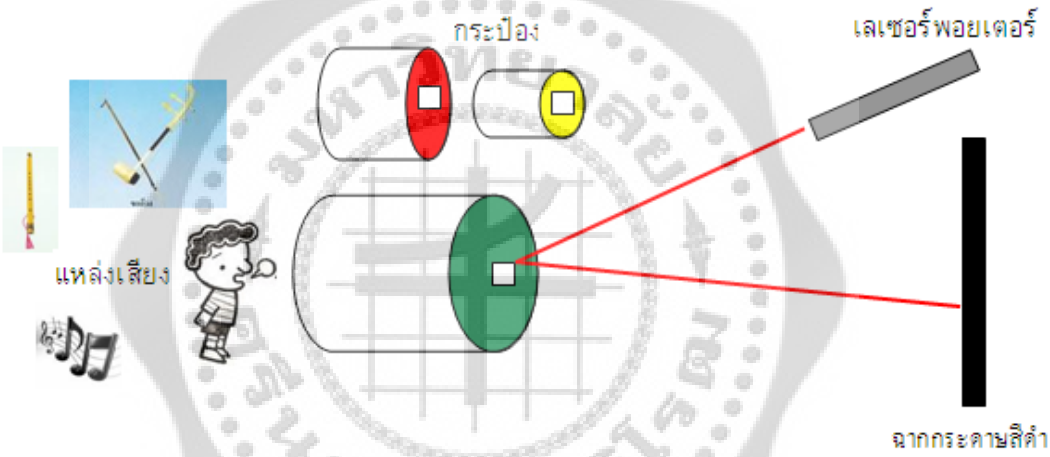
กิจกรรม เรื่อง คนเห็นเสียง....

คำถาม เราสามารถมองเห็นเสียงได้อย่างไร

อุปกรณ์การทดลอง

1. กระป๋องขนาดต่าง ๆ กันเจาะฝาทั้งสองด้านออก ประมาณ 3-4 ใบ
2. ลูกโป่ง
3. laser pointer
4. กระจกชิ้นเล็ก
5. กระดาษโปสเตอร์สีดำ
6. แหล่งกำเนิดเสียงต่าง ๆ เช่น วิทยุ เครื่องดนตรี

วิธีทดลอง จัดอุปกรณ์ดังรูป



1. นำกระป๋องขนาดต่าง ๆ หุ้มปากด้านหนึ่งด้วยลูกโป่ง แล้วติดกระจกเล็ก ๆ ไว้บนลูกโป่ง
2. นำเลเซอร์พอยเตอร์ ฉายไปที่กระจกให้สะท้อนที่ฉากกระดาษสีดำพอดี
3. เปิดแหล่งกำเนิดเสียงต่าง ๆ ได้แก่ เสียงผู้ชาย ผู้หญิง เสียงดนตรี เสียงโน้ตดนตรีจากเครื่องดนตรี สังเกตลักษณะของภาพที่ปรากฏบนฉาก

บันทึกกิจกรรม

1. ลักษณะของเสียงที่ปรากฏบนฉาก

แหล่งเสียงต่างๆ	ลักษณะภาพที่ปรากฏบนฉากเมื่อใช้ (วาดตามที่สังเกตได้)	อธิบายลักษณะของภาพที่ปรากฏบนฉาก
เสียงผู้ชายพูดคำว่าสวัสดี		
เสียงผู้หญิงพูดคำว่าสวัสดี		

2. จากการทดลอง นักเรียนคิดว่าลักษณะของเสียงผู้ชายและผู้หญิงแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

3. ลักษณะของเสียงขลุ่ยโน้ตตัวโดสูงและต่ำแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

4. ลักษณะของเสียงซอด้วงโน้ตตัวโดสูงและต่ำแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

5. ลักษณะของเสียงขลุ่ยและเสียงซอด้วงโน้ตตัวโดต่ำแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

6. นักเรียนสามารถแยกเสียงผู้ชายเสียงผู้หญิง เสียงสูงเสียงต่ำ เสียงขลุ่ยเสียงซอด้วง ออกจากกันได้อย่างไร

.....

.....

7. ลูกโป่งที่หุ้มปากกระป๋องอยู่ทำหน้าที่คล้ายกับอวัยวะส่วนใดในร่างกาย

.....

.....

8. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองนี้ได้ว่าอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

แบบบันทึกหลังการสอน (Teaching Log)

วิชาที่สอน.....ปีการศึกษา.....

