

DEVELOPMENT OF INQUIRY-BASED TEACHING PROGRAM VIA PCK AND UbD:
A PROFESSIONAL DEVELOPMENT FOR BIOLOGY PRESERVICE TEACHER



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

April 2011

DEVELOPMENT OF INQUIRY-BASED TEACHING PROGRAM VIA PCK AND UbD:
A PROFESSIONAL DEVELOPMENT FOR BIOLOGY PRESERVICE TEACHER



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

April 2011

Copyright 2011 by Srinakharinwirot University

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



การพัฒนาโปรแกรมการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
ผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาและการออกแบบการเรียนรู้ที่เน้นความเข้าใจ:
การพัฒนาวิชาชีพสำหรับนิสิตวิชาชีพครูที่วทยา



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

เมษายน 2554

กมลวรรณ คล้ายวงษ์. (2554). การพัฒนาโปรแกรมการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาและการออกแบบการเรียนรู้ที่เน้นความเข้าใจ: การพัฒนาวิชาชีพสำหรับนิสิตวิชาชีพครูที่วิทยา ปริญญาโท กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นลินา ประไพรัชสิทธิ์, ว่าที่ร้อยตรี ดร. มนัส บุญประกอบ ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพสำหรับนิสิตครูที่วิทยา เพื่อการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาและการออกแบบการเรียนรู้ที่เน้นความเข้าใจ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การศึกษากระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหา (PCK) จากกรณีศึกษาของคณาจารย์ที่มีชื่อเสียงด้านการสอนในหลักสูตรที่วิทยา ที่ใช้การสอนแบบสืบเสาะเป็นฐาน 2) การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมฝึกอบรมเพื่อการสอนแบบสืบเสาะ 3) การศึกษาผลของโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพที่มีต่อความรู้ ทักษะและเจตคติของนิสิตวิชาชีพครู ด้านการสอนแบบสืบเสาะ

ผลของกรณีศึกษาในระยะที่ 1 ทำให้ได้องค์ประกอบของการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาโดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน 8 องค์ประกอบ โดยนำเสนอในรูปแบบของแผนผังแมงมุม (Spider Diagram) และใช้เป็นกรอบแนวคิดในการออกแบบพัฒนาโปรแกรมอบรม ผลของการใช้โปรแกรม ประเมินได้จากการเข้ารับการฝึกอบรมของนิสิตวิชาชีพครู จำนวน 11 คน ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลก่อนและหลังการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ดังนี้ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบตรวจสอบรายการของการวางแผนการสอนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ 2) การสังเกตพฤติกรรมกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะของนิสิตครูและนักเรียนผู้เข้าร่วมในการสอนแบบจุลภาค โดยแบบตรวจสอบรายการพฤติกรรมกรรมการสืบเสาะของครูและนักเรียน และ 3) แบบวัดเจตคติต่อการสอนแบบสืบเสาะของนิสิตครู โดยเป็นแบบวัดประเมินค่า 6 ระดับ 4) แบบประเมินความพึงพอใจต่อการฝึกอบรม ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ แบบบันทึกภาคสนาม บันทึกวิธีทัศน์การสอน แบบบันทึกหลังการอบรมและบันทึกการสัมภาษณ์และสนทนา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าการเข้ารับการฝึกอบรม นิสิตครูมีความรู้ในการวางแผนการสอนปฏิบัติการ ที่มุ่งเน้นด้านความรู้เนื้อหาเป็นหลัก ขาดการบูรณาการด้านทักษะกระบวนการ มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนในระดับต่ำ สื่อที่ใช้ในการสอนขาดความหลากหลาย เน้นการบรรยาย แนวทางการให้การสะท้อนกลับและการมีปฏิสัมพันธ์เป็นการให้คำตอบ

โดยตรง (Didactic) ส่งผลให้พฤติกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะไม่เกิดหรือเกิดขึ้นในระดับต่ำ หลังจากเข้ารับการฝึกอบรม ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของนิสิตครูในด้านความรู้ และทักษะที่มีต่อการสอนแบบสืบเสาะในองค์ประกอบต่อไปนี้ ได้แก่ ด้านการกำหนดผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ด้านการกำหนดโครงสร้างพุทธิพิสัย ด้านการเปิดโอกาสในการมีส่วนร่วมระหว่างครูกับนักเรียนและนักเรียนกับนักเรียน ด้านการให้การสะท้อนกลับ ด้านการสร้างความคุ้นเคยกับวัสดุอุปกรณ์ ทั้งนี้ผลของการวัดเจตคติก่อนและหลังการฝึกอบรมพบว่า เจตคติต่อการสอนแบบสืบเสาะด้านการเตรียมวัสดุอุปกรณ์การสอนแบบสืบเสาะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และผู้เข้ารับการอบรมมีความพึงพอใจต่อโปรแกรมการอบรมในระดับสูงสุด ผลการศึกษาพบว่ายังมีองค์ประกอบอื่นที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อย ซึ่งเป็นข้อจำกัดและอุปสรรคในการเรียนรู้ของนิสิต ดังนั้นผลการศึกษาครั้งนี้จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาการศึกษาของนิสิตวิชาชีพครู เพื่อส่งเสริมทั้งด้านความรู้ ทักษะและเจตคติที่ดี อันจำเป็นต่อการจัดกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน



DEVELOPMENT OF INQUIRY-BASED TEACHING PROGRAM VIA PCK AND UbD:
A PROFESSIONAL DEVELOPMENT FOR BIOLOGY PRESERVICE TEACHER



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

April 2011

Kamonwan Klaiwong. (2011). *Development of Inquiry-Based Teaching Program via PCK and UbD: A Professional Development for Biology Preservice Teacher.*

Dissertation, Ed.D. (Science Education). Bangkok: Graduate School,

Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assist. Prof. Dr. Nalena Praphairaksit, Acting Sub Lt. Dr. Manat Boonprakob, Dr. Wanida Tanaprayothsak.

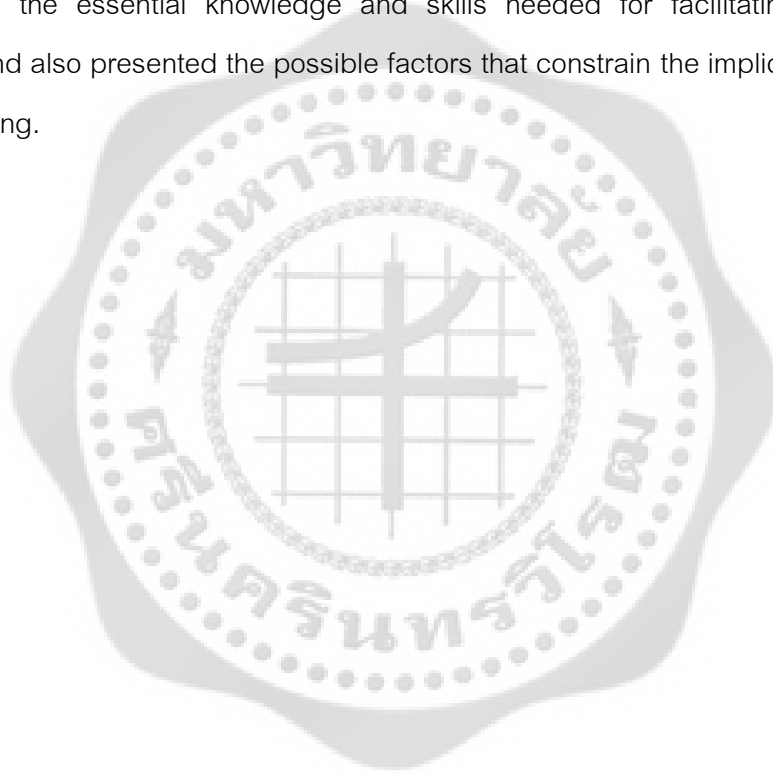
This research aims to explore the effects of an Inquiry-Based Teaching (IBT) professional development program on preservice teachers' knowledge, attitudes, and skills concerning inquiry-based teaching. Three major stages were involved in this study; 1) Identifying Pedagogical Content Knowledge in an Undergraduate Inquiry Biology Lab Course, 2) Designing an IBT program and, 3) Evaluating the use of IBT program.

The results from stage 1 led to eight PCK components for inquiry-based teaching which were presented in Spider diagram. These derived PCK were then used to develop a program and implemented with 11 preservice teachers. Learning strategies used in the program consisted of immersion experiences in 45-hour workshop and microteaching practice. The collected data in this study included 1) pre and post-lesson plans to track the knowledge changes, 2) observation of pre and post-microteaching inquiry behaviors, 3) pre and post attitude toward inquiry-based teaching and 4) satisfaction toward IBT program. Other qualitative data were also collected as follows: field note, video tape recording, journal and informal interview note.

The data indicated that prior to participating in the IBT program, preservice teachers had limited knowledge in designing inquiry-based instruction. It also showed that their intended learning outcomes were greatly emphasized on content learning rather than process learning. Lesson plans of the preservice teachers presented unclear cognitive structure of the task. The nature of students' involvement was low and the teaching was lack of variety of instructional materials. Teaching styles were didactic. The preservice teachers' behavior and students' behavior in relation to inquiry were seldom presented during pre-microteaching.

The results from the post-program data showed that there were changes in the following components: 1) Intended learning outcome, 2) cognitive structure of the task, 3)

level and nature of student involvement, 4) Way of giving feedback, and 5) Familiarity with equipments. The results from attitude questionnaire showed that construction and manipulation of inquiry-based equipment was the only subcomponent that statistically showed significantly difference ($t = 1.125, p < 0.05$). The satisfaction score towards IBT were the highest of all item considerations. However, the data also indicated that in some cases, the inquiry-based teaching knowledge and behaviors after the microteaching remain unchanged. These data showed the obstacle and limitation factors that limit preservice learning. The findings in this study provided the suggestions for preservice learning regarding to the essential knowledge and skills needed for facilitating inquiry-based instruction and also presented the possible factors that constrain the implications of inquiry-based teaching.



The dissertation titled
Development of Inquiry-Based Teaching Program Via PCK and UbD:
a Professional Development for Biology Preservice Teacher

by
Kamonwan Klaiwong

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 Suntiwatanakun)

April 2011

Advisor Committee

Oral Defense Committee

..... Chair
(Assist. Prof. Dr.Nalena Praphairaksit)

..... Chair
(Prof. Dr.Peter W. Hewson)

..... Co-advisor
(Acting Sub Lt. Dr.Manat Boonprakob)

..... Committee
(Assist. Prof. Dr.Nalena Praphairaksit)

..... Co-advisor
(Dr.Wanida Tanaprayothesak)

..... Committee
(Acting Sub Lt. Dr.Manat Boonprakob)

..... Committee
(Dr.Wanida Tanaprayothesak)

..... Committee
(Assoc. Prof. Dr.Nason Phonphok)

Acknowledgements

I would like to acknowledge and extend my heartfelt gratitude to the following persons, all of whom at one time or another have made it possible for me to complete this final study.