วันที่สอน...../...../.....

บันทึกสิ่งที่พบ/เกิดขึ้นระหว่างการเรียนการสอน	**บันทึกแนวทางการพัฒนาในการสอนต่อไป**
ข้อดี ข้อจำกัด ปัญหา ระหว่างการเรียนการสอนด้านเนื้อหา วิธีการสอน หรือผู้สอน	สิ่งที่ควรปรับปรุง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องเสียงในเครื่องดนตรีไทย
ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553
ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้องของเสียง เวลา 2 ชั่วโมง

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว๕.๑ เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว ๘.๑ ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบาย และตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูล และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว๕.๑ ม.๔-๖/๑, ว๕.๑ ม.๔-๖/๒, ว๕.๑ ม.๔-๖/๓

ว๘.๑ ม.๔-๖/๑-๑๒

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้องของเสียงได้
2. ยกตัวอย่างเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกี่ยวของกับความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้องของเสียงได้
3. อธิบายความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้องของเสียงในเครื่องดนตรีไทยได้
4. ทำงานแบบร่วมมือร่วมใจร่วมคิดได้

สาระสำคัญ

ความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency) หมายถึง ความถี่ในการสั่นหรือแกว่งของวัตถุที่สั่นหรือแกว่งอย่างอิสระ เป็นสมบัติเฉพาะตัว โดยวัตถุส่วนใหญ่มักจะมีความถี่ธรรมชาติได้หลายค่า ค่าความถี่โดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับอัตราเร็วและความยาวคลื่น การเปลี่ยนแปลงของอัตราเร็วและความยาวคลื่นจะส่งผลต่อความถี่ธรรมชาติ

การสั่นพ้องของเสียง หรือ เรโซแนนซ์ (Resonance) เป็นปรากฏการณ์ที่มีแรงกระทำให้วัตถุสั่นหรือแกว่ง โดยความถี่ของแรงที่ทำให้วัตถุสั่นหรือแกว่งเท่ากับความถี่ธรรมชาติของวัตถุนั้น ในกรณีที่เกิดการสั่นพ้องนี้การสั่นของวัตถุจะมีแอมพลิจูดของการสั่นมากที่สุดเมื่อเทียบกับ การสั่นด้วยความถี่อื่น ๆ

กิจกรรมการเรียนรู้ (เวลา 2 ชั่วโมง)

1. การสร้างความสนใจ (Engagement)

1.1 นักเรียนดูวิดีทัศน์เกี่ยวกับการถล่มของของสะพาน Tacoma Bridge ที่รัฐวอชิงตัน และการถล่มของ Minneapolis Bridge ที่รัฐ Minnesota ประเทศสหรัฐอเมริกา จากนั้นให้นักเรียนวิเคราะห์หาสาเหตุของการถล่มของสะพานทั้งสอง

ที่มา : Tacoma Bridge collapsed

http://www.youtube.com/watch?v=j-zczJXSxnw&feature=related

ที่มา : Minneapolis Bridge collapsed

http://www.youtube.com/watch?v=QD20rCe_UAw&feature=related

http://www.youtube.com/watch?v=C31IlOHNzbM&feature=related

http://www.youtube.com/watch?v=LUulELs-Bmw&feature=related

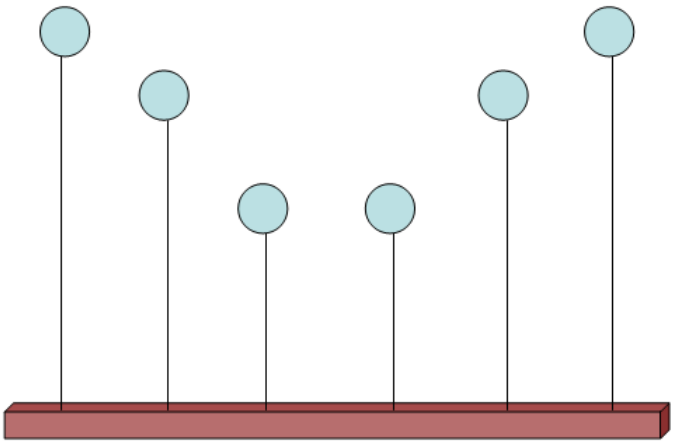
(สะพานพังลงด้วยแรงลมที่มีความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของสะพาน)

1.2 นักเรียนดูวิดีโอเรื่อง Sound: Resonance cart เพื่อเป็นการสาธิตให้นักเรียนเห็นว่าเมื่อรถสั่นด้วยความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของแท่งพลาสติกแท่งใด แท่งพลาสติกแท่งนั้นจะเกิดการเคลื่อนที่อย่างรุนแรงและเป็นสาเหตุให้สิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่สามารถถล่มพังลงมาได้

ที่มา : http://www.youtube.com/watch?v=q7Jh0zu8xUY

2. การสำรวจและค้นหา (Exploration)

2.1 ตัวแทนนักเรียนชาย 1 คนและนักเรียนหญิงหนึ่งคนออกมาทำการสาธิต กิจกรรม เรื่อง เมื่อสองเราเท่ากัน เพื่อสังเกตการสั่นของแท่งลวดที่ความยาวต่าง ๆ กัน ที่ปลายของเส้นลวดมีลูกปิงปองที่ภายในบรรจุดินน้ำมันเพื่อเพิ่มน้ำหนักในการสั่น โดยอุปกรณ์มีลักษณะดังรูป



2.2 นักเรียนทำกิจกรรมเรื่อง เมื่อสองเราเท่ากัน โดยจากการสาธิตของเพื่อนนักเรียนทั้งสอง จากนั้นร่วมกันอภิปรายผลการทดลองภายในกลุ่ม ทำการบันทึกผลการทดลองพร้อมสรุปผล

3. การอธิบาย (Explanation)

3.1 นักเรียนอธิบายการสั่นของลวดที่มีลูกปิงปองอยู่ด้านบน โดยสามารถอธิบายได้จากคำถามในใบบันทึกผลการทดลอง ได้แก่

- เมื่อนักเรียนชายทำการทดลองผลักลวดเส้นที่ยาวที่สุดให้เคลื่อนที่จากทางฝั่งขวา นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้น (ลวดที่เหลือเกิดการสั่น โดยที่ลวดอีกเส้นที่มีความยาวเท่ากันสั่นที่แอมพลิจูดใกล้เคียงกันมากที่สุด)
- เมื่อนักเรียนหญิงผลักลวดเส้นที่ยาวปานกลาง นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้น อธิบายการสั่นของลวดทั้งสองฝั่ง (ลวดที่เหลือเกิดการสั่น โดยที่ลวดอีกเส้นที่มีความยาวเท่ากันสั่นที่แอมพลิจูดใกล้เคียงกันมากที่สุด)

3.2 ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกัน เนื่องจากเสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ เหตุใดเมื่อสั่นลวดเส้นที่ยาวด้านหนึ่ง ลวดเส้นที่ยาวเท่ากันอีกด้านหนึ่งถึงสั่นด้วย นักเรียนคิดว่าอะไรมีผลต่อการสั่นบ้าง (เนื่องจากการสั่นครั้งนี้มีอัตราเร็วของเสียงในอากาศเท่ากันและความยาวของลวดเท่ากัน ซึ่งหมายถึงมีระยะทางให้เสียงเคลื่อนที่เท่ากัน เสียงที่เกิดขึ้นในเส่นลวดมีความยาวคลื่นเท่ากัน จึงทำให้ลวดทั้งสองสั่นด้วยความถี่เท่ากัน และหากความถี่ที่สั่นเท่ากับความถี่ธรรมชาติของเส้นลวด จะทำให้เส้นลวดสั่นด้วยแอมปลิจูดสูงสุดและรุนแรงที่สุด)

4. การขยายความรู้ (Elaboration)

4.1 ยกตัวอย่างเครื่องดนตรีไทย ได้แก่ ขลุ่ยไทย โดยให้นักเรียนสองคนออกมาเป่าขลุ่ยสองเลาพร้อมกัน โดยทั้งคู่เป่าโดยไม่กดที่รูบังคับเสียงเลย จากนั้นไล่จากเสียง โด เร มี

4.2 ครูกับนักเรียน ร่วมกันอภิปรายว่าเหตุใดขลุ่ยทั้งสองเลา จึงให้เสียงของตัวโน้ตเหมือนกัน (เพราะเสียงมีระยะในการเดินทางเท่ากัน เสียงที่เกิดขึ้นมีความยาวคลื่นเท่ากัน ส่งผลให้มีความถี่เท่ากัน ทำให้เราได้ยินเสียงโน้ตเดียวกัน)