Asst. Prof. Dr. Nalena Praphairaksit, as my chair advisor, Acting Sub Lt. Dr. Manat Boonprakob, Dr. Wanida Tanaprayothsa, my committee members, and Dr. Mariana G. Hewson, for their encouragement, guidance and support from the very beginning to the final stage which enabled me to develop an understanding of this study, until the completion of this program.

I would like to thank Assoc. Prof. Dr. Nason Phonphok and Assoc. Prof. Dr Prayong Pongtongcharoen for their sincere guidance and enthusiastic encouragement throughout the study.

I would also like to thank Prof. Dr. Peter W. Hewson for flying half of the globe to be a part of my oral examination committee. It has been an honor and privilege to me.

I would like to extend my gratitude to Dr. Kevin Niemi, Dr. Michelle Harris and Dr. Janet Batzli, for their kind assistance and valuable experiences that truly help the progression and smoothness of my study.

Further, I appreciate Dr. Chade Sirisawat, Assist. Prof. Dr. Surang Dhamavoharn and Ajarn Ratapol Sornprasert for their assistance, contribution and cooperation in this study.

I am also grateful to Assist. Prof. Dr. Sugunya Ruangjaroon for kindly helping me proofed this dissertation and contribution of her valuable suggestions.

Without all the staffs of Science Education Center, my colleagues and friends for assisting in the collection of data, support and vital encouragement, it would not have been possible in completing the program.

All participants in this study, for their enthusiasm and willingness. This study could not happen without you.

Last but not least, my special thanks to my family and love one who always stand by me no matter what happens during my study.

Kamonwan Klaiwong

TABLE OF CONTENTS

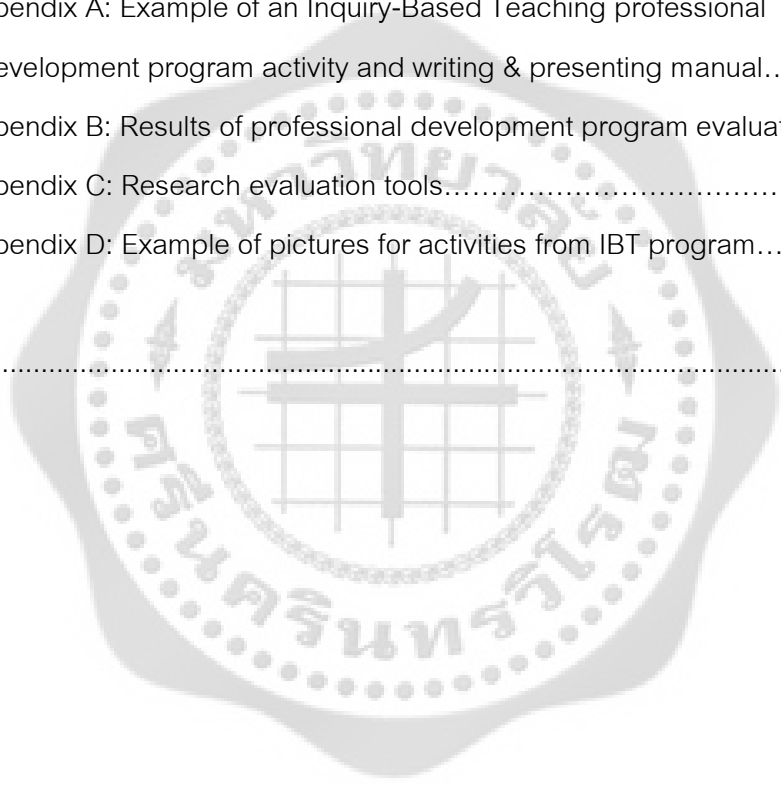
Chapter	Page
1 INTRODUCTION	
Background.....	1
Objectives of the study.....	7
Significance of the study.....	8
Research question.....	8
Scope of the study.....	8
Variables of the study	9
Definition of terms.....	9
Conceptual framework of the study.....	12
Framework of the study.....	13
Research hypotheses.....	16
2 REVIEW OF THE LITERATURE	
Development of the teachers and education personnel in Thailand.....	17
Science education in Thailand.....	18
National science curriculum standards.....	18
Quality of science teaching and learning in basic education.....	19
Subject groups in science learning.....	20
Preservice teacher education in teaching profession curriculum.....	21
Strands for professional teaching curriculum.....	21
Standard for professional teaching for preservice teachers.....	22
High school lab reports.....	24
Current high school laboratory difficulties.....	24
The five agendas for developing effective laboratory teaching experience....	25
Teacher knowledge required for a range of laboratory experiences.....	26
Science content knowledge.....	26
General Pedagogical Knowledge.....	27
Pedagogical Content Knowledge.....	28

TABLE OF CONTENTS (Continued)

Chapter	Page
2 (Continued)	
Knowledge of assessment.....	31
Understanding by Design.....	33
The three stages of backward design.....	33
Classroom science inquiry.....	37
The five essential features of science inquiry.....	38
Preparing teachers for inquiry-based teaching.....	40
Designing professional development.....	42
Evaluating professional development.....	45
Related research	45
3 METHODOLOGY	
Population and participants of the study.....	49
Research methodology.....	51
Development of instrument of the study.....	55
Data collection.....	57
Data analysis.....	61
4 FINDINGS	
Section 1: The results of identifying and contributing Pedagogical Content Knowledge (PCK) to inquiry-based teaching.....	62
Section 2: The results of designing an IBT professional development program.....	76
Section 3: The evaluation of findings from the IBT program.....	80
5 CONCLUSIONS AND DISCUSSIONS	
Conclusions.....	99
Discussions.....	104

TABLE OF CONTENTS (Continued)

Chapter	Page
5 (Continued)	
Recommendations.....	107
BIBLIOGRAPHY	108
APPENDIXES	116
Appendix A: Example of an Inquiry-Based Teaching professional development program activity and writing & presenting manual.....	117
Appendix B: Results of professional development program evaluation.....	173
Appendix C: Research evaluation tools.....	180
Appendix D: Example of pictures for activities from IBT program.....	190
VITAE	193



LIST OF TABLES

Table	Page
1 Summary of types of knowledge influenced teachers' PCK.....	30
2 Essential features of classroom inquiry and their variations.....	40
3 Eighteen strategies for professional learning.....	43
4 The sequence of course and lab experiences in UBLP.....	52
5 Point value for positive items and negative items attitude questionnaire.....	60
6 The contents and activities of IBT guidebook and lesson plan	78
7 Aspect A: Intended learning outcome comparing pre and post-lesson plan.....	82
8 Aspect B: Cognitive structure of the task comparing pre and post-lesson plan.	83
9 Aspect C: Level and nature of student involvement comparing pre and post- lesson plan.....	85
10 Aspect D: Practical context comparing pre and post-lesson plan.....	87
11 Aspect E: PCK comparing pre and post-lesson plan.....	89
12 Comparisons of mean pretest and posttest scores for attitude towards inquiry- based teaching.....	91
13 Comparisons of mean pretest and posttest subcomponent category scores for attitude towards inquiry-based teaching.....	91
14 Concurrence between students and teachers behaviors.....	93
15 Preservice teachers 'satisfaction towards program.....	96

LIST OF FIGURES

Figure	Page
1 Conceptual framework of the study.....	12
2 (2-1) Framework of the study.....	14
(2-2) Framework of research methodology.....	15
3 Facet of pedagogical knowledge.....	27
4 Categories contributing to pedagogical content knowledge.....	29
5 UbD: stages of backward design.....	33
6 Template with design for teachers (stage 1-desired results).....	34
7 Templates with design for teachers (stage 2-assessment evidence).....	35
8 Template with design for teachers (stage 3-learning plan).....	36
9 Science inquiry map.....	39
10 Overview of the study.....	50
11 Decision tree for mixed methods design criteria for timing, weighting and mixing.....	51
12 UbD: stages of backward design.....	56
13 UBLP laboratory setting	65
14 The eight PCK components for inquiry-based lab teaching	67
15 Pre and post microteaching student behaviors.....	94
16 Pre and post microteaching teacher behaviors	95

CHAPTER 1

INTRODUCTION

Background

Scientific knowledge has developed rapidly over the last century and there is no doubt that much of this progress comes from the improvement of science and technology (Klainin. 2001: 1; Office of the National Economic and Social Development Board. 2005:2). The goals of learning science-biology, as written by the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST. 2004), indicate that biology plays an important role in both present and future societies since this subject is related to humans, animals and the environment. For this reason, many countries have turned their attention to finding and improving student understanding of scientific ideas. It is claimed that that a deeper understanding of science will allow countries to compete against other nations (Klainin. 2001: 1; IPST. 2004; Panichapan. 1998: 67). Furthermore, improving student scientific knowledge will provide opportunities for country to develop better agricultural products, heavy industries, and public health and environmental policies for the eight to tenth as articulated in one of the objectives stated national economic and social development plans. It will therefore elevate standard of people's living quality (IPST. 2004; Office of the National Economic and Social Development Board. 2005:2, 9; Klainin. 2001: 1).

To achieve scientific objectives, teachers are the most important driving force (IPST. 2004; Panichapan. 1998: 93). Through the teaching of science and the learning process provide students with both content knowledge, and critical thinking skills associated them with when they are doing problem solving through scientific procedures. To meet these goals, students should be fully supported and encouraged to show their enthusiasm and curiosity in any area of science. Not only will this help motivate students to learn science, but it will also create a learning atmosphere for them to be passionate about engaging in scientific processes, including gathering information, analyzing it and then logically defining the results. Additionally, students must be able to clearly communicate their information, procedure and finding to their peers and the public. Hence, teachers are

responsible for providing learning environments to support student interest and understanding (IPST. 2004).