4.3 นักเรียนเปล่าขลุ่ย คนแรกปิดที่รูบังคับเสียงทั้งหมด ให้เสียง โด คนที่สองเป่าโดยที่เปิดรูบังเสียงรูสุดท้าย ให้เสียง เร

4.4 ครูกับนักเรียน ร่วมกันอภิปรายว่าเหตุใดขลุ่ยทั้งสองเลา จึงให้เสียงของตัวโน้ตต่างกัน (เพราะเสียงมีระยะในการเดินทางไม่เท่ากัน เสียงที่เกิดขึ้นมีความยาวคลื่นไม่เท่ากัน ส่งผลให้มีความถี่ไม่เท่ากัน ทำให้เราได้ยินเสียงโน้ตต่างกัน)

5. การประเมินผล (Evaluation)

5.1 ครูสังเกตการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนของนักเรียนโดยภาพรวม เช่น การซักถาม การตอบคำถาม การร่วมทำกิจกรรมและการอภิปราย โดยการทำบันทึกหลังการสอน

5.2 ครูตรวจให้คะแนนจากคู่มือนักเรียน

สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้

1. คลิปวีดิโอ
2. ใบบันทึกผลกิจกรรม เรื่อง เมื่อสองเราเท่ากัน

กิจกรรมเรื่อง เมื่อสองเราเท่ากัน

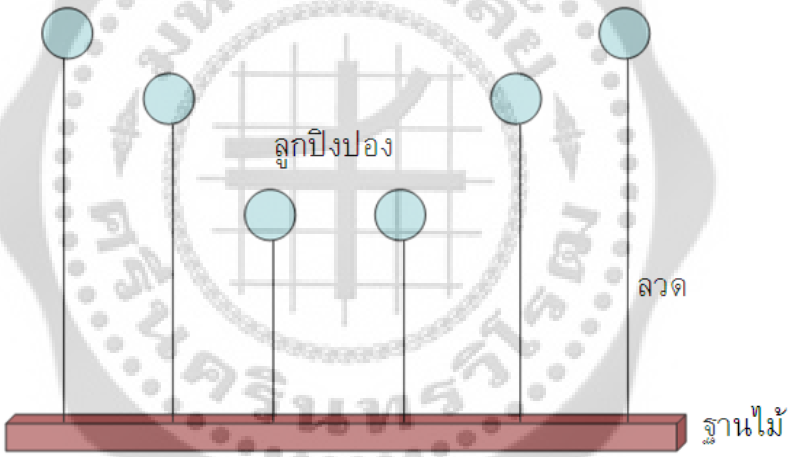
คำถาม

- เมื่อนักเรียนชายทำการทดลองผลักลวดเส้นที่ยาวที่สุดให้เคลื่อนที่จากทางฝั่งขวา นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้น
- เมื่อนักเรียนหญิงผลักลวดเส้นที่ยาวปานกลาง นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้น อธิบายการสั่นของลวดทั้งสองฝั่ง

อุปกรณ์การทดลอง

1. ฐานสำหรับเสียบเส้นลวด
2. เส้นลวดความยาวต่างกัน 3 ขนาด อย่างละ 2 เส้น
3. ลูกปิงปอง 6 ลูก
4. ดินน้ำมัน

วิธีทดลอง จัดอุปกรณ์ดังรูป



1. นำลูกปิงปองบรรจุดินน้ำมันด้านในเพื่อให้ลูกปิงปองมีน้ำหนักเท่ากันทั้ง 6 ลูก
2. เสียบลูกปิงปองแต่ละลูกไว้ที่ปลายลวดทั้ง 6 เส้น นำลวดทั้ง 6 เสียบลงบนฐาน ให้มีระยะห่างเท่า ๆ กันดังรูป
3. ทำการผลักให้ลวดเส้นที่ยาวที่สุดจากฝั่งหนึ่งเคลื่อนที่ สังเกตการเคลื่อนที่ของลวดอีกฝั่งหนึ่ง บันทึกผล ทำเช่นเดียวกับลวดเส้นที่ยาวปานกลางและสั้น ตามลำดับ

บันทึกผลกิจกรรม

1. ลักษณะการเคลื่อนที่ของเส้นลวด

การทดลอง	สิ่งที่สังเกตได้
ผลักให้ลวดเส้นที่ยาวที่สุดจากฝั่งหนึ่งเคลื่อนที่	
ผลักให้ลวดเส้นที่ยาวปานกลางจากฝั่งหนึ่งเคลื่อนที่	
ผลักให้ลวดเส้นที่สั้นที่สุดจากฝั่งหนึ่งเคลื่อนที่	

2. เมื่อทำการสั่นที่ฐานของลวด ลักษณะการเคลื่อนที่ของเส้นลวดทั้ง 6 เป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. นักเรียนคิดว่าอะไรมีผลต่อการสั่นของลวดทั้งสองฝั่งบ้าง

.....

.....

4. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองนี้ได้ว่าอย่างไร

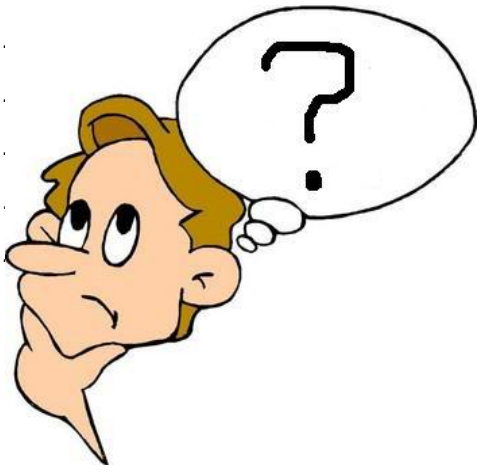
.....

.....

.....

.....

.....



แบบบันทึกหลังการสอน (Teaching Log)

วิชาที่สอน.....ปีการศึกษา.....

วันที่สอน...../...../.....

บันทึกสิ่งที่พบ/เกิดขึ้นระหว่างการเรียนการสอน	**บันทึกแนวทางการพัฒนาในการสอนต่อไป**
ข้อดี ข้อจำกัด ปัญหา ระหว่างการเรียนการสอนด้านเนื้อหา วิธีการสอน หรือผู้สอน	สิ่งที่ควรปรับปรุง

Appendix E

The gathered data from the study

- The pretest and posttest scores of students' understanding in science of sound concept
- The pre and post scores of students' scientific creativity
- Examples of students' awareness of traditional Thai musical instruments pre and post written responses

Appendix E

The gathered data from the study

- The pretest and posttest scores of students' understanding in science of sound concept

Student	Pretest scores	Posttest score
1	10	23
2	10	20.5
3	19	21
4	10	18
5	13	18
6	14.5	12
7	16.5	18.5
8	21.5	22
9	18.5	27.5
10	18.5	20.5
11	15.5	24
12	19	25
13	19	24
14	10	26
15	19.5	22.5
16	24.5	21.5
17	15.5	21.5
18	18.5	17.5
19	16	14.5
20	16.5	18.5

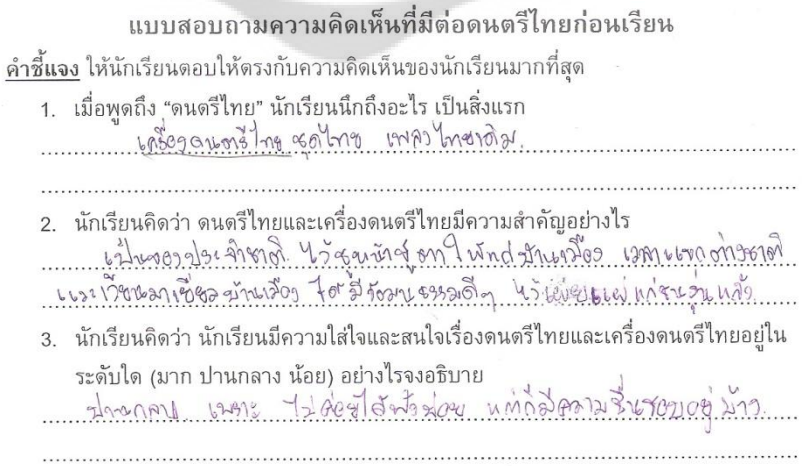
Student	Pretest scores	Posttest score
21	18.5	18
22	17	20
23	20	22.5
24	18.5	20.5
25	15	22
26	17.5	19.5
27	18	22
28	10.5	18
29	16.5	26.5
30	25	27
31	19.5	21
32	17	26.5
33	10	22
34	18	28
35	10	24.5