One of the most important factors for student's achievement is teachers (Wootipreecha; & Bunyanun. 2004:6; NRC. 2001: 44; NRC.2005: ES-5, 5-1). According to the research, teacher can make a difference as to whether or not students can achieve their academic success. (Eide; Eric; Goldhaber; & Brewer. 2004; NRC. 2001: 44; NRC .2005: ES-5) There is quite a consensus in many studies (NCTAF. 1996; Educational trust.1988; citing NRC. 2001: 44; Sander; & Rivers. 1996) that well qualified teachers and high-quality teaching contribute to the academic achievement of students and enable to break through barriers of economic status. These claims are consistent with the finding in the First National Science Education Seminar (NSES) in Thailand, which reports the result of the studying of biology curricular in Thai universities. Questionnaires were distributed to ten well-known Thai universities. The study confirms that the most significant element influencing the students' scientific learning process is the teacher over content, curriculum, and even the students themselves. (Panichapan. 1998: 69)

Because of the key role teacher play and the importance of science in society, science teachers must understand how student learn and how to motivate them. (Darling-Hammond; & Baratz-Snoden. 2005: 5; NRC. 2005: 1). Unfortunately, many studies have reported about preservice teachers' perceptions and limitations of laboratory experiences from teacher preparation programs. For instance, undergraduate science courses (even for science major) offer 1) only covers minor areas of science content and laboratory, 2) didactic oriented teaching style, 3) uninspiring and uninteresting teaching method, 4) no active engagement and little student-centered learning, 5) lack of relevance of the classroom science teaching to real-world students contexts, and 6) focusing more on procedural knowledge but few in walking through science investigation (Hilosky; Sutman; & Schmuckler. 1998; NRC. 2005: 147-148; Panichapan. 1998:29). These findings show the possibility of future teaching styles of preservice teachers. Provided that these preservice teachers have limited experiences and they tend to teach in the way that they were taught before. (Brown; & Borko. 1992; Weld; &Funk. 2005), it is difficult to expect our preservice

teachers to provide students with effective scientific laboratory activities if they do not have sufficient knowledge and skills needed (NRC. 2000: 87).

Teachers can be qualified and have high-quality teaching if they are well trained by teacher education program (NRC. 2000: 87). The critical importance of well-prepared teachers has been recognized by the National Research Council (2001). As shown in Haselkorn and Harris, roughly nine out of ten Americans believe that the best way to increment students' achievement is to have a qualified teacher in every classroom. Furthermore, this study supported the idea that merely general a good education is not sufficient for prospective teachers, they should be trained by particular trainings. (NRC. 2000. 101; Haselkorn; & Harris. 1998; citing NRC. 2001: 44).

There is still no connection between content knowledge and pedagogical knowledge in the area of science. Preservice teachers are double major in science and education. According to the national research council, schools in the US have faced difficulties in their education due to a lack of qualified science teachers. It is concluded that science education dilemma results from poor quality of preservice teachers. They further emphasize the need to revise undergraduate curriculum (NRC. 2005: 5-1).

ONEC has raised issues regarding teaching and learning science problems in secondary school into four areas, 1) competency of science teachers, 2) science laboratory classroom and science equipment, 3) science instructional media, and 4) teaching and learning science (Ministry of education; citing ONEC. 2009: online). Lacks of high competency science teacher occur for several reasons, for example, many science teachers are not qualified, imbalance exists science teachers and students per, and science teachers lack scientific understanding and skills to apply in science classes (ONEC. 2009: online). Therefore, the current preservice education and inservice training should be revised. (NRC. 2000: 11; NRC. 2005: 5-1).

According to the first NSES (1998), the study of curricular in biology from ten major universities in Thailand revealed that the physiology laboratory course is the second-highest-ranked subject that affects students' scientific learning process (Panichapan. 1998: 28). Laboratory experiences can help students reach seven science learning goals: 1) mastering of subject matter, 2) developing scientific reasoning, 3) understanding the

complexity and ambiguity of empirical work, 4) developing practical skills, 5) understanding the nature of science, 6) cultivating interest in science and maintaining interest in learning science and, 7) developing teamwork skills (NRC. 2005: ES-3). Thus, laboratory work in physiology, which enables students to practice these skills, is one of the appropriate selections for the development of a program to improve preservice teachers' knowledge, attitudes and skills for concerning effective laboratory teaching.

Preservice teachers as a novice teacher do not have much experience in teaching and may not have clear learning and teaching goals in mind. To help students accomplish those goals, the balancing between specific content and pedagogy should be concerned with research on teaching (Gess-Newsome. 1999: 3). For this reason, pedagogical content knowledge (PCK), which described by Shulman as “the most useful forms of content representation..., the most powerful analogies, illustrations, examples, explanations, and demonstrations—in a word, the ways of representing and formulating the subject that makes it comprehensible for others” is applied as crucial distributions in knowledge based for teaching (Shulman. 1986b; citing Gess-Newsome. 1999: 4). Teachers and curriculum developers should identify PCK to help students reach science learning goals and design from essential guidelines derived from PCK. Van Driel et al. stated that successful teachers are likely to have ability to develop PCK for teaching. Conversely, novice teachers may have a difficulty to develop PCK for a specific content area. (Van Driel; et al. 1998: 677; citing Loughran; Berry; & Mulhall. 2006: 19) To teach lab work well, teachers also require PCK (Shulman. 1986; citing NRC. 2005: 5-4) that is rather different from a scientist (Deng. 2001; citing NRC. 2005: 5-4).

PCK is generally developed when teachers increase their experiences in teaching; however, the link between teachers' knowledge and their practices is often tacit knowledge (Mulhall; Berry; & Loughran. 2006) therefore, developing the methodology for documenting and disseminating PCK for professional practice. Content-specific teaching procedures, teaching discussions, classroom observation and other traditional approaches are designed to capture PCK in science from experienced teachers (Mulhall; Berry; & Loughran. 2006: 19-21). The results of their study showed the teachers' expertise knowledge of teaching through theory of PCK in the content areas of Biology, Chemistry, Physics and Earth

science, with the exception of science laboratory teaching. The represent of teacher knowledge presented in the PCK format may enable preservice and inservice science teacher education (Mulhall; Berry; & Loughran. 2003: 1). Because of this reason, in phase I of this study, the researcher is going to capture and document the PCK in the areas of Biology laboratory teaching from experienced instructor teams in an undergraduate program by using a case study approach (see for more detail in chapter 3). Undergraduate Biology Lab Program (UBLP) is a pseudonym of the program at a large public university in the Midwest of the United States. Pseudonym is used under the suggestion of Institutional Review Board (IRB) to protect participants' right in of this study.

To design a curricular or lesson plans, teachers have several options to decide what teaching principles suit them most. Understanding by design (UbD) or also known as backward design is one of the ideal structure, suggested by Wiggins and McTighe (1998) (Handelsman; et. al. 2007: 14). UbD is a three steps instructional design that firstly focuses on ultimate outcomes. The learning outcomes, designed based on UbD, are not only concerning what students need to be able to do or to be in a class, but also what they should retain for the next ten years or even more after they graduated. Secondly, to assure that students can accomplish those learning outcomes, teachers will find the evidence and identify the appropriate assessment tools for the second stage. Finally, teachers will plan learning for lab experiences and activities to facilitate students learning (Wiggin; & McTighe, 2005: 14, 18). Three stages of backward design will be applied in this study. The results from phase I, Identifying PCK from the case study of experienced instructor team in Undergraduate Biology Lab Teaching (UBLP) will be employed to identify desired learning goals in stage 1 of the UbD.

Consequently, an Inquiry-Based Teaching program (IBT) for improving knowledge, attitudes and skills needed for effective lab teaching of preservice teachers should be designed via pedagogical content knowledge (PCK) theory and Understanding by Design (UbD) principles.

This study concentrates on biology preservice teachers. They will be trained for IBT and given opportunities to experience inquiry learning and teaching.

Objectives of the Study

The purposes of the study are summarized as follows:

1. To identify and contribute pedagogical content knowledge (PCK) to Inquiry-Based Teaching from the case study of an experienced instructional team.
2. To design an Inquiry-Based Teaching professional development program via the identified PCK findings.
3. To evaluate the effects of an Inquiry-Based Teaching professional development program on preservice teachers' knowledge, attitudes and skills concerning Inquiry-Based Teaching.

Significance of the Study

In this study, the proposed Inquiry-Based Teaching program (IBT) via pedagogical content knowledge and understanding by design will be developed as a professional development for biology preservice teachers. This program will focus on the knowledge and skills need for biology preservice teachers to lead and teach effective laboratory classes for secondary school students. Being well prepared, preservice teachers will therefore develop positive attitudes to teaching, and will be inspired to be good and efficient teachers. In addition, an IBT program via PCK and UbD can be applied as a guideline to design lab-based curricula for preservice teacher in other science domains or science content.

Research question

How does an Inquiry-Based Teaching program via PCK and UbD affect biology preservice teachers' knowledge, attitudes, and skills concerning effective lab teaching?

Scope of the Study

Population of the study

The population of this study is senior year of education (science-biology) students at a university in a central of Thailand. (A target population approximately is 21)

Participants of the study

The participants of this study are volunteers from senior year of education (science) students at university in a central of Thailand. (In total of 11 students)

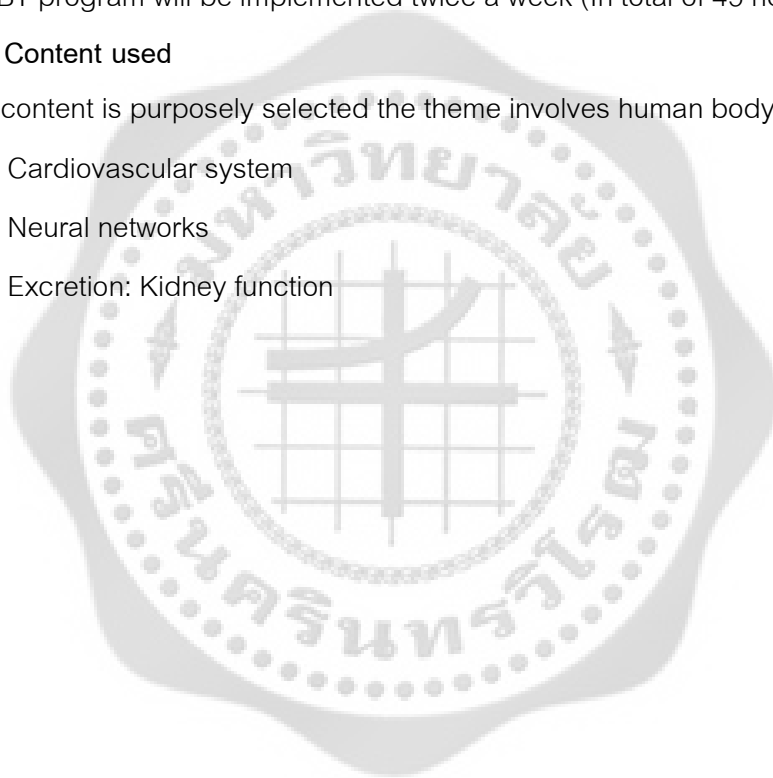
Duration of Conducting Research

An IBT program will be implemented twice a week (In total of 45 hours).