- The pre and post scores of students' scientific creativity

Student	Pretest scores	Posttest score
1	29	41
2	54	66
3	9	58
4	51	61
5	9	78
6	9	75
7	36	48
8	63	47
9	52	81
10	49	66
11	9	32
12	58	43
13	105	86
14	70	96
15	68	94
16	40	57
17	9	80
18	50	70
19	33	55
20	65	76

Student	Pretest scores	Posttest score
21	48	48
22	54	81
23	58	105
24	51	73
25	78	80
26	64	110
27	68	76
28	49	65
29	92	73
30	46	77
31	65	64
32	28	38
33	61	45
34	9	81
35	9	52

- Examples of students' awareness of traditional Thai musical instruments pre and post written responses



แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อดนตรีไทยก่อนเรียน

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบให้ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด

1. เมื่อพูดถึง "ดนตรีไทย" นักเรียนนึกถึงอะไร เป็นสิ่งแรก

เครื่องดนตรีไทย ชุดไทย เพลงไทยเดิม

2. นักเรียนคิดว่า ดนตรีไทยและเครื่องดนตรีไทยมีความสำคัญอย่างไร

เป็นของประจำชาติ ไว้ชุมนุมกับเพื่อนบ้านเมือง เพราะเขาถือว่าเป็นมารยาทของบ้านเมือง ใครมีงานรื่นเริงต่างๆ ไว้เพื่อแสดงแก่กันในงานเลี้ยง

3. นักเรียนคิดว่า นักเรียนมีความใส่ใจและสนใจเรื่องดนตรีไทยและเครื่องดนตรีไทยอยู่ในระดับใด (มาก ปานกลาง น้อย) อย่างไรจงอธิบาย

ปานกลาง เพราะ ไม่ค่อยได้สัมผัสบ่อย แต่ก็มีความชื่นชอบอยู่บ้าง

แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อดนตรีไทยก่อนเรียน

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบให้ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด

1. เมื่อพูดถึง "ดนตรีไทย" นักเรียนนึกถึงอะไร เป็นสิ่งแรก
   การเล่นดนตรีเป็นกลุ่ม
2. นักเรียนคิดว่า ดนตรีไทยและเครื่องดนตรีไทยมีความสำคัญอย่างไร
   จะได้ไปแสดงเพื่อเข้ามหาวิทยาลัย
3. นักเรียนคิดว่า นักเรียนมีความใส่ใจและสนใจเรื่องดนตรีไทยและเครื่องดนตรีไทยอยู่ในระดับใด (มาก ปานกลาง น้อย) อย่างไรจงอธิบาย
   ปานกลาง เพราะ ผมไม่ค่อยเล่นดนตรีไทยบ่อยๆ

แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อดนตรีไทยก่อนเรียน

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบให้ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด

1. เมื่อพูดถึง "ดนตรีไทย" นักเรียนนึกถึงอะไร เป็นสิ่งแรก
   เสียง ระนาด
2. นักเรียนคิดว่า ดนตรีไทยและเครื่องดนตรีไทยมีความสำคัญอย่างไร
   เป็นสิ่งที่แสดงถึงความเป็นชาติไทย
3. นักเรียนคิดว่า นักเรียนมีความใส่ใจและสนใจเรื่องดนตรีไทยและเครื่องดนตรีไทยอยู่ในระดับใด (มาก ปานกลาง น้อย) อย่างไรจงอธิบาย
   น้อย เพราะ ไม่ค่อยได้ฟังเพลงดนตรีไทยอย่างๆ

แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อดนตรีไทยก่อนเรียน

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบให้ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด

1. เมื่อพูดถึง "ดนตรีไทย" นักเรียนนึกถึงอะไร เป็นสิ่งแรก
   วัฒนธรรมไทยในอดีตการแสดงจะครบไปด้วยดนตรี
2. นักเรียนคิดว่า ดนตรีไทยและเครื่องดนตรีไทยมีความสำคัญอย่างไร
   เป็นเอกลักษณ์ของชาติ
3. นักเรียนคิดว่า นักเรียนมีความใส่ใจและสนใจเรื่องดนตรีไทยและเครื่องดนตรีไทยอยู่ในระดับใด (มาก ปานกลาง น้อย) อย่างไรจงอธิบาย
   น้อย เพราะ เล่นยาก คนไม่ค่อยนิยมเล่น

แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อดนตรีไทยหลังเรียน

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด

1. หลังจากเรียนบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนมีความคิดเหมือนหรือต่างจากความคิดก่อนเรียนอย่างไร