The Content used

The content is purposely selected the theme involves human body as follows:

- Cardiovascular system
- Neural networks
- Excretion: Kidney function



Variables of the study

1. Independent variable

An IBT program via PCK and UbD

2. Dependent variables

2.1 Preservice teachers' knowledge for Inquiry-Based Teaching

2.2 Preservice teachers' skills for Inquiry-Based Teaching

2.3 Preservice teachers' attitudes towards Inquiry-Based Teaching

Definition of terms

1. An Inquiry-Based Teaching program via PCK and UbD (IBT)

An Inquiry-Based Teaching program via PCK and UbD (IBT) is a professional development program developed via pedagogical content knowledge theory and understanding by design principle. It provides key components, derived from PCK of experienced instructor teams at a large public university in the midwest of United States, for fostering biology lab teaching classroom. In addition, it also introduces integrated techniques to teach inquiry lab-based activities for secondary school students. The IBT aims to help develop preservice teachers from learners to teachers. The educational strategies based on PCK are integrated into biology inquiry lab. The content used in the IBT is human body and the instructional materials include lab manual, writing manual, and teacher handbook.

2. Pedagogical Content Knowledge (PCK)

Pedagogical content knowledge (PCK) is a specific strategy integrated into specific content (inquiry lab-based) which was derived from an experienced instructor team in undergraduate biology lab program (UBLP) at a large public university in the midwest of United States. The PCK in this study is a result from phase 1: a qualitative exploration of the case study for identifying PCK for biology lab teaching. The findings from phase 1 are the essential key components which will be grouped into categories and represented by a diagram.

3. Understanding by Design (UbD)

Understanding by design (UbD) is a backward design which includes three steps of an instructional design.

- 3.1 Identify desired results (learning goals).
- 3.2 Find evidence for learning (learning outcomes and assessment).
- 3.3 Plan for learning experiences and instruction (activities)

4. Science Inquiry Lab

Science inquiry lab is a mean to learn set of skills for doing science as a process (NAP. 2000). Classroom science inquiry includes five essential features which are: (SCALE. 2007; NRC. 2000)

- 4.1 A learner engages in scientifically oriented questions.
- 4.2 A learner gives priority to evidence in responding to questions.
- 4.3 A learner formulates explanations from evidence.
- 4.4 A learner connects explanations to scientific knowledge.
- 4.5 A learner communicates and justifies explanations.

5. Knowledge for inquiry-based teaching

Knowledge for inquiry-based teaching refers to the knowledge that teachers need to know and be able to do to lead classroom science inquiry. Knowledge for inquiry-based teaching is classified to five schemes which are:

- Scheme for aspect A: Intended learning outcome
- Scheme for aspect B: The cognitive structure of the task
- Scheme for aspect C: Level and nature of student involvement
- Scheme for aspect D: The practical context
- Scheme for aspect E: Pedagogical content knowledge

This set of knowledge can be assessed by applying them in lesson plan and their microteaching.

6. Skills for inquiry-based teaching

Skills for inquiry-based teaching refer to the process of teaching science lab. Teachers should be able to choose the appropriate activities for specific objects and also use proper equipment for teaching in classroom science inquiry. These skills can be assessed by applying them to lesson plan and their microteaching performance.

7. Attitudes towards biology lab teaching

Attitudes towards biology lab teaching refer to how biology preservice teachers believe and value in teaching biology lab. Attitude shows person's positive or negative response and also likes or dislikes in teaching biology lab.

8. Preservice teacher

Preservice teacher refers to undergraduate students who are majoring in the education (science-biology) at a university in central of Thailand in their senior year.



Conceptual framework of the study

The conceptual framework for this study is a theoretical integration of pedagogical content knowledge, inquiry-based approach and understanding by design. In Figure1, the development of an Inquiry-Based Teaching program via PCK and UbD for biology preservice teachers.

Figure 1 illustrates the theoretical framework of the study and relationship between an IBT program and knowledge, attitudes and skills for Inquiry-Based Teaching.

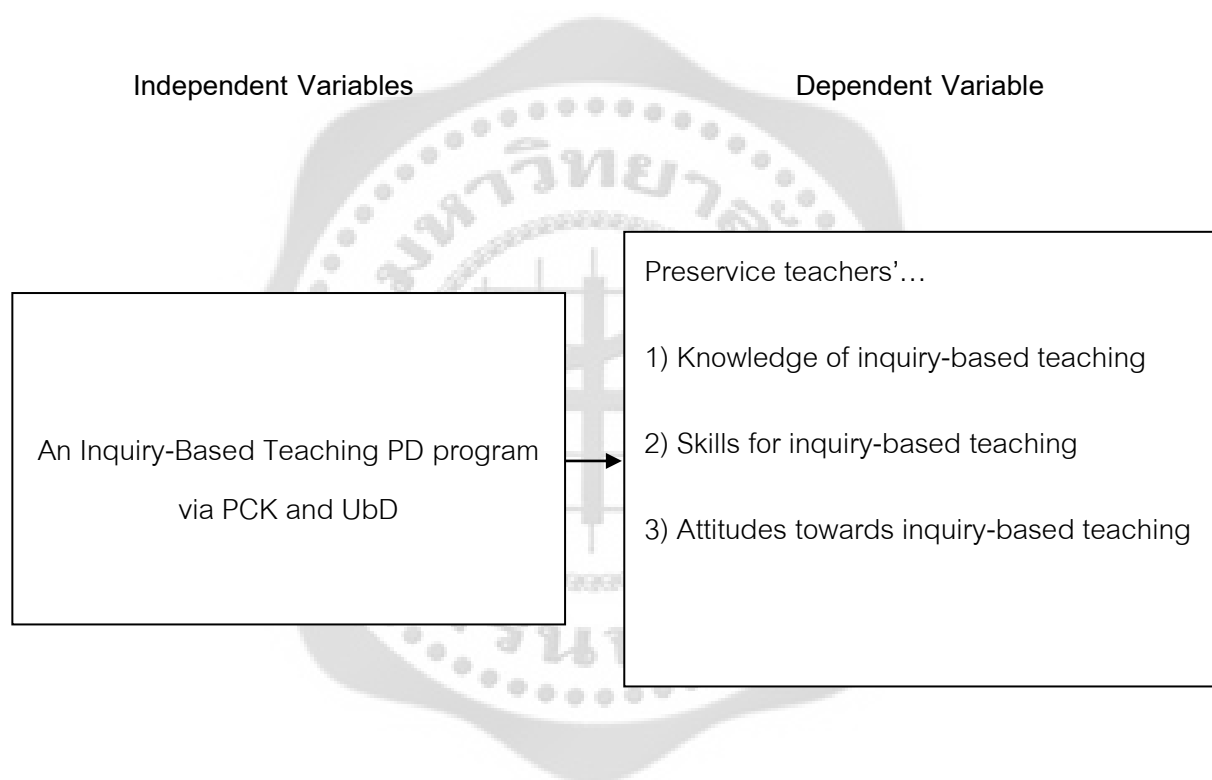


Figure 1 Conceptual framework of the study

Framework of the study

The framework for this study evolved as a consequence of the literature review in the field of pedagogical content knowledge, inquiry-based approach and understanding by design. In Figure 2-1 and 2-2 shows the framework of the study. It is hypothesized that an IBT will enable biology preservice teachers to improve their Inquiry-Based Teaching in terms of knowledge, attitudes and skills.

This study is conducted in 3 stages as followings:

Stage 1 Identifying and contributing pedagogical content knowledge (PCK) to Inquiry-Based Teaching

Stage 2 Designing an IBT professional development program

Stage 3 Evaluating the use of IBT Program from preservice teachers' knowledge, attitudes and skills concerning inquiry lab-based teaching.



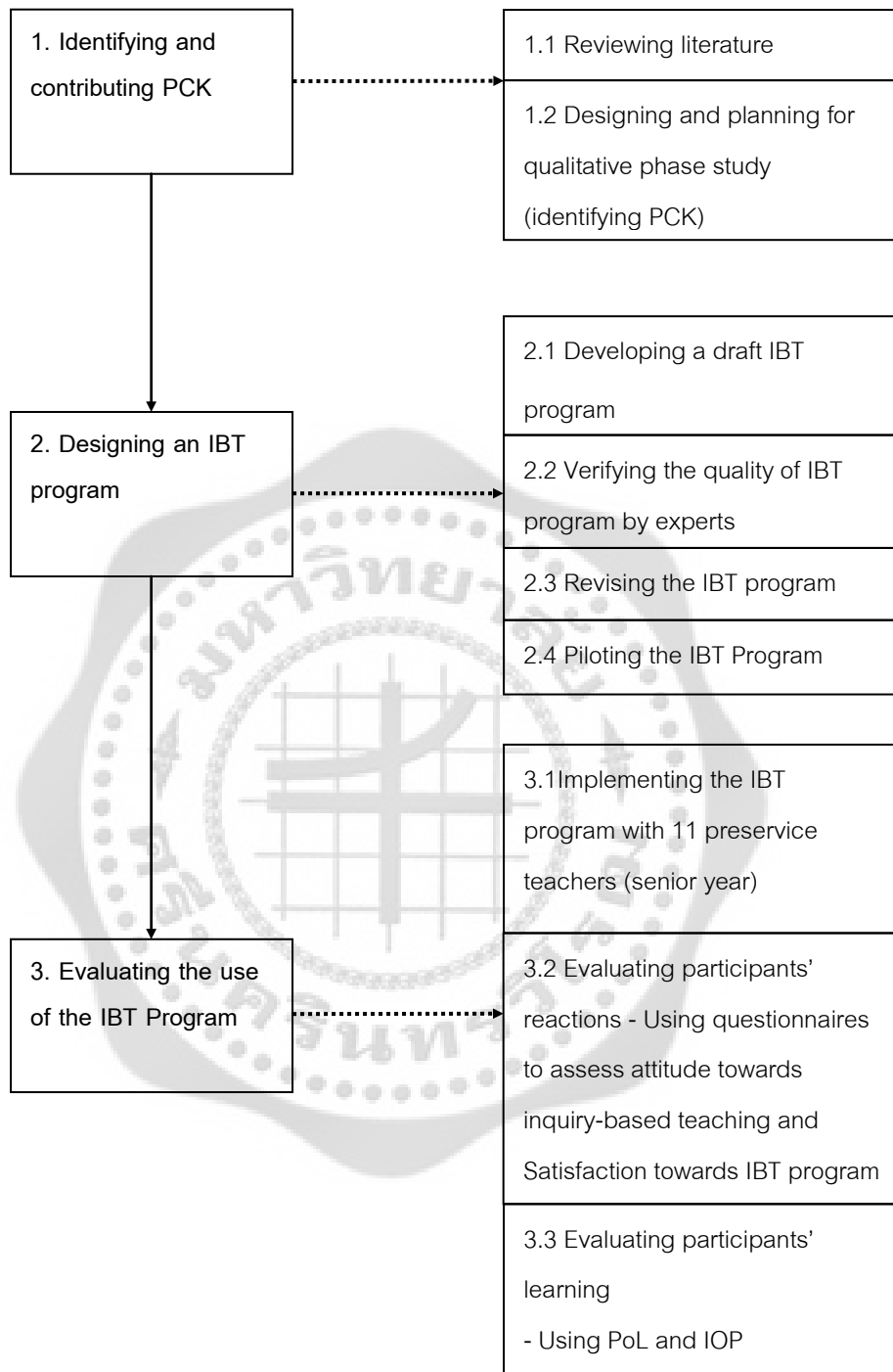


Figure 2-1 Framework of the study

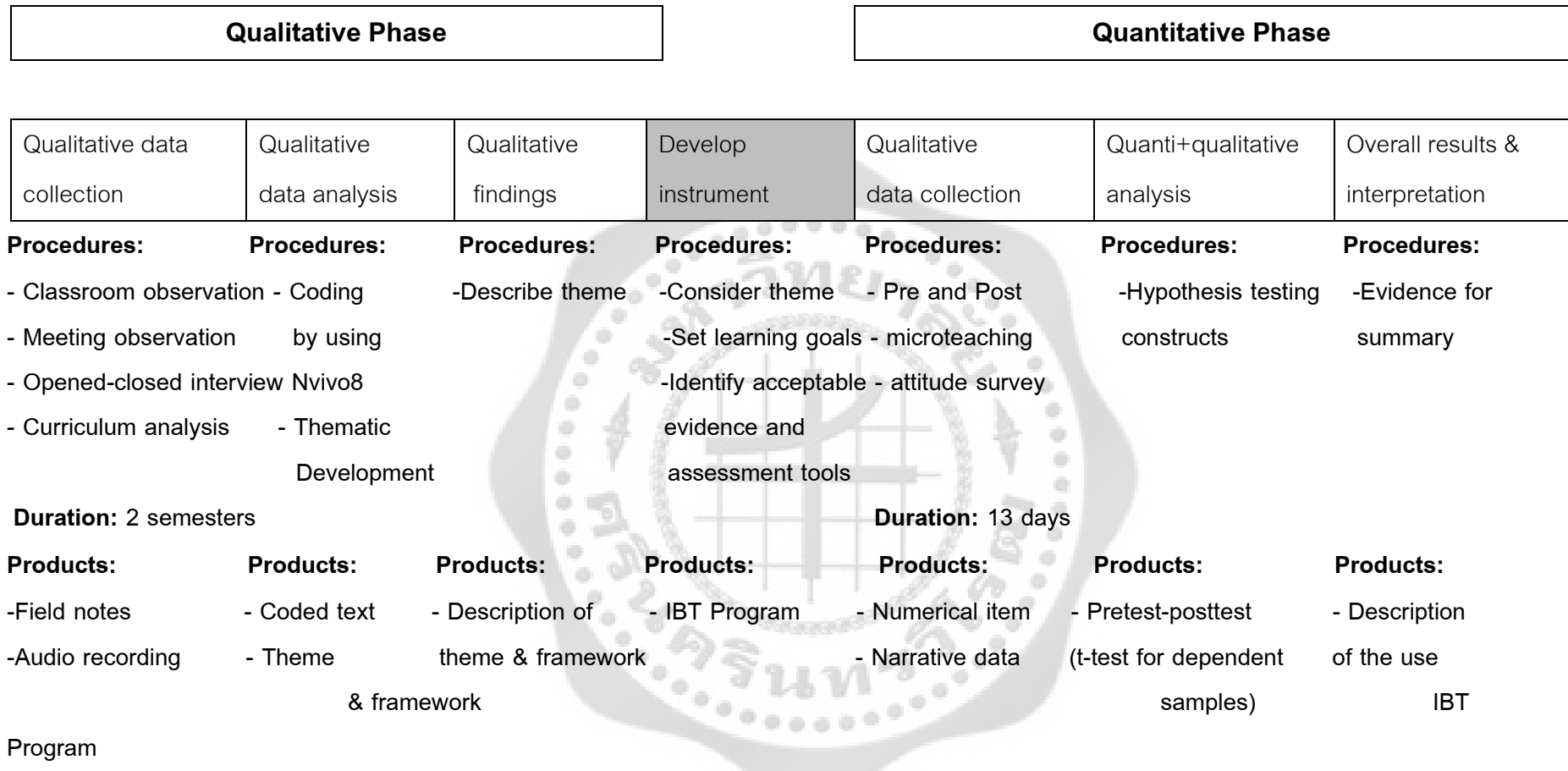


Figure 2-2 Framework of research methodology

Source: This figure is modified from visual diagram of the procedures used to measure exploratory qualitative results with quantitative data (Creswell; & Plano Clark. 2007:53)

Research Hypothesis

The hypothesis of this study is as follow:

An IBT program via PCK and UbD will enable preservice teachers to improve their inquiry lab-based teaching in terms of knowledge, attitudes and skills effectively.



CHAPTER 2

REVIEW OF THE LITERATURE

In this study the researcher aims to develop a professional development program using concerning Inquiry-Based Teaching for preservice teachers. This chapter is a review of literature addressing various aspects of general theory of IBT.

1. Development of teacher and education personnel in Thailand
2. Science education in Thailand
3. Preservice teacher education curriculum (5 years program)
4. High school lab report
5. Teacher knowledge required for a range of laboratory experiences
6. Understanding by Design (UbD)
7. Classroom science inquiry
8. Designing and evaluating professional development program
9. Research related to this study

1. Teacher development and education personnel in Thailand

Education in Thailand has shifted from teacher-centered to learner-centered approach since the national education act B.E. 2542 (1999) was launched. As a result of the new approach, the education council pays a greater attention to upgrade the status and quality of teachers, provided that teachers play an important role in the development of teaching and learning process. With the vision that aims to support teachers to be professional in organizing teaching and learning activities based on curriculum standards, Thai teachers are generally encouraged to participate in the following training courses and training activities specially designed for teachers: (ONEC. 2006:108-110)

1.1 Development of the 5-year Preservice Education Program Training for English teachers

1.2 Training for English teachers

1.3 Training activities to strengthen professional standards of teachers and education personnel

1.4 Completion of the Bachelor's Degree in Education for inservice teachers

1.5 Inservice programs for a Post-graduate Certificate and Master's Degree in Teaching

1.6 Inservice Post-graduate Certificate Programs for Administrator

1.7 Inservice Master's Degree Study for Administrators

Summary

This study only concentrates on following the 7 activities listed above, the training activity that relates to this study is the Development of the 5-year Preservice Education Program. There are two alternative systems to complete this program. The first option requires a completion of 5-year bachelor's degree, in which teachers have to spend the first 4 years completing the coursework in college or university and the last year as a student teacher at an approved school. Another option is to complete a 1-year graduate certificate program in education (ONEC. 2006:108). However, this is only applied for college graduates who previously obtained a bachelor's degree in any fields other than education. Specifically in this study, preservice teachers participating in the program are those who complete the 5-year bachelor's degree.

2. Science education in Thailand

2.1 National Science Curriculum Standards

National Science Curriculum Standards in Thailand is authorized by The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) under the Ministry of Education, which is an organization responsible for implementing the subject matters of science, mathematics, and technology. In compliance with the National Education Act of B.E. 2545, IPST provides the conceptual framework which implicitly suggests 7 categories for education development in order to prepare learners for the knowledge-based society: (IPST. 2009: Online). The summary of the conceptual framework for learning of science is introduced below.

2.1.1 Integration. For teaching and learning science, teachers should be able to integrate contents, principal concepts, and process which are important to students' life both at the local and national levels.

2.1.2 Facilitators. For teaching and learning science, teachers should be able to facilitate the development of students' aptitude based on their interests to support their future profession in science.

2.1.3 Science as process. Teachers should focus on scientific skills in thinking process, learning ability, inquiry process, problems solving, searching, and developing new knowledge.

2.1.4 Local wisdom knowledge. Teachers should be able to apply local wisdom knowledge as a significant source of learning.

2.1.5 Diverse population of learners. Teachers should be able to utilize variety of strategies to address diverse needs, interests, and learning styles

2.1.6 Lifelong learning. Science learning should be a lifelong process

2.1.7 Attitude towards science. Teachers should be able to promote and enhance students' attitude, morality, and ethics.

2.2 Quality of science teaching and learning in basic education

Apart from the conceptual framework mention above, IPST also suggested the learning outcome which should be expected from science teaching and learning in basic education as follows.

2.2.1 Learner should understand the basic principles and theories of science

2.2.2 Learner should understand the scope, limitation and nature of science

2.2.3 Learner should utilize the skills to discover and create the knowledge in science and technology

2.2.4 Learner should develop and master thinking process skills, creativity, problems solving skills and managing data, communication skills and ability of making decision.

2.2.5 Learner should be aware of interrelation among science, technology, human and environment that can have an impact on one another.

2.2.6 Learner should apply knowledge and understanding of science and technology to daily life and society.

2.2.7 Learner should realize the importance of using science and technology properly with scientific mind, morality and ethics.

2.3 Subject group in science learning

The Basic Education Curriculum B.E.2544 (A.D.2001) states that science is one of the major subjects that have a significant impact on life and society (Ministry of education. 2002 citing Palachot. 2008: 13). The science curriculum standard indicates 8 principle sub-strands for learners in basic education including;

Sub-strand 1: Living Things and Living Processes

Sub-strand 2: Life and Environment

Sub-strand 3: Matters and Properties

Sub-strand 4: Forces and Motion

Sub-strand 5: Energy

Sub-strand 6: Processes that Shape the Earth

Sub-strand 7: Astronomy and Space

Sub-strand 8: Nature of Science and Technology

This study focuses on sub-strand 1 (Living Things and Living Processes) which can be divided into two standards as follows.

Standard Sc 1.1 : Students should be able to understand the fundamental unit of living things and the relationship between structure and function of various systems that work together, carry out investigative processes, communicate what is learned and apply the knowledge for one's own existence and care for other living things.

Standard Sc 1.2: Students should be able to understand the processes of reproduction and inheritance, evolution of living things, biodiversity, technological applications that impact on man and the environment, carry out investigative processes, have scientific mind, communicate what is learned and apply the knowledge gained.

Summary

In this section, the national science curriculum standards (the Basic Education Curriculum B.E.2544), are reviewed. It is concluded that science education in Thailand is primarily focused on 3 major facets which are scientific knowledge, attitude toward science, and scientific skills. Firstly, scientific knowledge for science education is not only related to science content, but also encompasses science in the world around learners and local wisdom knowledge. Moreover, teachers should be a facilitator to promote this knowledge by tailoring various techniques to support diverse learners. Secondly, attitude toward science for science education helps learners develop their positive mind, morality, and ethics towards science and society. Finally, scientific skills aim to promote learning as a lifelong process for students to have abilities and skills in thinking process, learning ability, inquiry process, problems solving, searching, and developing new knowledge. In practice, sub-strand 1 (Living Things and Living Processes) is applied as a specific standard for developing lesson plans and learning unit.