ความคิดที่เหมือนเดิม

คิดว่า อะไร ก็สามารถนำเอามาทำเครื่องดนตรีได้

ความคิดที่แตกต่างจากเดิม

ก็เคยคิดไว้ว่าอะไรก็สามารถนำเอามาทำเครื่องดนตรีได้ แต่ต้องมีองค์ประกอบต่างๆ มากมาย ความรู้ เทคนิคสามารถทำขึ้นได้

2. นักเรียนคิดว่า หลังจากเรียนแล้ว ดนตรีไทยและเครื่องดนตรีไทยมีความสำคัญอย่างไร

มีความสำคัญ ต่อชาติมาก แล้วต่อประเทศไทยมาก เพราะมันเป็นเอกลักษณ์ ที่อยู่คู่กับคนไทยมานานแล้ว

3. นักเรียนรู้สึกอย่างไร เมื่อมีผู้กล่าวว่าดนตรีไทยกำลังไร้ผู้สืบทอด และมีแนวทางในการแก้ปัญหานี้อย่างไร

น่าอนาถใจ รู้สึกแย่ๆ ของคนตรีไทยกำลังจะหายไปไม่มีผู้สืบทอด เด็กไทยนั้นไม่ค่อยใส่ใจดนตรีสากลมากกว่า ถ้าจะให้แก้ไข ต้องจะปลูกฝังกันตั้งแต่เล็กๆ ให้รู้จักดนตรีไทยมากกว่านี้ เป็นอยู่

แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อดนตรีไทยหลังเรียน

เลขที่ 6

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด

1. หลังจากเรียนบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนมีความคิดเหมือนหรือต่างจากความคิดก่อนเรียนอย่างไร

ความคิดที่เหมือนเดิม

ได้รู้เรื่องต่างๆที่ยังไม่รู้มาก่อน และทำให้นำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้มากมาย

ความคิดที่แตกต่างจากเดิม

จริงๆแล้วในวิชาก็ชอบมากเพราะได้เรียนรู้เรื่องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และจริงๆ ดนตรีมากขึ้นจะได้นำไปใช้กันเสียงๆ

2. นักเรียนคิดว่า หลังจากเรียนแล้ว ดนตรีไทยและเครื่องดนตรีไทยมีความสำคัญอย่างไร

มีความสำคัญ ในการเล่นเพราะจะได้รู้ว่าเป็นมาอย่างไร จะได้เผยแพร่ให้คนต่างชาติได้รู้ว่า ดนตรีไทย และเครื่องดนตรีไทยเป็นมาอย่างไร

3. นักเรียนรู้สึกอย่างไร เมื่อมีผู้กล่าวว่าดนตรีไทยกำลังไร้ผู้สืบทอด และมีแนวทางในการแก้ปัญหานี้อย่างไร

ถึงผมก็จะพยายามหาด้วยตัวเองโดยการไปหาคนมารวมกลุ่มทำเครื่องดนตรีไทย และคิดว่าเครื่องดนตรีไทยอยู่ในจะได้ไปจนถึงรุ่นลูกหลานสืบทอดต่อไป

แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อดนตรีไทยหลังเรียน

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด

1. หลังจากเรียนบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนมีความคิดเหมือนหรือต่างจากความคิดก่อนเรียนอย่างไร

ความคิดที่เหมือนเดิม

คือ คิดว่าดนตรีไทยก็เป็นอะไรที่น่าเชื่อ เข้าใจมากขึ้น ไม่เป็นสิ่งที่ดูดี หรือน่าสนใจ

ความคิดที่แตกต่างจากเดิม

ดนตรีไทยสามารถทำอย่างอื่นที่แปลกๆ ใหม่ๆ ได้มากมาย อย่าง ทำในรูปแบบการผสมผสานต่างๆ

2. นักเรียนคิดว่า หลังจากเรียนแล้ว ดนตรีไทยและเครื่องดนตรีไทยมีความสำคัญอย่างไร

ดนตรีไทย ก็เป็นเอกลักษณ์ของชาติ ที่มีมาอย่างยาวนาน จึงมีความสำคัญ แน่นอน เราคนไทย ควรอนุรักษ์ไว้

3. นักเรียนรู้สึกอย่างไร เมื่อมีผู้กล่าวว่าดนตรีไทยกำลังไร้ผู้สืบทอด และมีแนวทางในการแก้ปัญหานี้อย่างไร