3. Preservice teacher education in teaching profession curriculum (5 years program)

This section is a review of the curriculum structure for preservice teacher education in the 5-year program. Professional teaching coursework of the program can be divided into the following 5 strands, which preservice teachers have to complete in the first four years: (Handbook of professional teaching curriculum. 2008)

3.1 Strands for professional teaching curriculum

3.1.1 Strand 1: Educational Paradigm (3 credits). This course is an obligatory course for preservice teachers to complete. They are as follows:

3.1.2 Strand 2: Learning Process (at least 18 credits). This strand consists of 8 courses for preservice teachers including;

- Integrated Strategies for Creating Learning Process
- Public Concerning-Based Learning
- Psychology for teachers

- Education for special need students
- Research for learning and teaching development
- Educational admission and management
- Guidance for self-esteem
- Information and technology for interactive learning

3.1.3 Strand 3: Educational management in school (at least nine credits). There are four courses are offered for preservice teachers to complete which are;

- Strategies for knowledge management
- Learning assessment
- Empowerment evaluation

3.1.4 Strand 4: Morals and ethics for teachers (6 credits). There are two courses offered for preservice teachers to complete.

- Social consciousness and ethics
- Negotiating consumer culture

3.1.5 Strand 5: Elective courses for professional teaching (at least 5 credits). This strand comprises of five courses. They are required to take at least five credits from this strand.

- Thai language for learning development
- English language for learning development
- Information and communication technology for education
- Research for educational development
- Quality assurance in education

After completing these five strands in the first four years, in order to obtain 12 credits during the year five, preservice teachers have to practice teaching education courses in the approved school.

3.2 Standard for professional teaching for preservice teachers (5 years program)

Authorized by the faculty of education, professional teaching coursework is designed based on the standard from the educational councils concerning knowledge and capabilities of teachers and administrators released on February 8th, 2006. The standard can be divided into 2 schemes and each scheme has sub-divided standards as follows

3.2.1 Development of skills for teaching

- Student teachers should be able to integrate all strategies and knowledge and employ them in school. They should also be able to write up lesson plans after finishing their coursework.

- Student teachers should be able to evaluate students' learning through a variety of techniques, for example, by observing, interviewing, collecting and presenting data in various aspects.

- Student teachers should involve in school activities for school-based curriculum development.

- Student teachers should be able to create lesson plans together with other teachers in school.

- Student teachers should be able to take part in school activities.

- Student teachers should be able to conduct academic projects.

- Development of competence in teaching

- Student teachers should be able to learn and identify students' different learners.

- Student teachers should be able to create a lesson plan.

- Student teachers should be able to complete internship by designing lesson plans, teaching in a real classroom, evaluating and revising their teaching.

- Student teachers should be able to conduct academic projects

Summary

After reviewing the curriculum, it was found that there is a few of integrated courses for specific subject area, especially for teaching science laboratory. As stated by National Research Council or NRC (2000), those professional development programs need to explicitly prepare teachers in both learning and teaching through science inquiry laboratory (NRC. 2000:87). Therefore, this study is designed for bridge the gap between learning science and learning how to teach science.

4. High school lab report

The United States of America is a country that have offered science laboratory classroom in high schools since the late 19th century. In 2006, the committee on High School Science Laboratories of NRC released America's lab report: Investigation in high school science. Since they have historically experienced both accomplishment and difficulty in conducting science lab in high school, the researcher has therefore reviewed this report in order to find what strength and weaknesses to consider and apply in this study.

4.1 Current high school laboratory difficulties found in the US (NRC. 2006: ES-5).

4.1.1 Unclear learning goal. The typical laboratory experience for science students in the US high schools places and emphasis on procedures which are normally occur in the later stage. Focusing on them too early may lead students to confusion regarding what they are expected to learn. It will ultimately cause a lack of integration of science process and science content.

4.1.2 Lack of interaction between students & teachers. The typical laboratory experience rarely provides ongoing reflection and discussion in the class.

4.1.3 Lack of co-operation from most high schools. Most high school students are engaged in a limited range of laboratory activities which does not help them in terms of valuing science process.

4.1.4 Lack of participation among students in the lab and cultivating interest in science.

4.1.5 Lack of preparation and support for teachers.

4.1.6 Insufficient facilities and equipments.

As a result of those factors above, NRC called for appropriate responses regarding laboratory teaching and learning by proposing five issues to teachers, researchers, scientists, and curriculum developers. The five issues are stated as the agendas for developing effective laboratory teaching experience (NRC. 2006: ES-8).

4.2 The five agendas for developing effective laboratory teaching experience

(NRC. 2006: ES-8)

4.2.1 Assessment of student learning in laboratory experience. What are the specific learning outcomes of laboratory experiences and what are the best methods for measuring these outcomes, both in the classroom and in large-scale assessments?

4.2.2 Effective teaching and learning in laboratory experience

- What are the most effective forms of laboratory experience for achieving the desired learning outcomes of laboratory experiences?

- What kinds of curriculum can support teachers and students in progress towards these learning outcomes?

4.2.3 Diverse populations of learners. What are the teaching and learning processes by which laboratory experience contribute to particular learning outcomes for diverse learners and different populations of students?

4.2.4 School organization for effective laboratory teaching

- How can organizational arrangements support high quality laboratory experience the most efficiently and effectively?

- What are the most effective ways to bring those organizational arrangements to scale?

4.2.5 Continuing learning about laboratory experiences

- How can teachers and administrators learn to design and implement effective instructional sequences that integrate laboratory experiences for diverse students? What types of professional development are the most effective ways to help administrators and teachers achieve this goal?

- How should laboratory professional development be sequenced within a teacher's career (from preservice to experience teachers)?

Summary

The two questions are the main rationale why this study is conducted from the second agenda 4.2.2 - Effective teaching and learning in laboratory experiences - intrigue the idea of inquiring for answers in this study. Therefore, these two questions (What forms of laboratory experiences are most effective for advancing the desired learning outcomes of laboratory experiences? and what kinds of curriculum can support teachers in students in progress towards these learning outcomes?) are applied in the phase I of this study and the results are utilized to frame the development of Inquiry-Based Teaching professional development program for biology preservice teachers.

5. Teacher knowledge required for a range of laboratory experience

To succeed in a variety of activities in science laboratory, teachers are supposed to have several types of knowledge and skills. However, one factor that influences teachers to lead to effective teaching strategies for science laboratory teaching is curriculum (NRC. 2005: 5-2 citing Weiss; Pasley; Smith; Banilower; & Heck. 2003). In this section, theoretical backgrounds on various types of knowledge are covered (NRC. 2005: 5-2).

5.1 Science Content Knowledge (SCK)

To help learners accomplish their learning experiences in laboratory, teachers require both broad and deep comprehension of processes and outcomes of scientific research. Even though teachers in science laboratory have to shift their attention from “chalk and talk” to the focus on science equipments, procedures, skills and also lead students to have more freedom to pose a research question and design methodology to figure out students’ question, teachers still need a deep level of science content knowledge. In this type of knowledge, both science content knowledge and scientific process are equally important to create a greater guidance and more sophisticated scientific reasoning for effective lab learning and teaching experience (NRC. 2005: 5-3).

5.2 General Pedagogical Knowledge (GPK)

To provide a high quality of laboratory learning experiences, teachers not only require SCK, but also need knowledge for facilitating students' learning through discussion and reflect ongoing learning activities, known as general pedagogical knowledge (GPK) (NRC. 2005: 5-4,5-6).

As a matter of fact, people in different ages and different backgrounds have diversity in terms of ability and style of learning. This should also be applied for children. That is teachers should realize how children's mental and emotional development affect the way how children learn and communicate effectively with other children in different levels. Such knowledge is important for teachers in allowing students to know the meaning of what they are doing in laboratory (NRC. 2005: 5-6)

Gess-Newsome and Lederman (1999) proposed the factors that can influence teachers' general PCK in Figure 3 below.

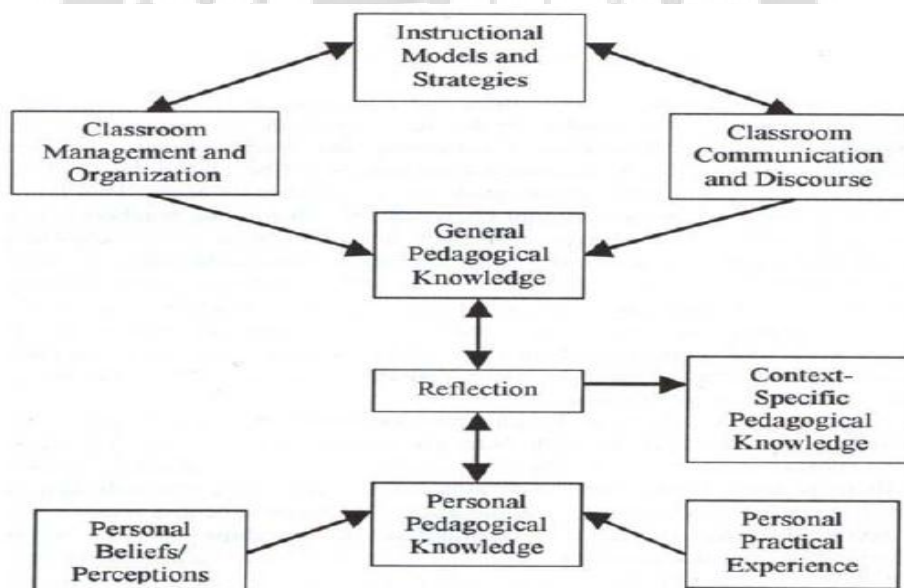


Figure 3 Facet of pedagogical knowledge

Source: Gess-Newsome; & Lederman. (1999). *Examining pedagogical content knowledge*. p. 21 -50.

Figure 3 is derived from the current research which intends to describe the relationship of three main areas that influence GPK. They are (1) classroom organization and management, (2) instructional models and strategies, and (3) classroom communication and discourse. These three factors ultimately result in educational goals and learner context. Moreover, teachers' beliefs and personal practical experience can consequently affect GPK and it can be revealed by the process of reflection (Newsome; & Lederman. 1999: 23).

5.3 Pedagogical Content Knowledge (PCK)

Pedagogical Content Knowledge (PCK) is a combination of the knowledge concentrating on specific subject matter and the knowledge focusing on teaching methodology. In fact, teachers require such knowledge for effective science laboratory experience as Shulman (1986) first defined PCK as follows (Shulman. 1986).

[A] special amalgam of content and pedagogy that is uniquely the province of teachers, their own form of professional understanding.... [I]t represents the blending of content and pedagogy into an understanding of how particular topics, problems, or issues are organized, represented and adapted to the diverse interests and abilities of learners, and presented for instruction.

Teachers who apply PCK for identifying science learning goals are able to design laboratory experience with the clear learning goals in mind and able to help students attain science learning outcomes. Teachers can increase their PCK from several strategies such as personal teaching practices, studying research on PCK, and observing experience teachers (Loughran. 2006).

The concept of PCK was summarized by Morine-Dershimer and Kent in Newsome and Lederman (2001). The following figure shows the category of knowledge that influences PCK of teachers (Gess-Newsome; & Lederman. 2001: 21).

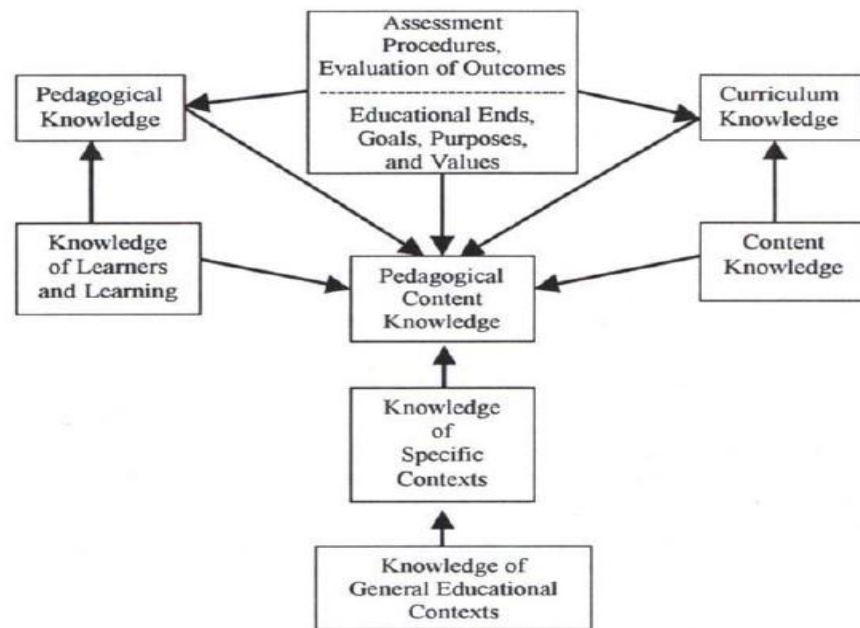


Figure 4 Categories contributing to pedagogical content knowledge

Source: Gess-Newsome; & Lederman. (1999). *Examining pedagogical content knowledge*. p. 21 -50.

Figure 4 Gess-Newsome and Lederman (1999) refers to into three important ideas as follows.

- Educational ends and purposes are interconnected to evaluate knowledge and assessment procedures.

- Curriculum knowledge has to involve in both content knowledge and knowledge of goals and assessment, while pedagogical knowledge is related to knowledge of learner/learning and knowledge of goals and assessment.

- The knowledge of specific contexts is the only facet that was classified to sub-category. However, other categories can also be explained in specific way (i.e., knowledge of specific content, specific curriculum, and specific goals/assessment procedure.

Summary

1. **Curriculum knowledge** is a type of knowledge that derived from the content knowledge and knowledge of goal and assessment.

2. **Pedagogical knowledge** is a type of knowledge that derived from knowledge of learners and learning and knowledge of goal and assessment

3. **Pedagogical content knowledge** is a type of knowledge that derived from curriculum knowledge and pedagogical knowledge

Several types of knowledge that influence PCK of teacher can be summarized in the Table 1 below;

Table 1 Summary of types of knowledge influenced teachers' PCK

Types of Knowledge	Content Knowledge	Knowledge of Goals and Assessment	Knowledge of Learners and Learning	Knowledge of Specific Contexts
Curriculum Knowledge	√	√		
Pedagogical Knowledge		√	√	
PCK	√	√	√	√

From Table 1, it can be explained that teachers who have PCK are able to focus on all types of knowledge because they are all interconnected. To develop curriculum in the large scale or design a classroom lesson plan, the teachers must have both content knowledge and knowledge of goals and assessment in order to create an effective curriculum. Furthermore, teacher needs to understand the knowledge of learners and learning in order to complete the pedagogical knowledge (i.e. children development, how children learn).

However, knowledge of specific context is the only facet that does not connect to other knowledge. Given that different places and times may contribute to variations in terms

of teachers' PCK. The knowledge of specific contexts may not be necessarily transferred from one place to another. Therefore, in this study researcher has to identify whether the American and Thai contexts differ since PCK in the first phase was originally derived in American context.

5.4 Knowledge of assessment

To design an effective laboratory experience, teachers need to understand the knowledge of assessment in order that they can evaluate and help their students accomplish their learning goals (NRC.2005: 5-5). In the traditional laboratory classroom, for example, evaluation of students' performance is only from written reports and a practical exam at the end of the semester (Myka; & Raubenheimer. 2005). However, the knowledge of assessment for laboratory classroom suggested by NRC (2005) should rather be a formative assessment (NRC. 2005: 5-5).

5.4.1 Formative assessment

Formative assessment is an approach that helps teachers to directly response to diverse needs and diverse capabilities of students. Formative assessment enables teachers perform an ongoing observation on the progression of students during the laboratory experience, rather than do it at the end of the unit. Teachers need to be able to focus on students' learning in every step. However, this kind of assessment may not be simple for every teacher. NRC (2001) therefore mentioned the overview of what teachers require to perform in the process of assessment during the laboratory class as follows. (NRC. 2001: 79)

To accurately gauge student understanding requires that teachers engage in questioning and listen carefully to student responses. It means focusing the students' own questions. It means figuring out what students comprehend by listening to them during their discussions about science. They need to carefully consider written work and what they observe while students engage in projects and investigations. The teacher strives to fathom what the student is saying and what is implied about the student's knowledge in his or her statements, questions, work and actions. Teachers need to listen in a way that goes well beyond an immediate right or wrong judgment.

5.4.2 Summative assessment

As mentioned by NRC (2005) and Myka and Raubenheimer (2005), the traditional assessment in the laboratory class usually has at the end of the each lab, which is called summative assessment (NRC. 2005: 5-5). Summative assessment normally intends to evaluate the effectiveness of the instruction, curriculum, or program and can be applied after completing the instructional activity. However, Anderson (2003) pointed out that a summative assessment can also utilize as a formative assessment. For example, in event that students fail to achieve some learning objectives, teachers can spend more time to help students who have some difficulties in such objectives. (Anderson. 2003: 46; Garrison; & Ehringhaus. 2004: Online ; citing Palachot. 2008:37)

Summary

To teach science laboratory effectively, teachers need to have various kinds of knowledge and be able to integrate those knowledge together. By lacking any type of knowledge, teachers may confront the difficulty for not being able to help students accomplish their objectives. According to Shulman (1986), PCK is the perfect blend among the content knowledge, knowledge of goals and assessment, knowledge of learners and learning and knowledge of specific contexts. Therefore, PCK will be identified and applied for professional development program designed for preservice teachers in this study.

6. Understanding by Design (UbD)

Understanding by design (UbD) is an idea that curriculum developers and teachers use for designing curriculum, lesson plan or learning activities. This approach can help curriculum developers or teachers focus initially on desired learning outcomes rather than considering what to teach (Wiggins; & McTighe.2005: 14; Handelsman; Miller; & Pfund. 2007: 14). Teachers normally consider about what they will teach at the first stage. However, this can dominate their thought to focus rather on themselves or their teaching than on students' learning outcome. Therefore, the backward design allows teachers to obtain goals, which ultimately lead to activities corresponded to the goals. The backward design can be done by following the three steps in Figure 5 (Wiggins; & McTighe.2005: 18).

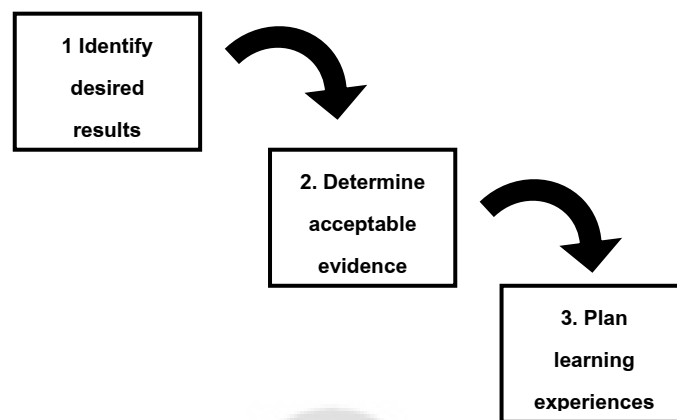


Figure 5 UbD: Stages of backward design

Source: Wiggins; & McTighe. (2005). *Understanding by Design*. p. 18.

6.1 The three stages of backward design

6.1.1 Stage 1: Identify desired results

At this stage, teachers need to take the national or district standard into account and curriculum expectations in order to provide the big idea(s) for specific content. The following questions are some examples for teachers to consider (Wiggins; & McTighe. 2005: 17).

- “What should students know, understand, and be able to do?”
- What content is worthy of understanding?
- What enduring understandings are desired? ”

The reason why teachers need to review the curriculum expectation and content standard is that they do not have enough time to cover all the content. Therefore, teachers need to prioritize what is the most essential idea that students should be able to know and understand and retain in their lives. In this study, the researcher has reviewed the standard education for preservice teacher education as shown in the section 3 above.

Wiggins and McTighe (2005) create the first stage of backward design template for teachers shown in Figure 6:

Stage1-Desired Results	
Established Goals <ul style="list-style-type: none"> ● What relevant goals (e.g., content standards, course or program objectives, learning outcomes) will this design address? 	
Understandings: Students will understand that... <ul style="list-style-type: none"> ● What are the big ideas? ● What specific understandings about them are desired? ● What misunderstandings are predictable? 	Essential Questions: <ul style="list-style-type: none"> ● What provocative questions will foster inquiry, understanding, and transfer of learning?
Students will know... <ul style="list-style-type: none"> ● What key knowledge and skills will students acquire as a result of this unit? ● What should they eventually be able to do as a result of such knowledge and skills? 	

Figure 6 Template with design for teachers (stage 1-desired results)

Source: Wiggins; & McTighe. (2005). *Understanding by Design*. p. 22.

6.1.2 Stage 2: Determine acceptable evidence

After setting the desired learning outcomes, teachers should consider how they know when students can or cannot accomplish the goals. At this step, it can help teachers think as an assessor before designing specific lessons. Hence, the following questions are some of the examples that teachers should consider before continuing beyond this step (Wiggins; & McTighe. 2005: 18).

- “How will we know if students have achieved the desired results?
- What will we accept as evidence of student understanding and proficiency?”

Wiggins and McTighe (2005) suggested the second stage of backward design template for teachers in Figure 7:

Stage 2- Assessment Evidence	
<p>Performance Tasks:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Through what authentic performance tasks will students demonstrate the desired understandings? ● By what criteria will performances of understanding be judged? 	<p>Other Evidence:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Through what other evidence (e.g., quizzes, tests, academic prompts, observations, homework, and journals) will students demonstrate achievement of the desired results? ● How will students reflect upon and self-assess their learning?