รู้สึกไม่สบายใจ เพราะ เป็นสิ่งที่เรารู้สึกภูมิใจ การฟื้นฟู สืบสาน ดนตรีไทย ในปัจจุบัน เพื่อปลุกกระแส ดนตรีไทยให้ เด่นดังกว่าเดิม

แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อดนตรีไทยหลังเรียน

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด

1. หลังจากเรียนบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนมีความคิดเหมือนหรือต่างจากความคิดก่อนเรียนอย่างไร

ความคิดที่เหมือนเดิม

เล่นแล้วสนุก ผ่อนคลาย

ความคิดที่แตกต่างจากเดิม

เพราะว่าเราได้ ทดลองเล่นสิ่งใหม่ และได้แสดงออกถึงความสามารถ

2. นักเรียนคิดว่า หลังจากเรียนแล้ว ดนตรีไทยและเครื่องดนตรีไทยมีความสำคัญอย่างไร

ต้องมีผู้สืบต่อ ให้คนรุ่นหลังได้เรียนรู้และอนุรักษ์ไว้

3. นักเรียนรู้สึกอย่างไร เมื่อมีผู้กล่าวว่าดนตรีไทยกำลังไร้ผู้สืบทอด และมีแนวทางในการแก้ปัญหานี้อย่างไร

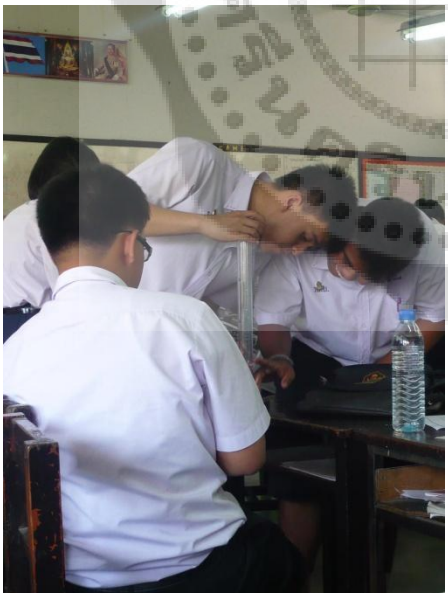
ร่วมเล่นประชาสัมพันธ์ โดยใช้สื่อต่างๆ ปลุกกระแสเครื่องดนตรีไทย เพื่อให้เห็นความสำคัญ

Appendix F

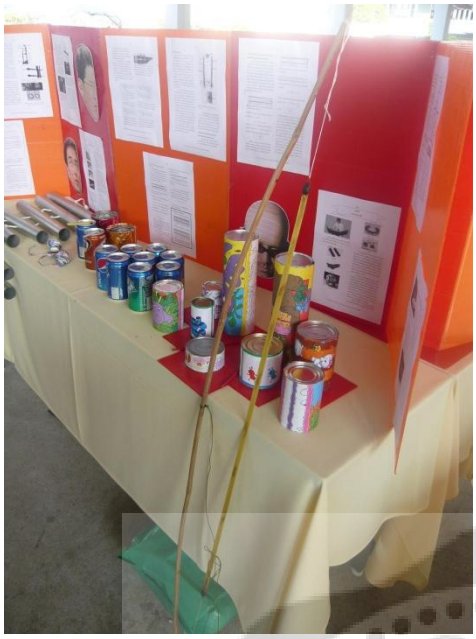
The pictures of learning atmosphere and activities

Appendix F

The pictures of learning atmosphere and activities



SCI &SOCIETY NEWS
SCI &SOCIETY NEWS
SCI &SOCIETY
NEWS



...SCI & SOCIETY NEWS
SCI&SOCIETY NEWS

VITAE

VITAE

Name: Miss Chaninan Pruekpramool

Date of Birth: March 4th, 1983

Place of Birth: Samut Songkhram province

Home Address: 83/27 Moo 6 Tharang Bangkhen, Bangkok 10220

Office Address: Science Education Center, Srinakharinwirot University
114 Sukhumvit 23, Bangkok 10110

Email: Chaninan_p@hotmail.com

Educational Background:

2001	Satthasamut School (Upper Secondary School)
2005	Bachelor of Science (B.Sc.), Physics (2nd class honor) Kasetsart University
2006	Graduate Diploma (Grad. Dip.), Teaching Science Profession, Kasetsart University
2011	Doctor of Education (Ed.D.), Science Education (English Program), Srinakharinwirot University