Figure 7 Templates with design for teachers (stage 2-assessment evidence)

Source: Wiggins; & McTighe. (2005). *Understanding by Design*. p. 22.

6.1.3 Stage 3: Plan learning experiences and instruction

At this stage, teachers have already identified desired learning outcomes and indicated the evaluation tool. Then for the next step would be to think carefully about the appropriate activities that can help student achieve the goals. There are a few questions to consider at this point, as shown in the following examples (Wiggins; & McTighe. 2005: 18-19).

- 1) What enabling knowledge (facts, concepts, principles) and skills (processes, procedures, strategies) will students need in order to perform effectively and achieve desired results?
- 2) What activities will equip students with the need knowledge and skills?
- 3) What will students need to be taught and coached and how should it best be taught, in light of performance goals?
- 4) What materials and resources are best suited to accomplish these goals?

Wiggins and McTighe (2005) recommended the third stage of backward design template for teachers in Figure 8

Stage 3- Learning plan
<p>Learning Activities:</p> <p>What learning experiences and instruction will enable students to achieve the desired results? How will the design</p> <p>W = Help the students know Where the unit is going and What is expected? Help the teacher know Where the students are coming from (prior knowledge, interests)?</p> <p>H = Hook all students and Hold their interest?</p> <p>E = Equip students, help them Experience the key ideas and Explore the issues?</p> <p>R = Provide opportunities to Rethink and Revise their understandings and work?</p> <p>E = Allow students to Evaluate their work and its implications?</p> <p>T = Be Tailored (personalized) to the different needs, interests, and abilities of learners?</p> <p>O = Be Organized to maximize initial and sustained engagement as well as effective learning?</p>

Figure 8 Template with design for teachers (stage 3-learning plan)

Source: Wiggins; & McTighe. (2005). *Understanding by Design*. p. 22

Summary

The understanding by design is a recent idea recommended for curriculum developers and teacher. The 3 stages of UbD planning are backward from the traditional one, which means that the developer has to review the educational standard and prioritize the subject matter and skills that need for learner in stead of planning or thinking of what activity they should bring to teach. Subsequently, the developer needs to learn to think as an assessor by looking for traces of learning. The performance and criteria for evaluate learner's leaning are decided at this step. Finally, the learning and teaching activities that can be used to assist learner to achieve the expected learning will be determined. The 3 stages of UbD are applied in this study.

7. Classroom science inquiry

7.1 Scientific inquiry

Scientific inquiry is a process that needs a variety of integrated skills to conduct a science activity. The process of inquiry requires critical and logical thinking skills coming up with for finding alternative explanations. The process of inquiry can be identified as the major components in following activities (NRC. 2000:13; SCALE. 2007).

7.1.1 Making observations

7.1.2 Posing questions

7.1.3 Examining books and other sources of information to see what is already know

7.1.4 Planning investigations

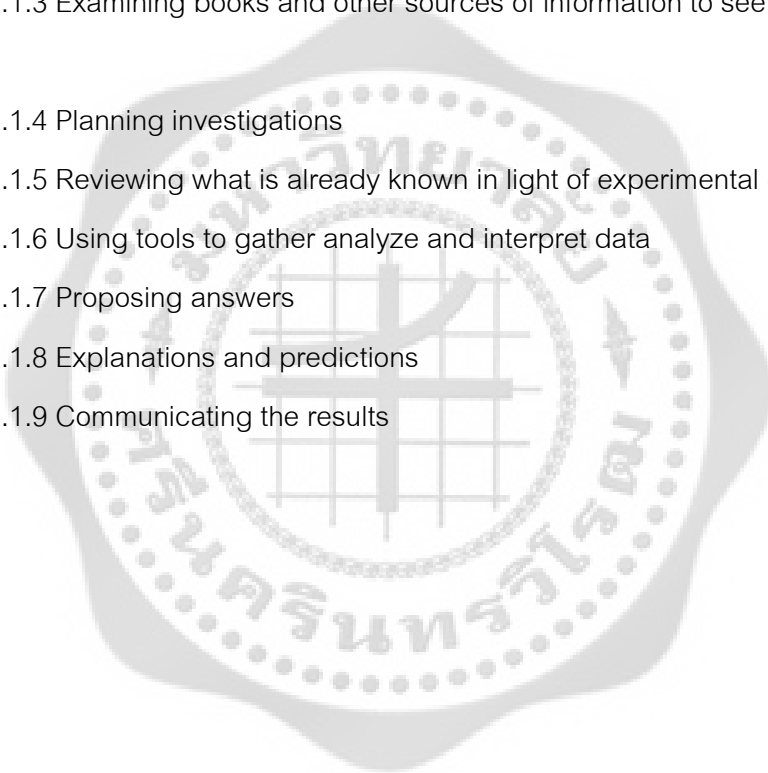
7.1.5 Reviewing what is already known in light of experimental evidence

7.1.6 Using tools to gather analyze and interpret data

7.1.7 Proposing answers

7.1.8 Explanations and predictions

7.1.9 Communicating the results



7.2 Inquiry in science classroom

Science inquiry classroom can be presented in diverse settings. Teachers can design science inquiry lesson from either the simple event (such as making observation and defying from the commonsense) or a complex experiment for measuring series of changeable factors (variables) (SCALE. 2007)

7.3 The five essential features of science inquiry

Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning (2000) classified the essential features of science inquiry into five categories, which can be used for describing the process of how scientists work. (NRC. 2000; citing SCALE. 2000) The five essential features of classroom science inquiry are;

7.3.1 The learner engages in scientifically oriented questions

7.3.2 The learner gives priority to evidence in responding to questions

7.3.3 The learner formulates explanations from evidence

7.3.4 The learner connects explanations to scientific knowledge

7.3.5 The learner communicates and justifies explanations

Even though the process of science inquiry is normally presented in the sequence of five essential features, the inquiry process is not necessarily a linear progression and can be classified into 5 variations from less learner self-directed to more learner self-directed (shown in Table 2). The science inquiry map, which was adapted from the National Research Council (2000): Inquiry and the National Science Education Standards by System-Wide Change for All Learners and Educators (SCALE), depicted the non-linear process of inquiry (shown in Figure 9)

Science inquiry map

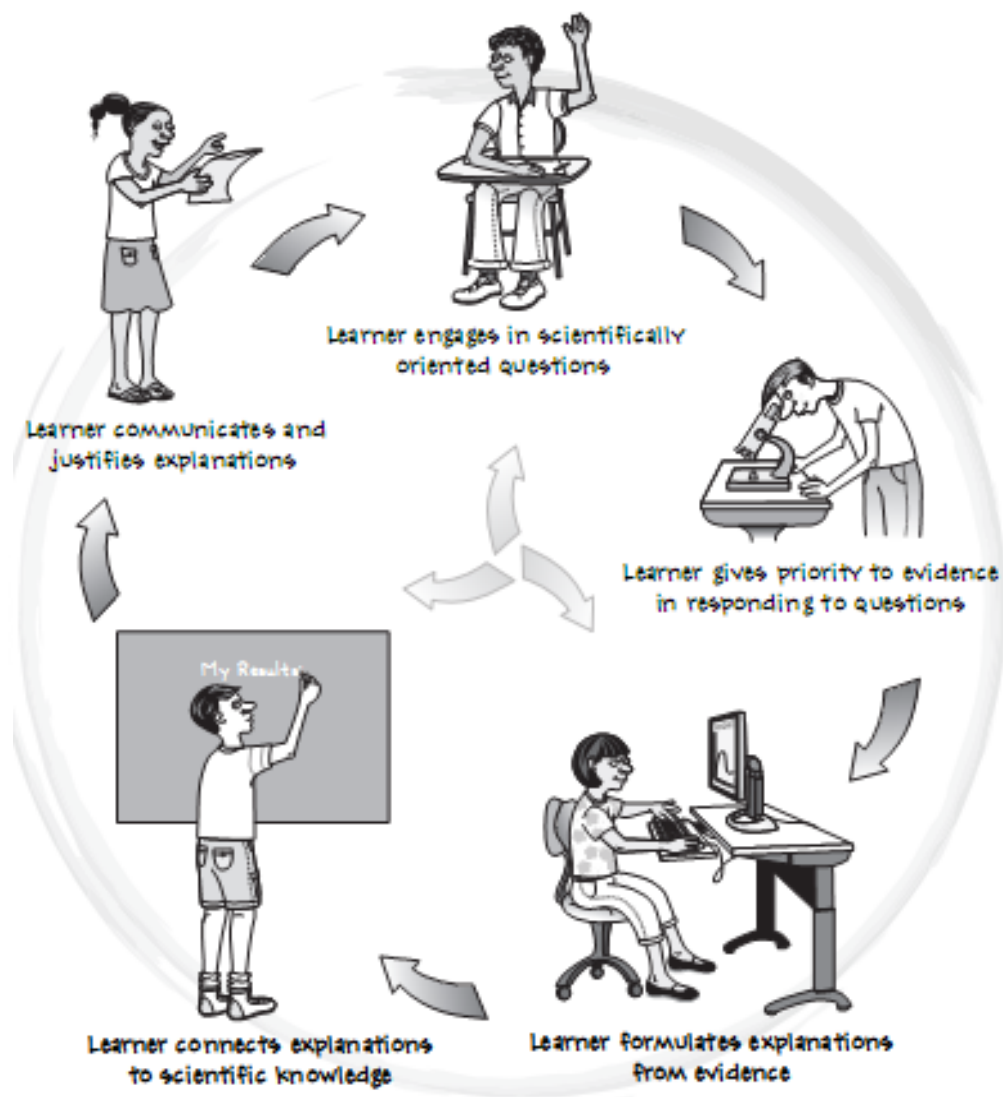


Figure 9 Science inquiry map

Source: SCALE. (2007). *Inquiry and the National Science Education Standards*. p. 1

Table 2: Essential features of classroom inquiry and their variations

Less-----Student Self-Direction-----More
 More-----Direction from-----Less

FEATURE				
1. Learner engages in scientifically oriented questions	A. Learner engages in question provided by teacher, materials, or other source	B. Learner sharpens or clarifies question provided by teacher, materials, or other source	C. Learner selects among questions, poses new questions	D. Learner poses a question
2. Learner gives priority to evidence in responding to questions	A. Learner given data and told how to analyze	B. Learner given data and asked to analyze	C. Learner directed to collect certain data	D. Learner determines what constitutes evidence and collects it
3. Learner formulates explanation from evidence	A. Learner provided with evidence	B. Learner given possible ways to use evidence to formulate explanation	C. Learner guided in process of formulating explanation from evidence	D. Learner formulates explanation after summarizing evidence
4. Learner connects explanations to scientific knowledge	A. Learner given all connections	B. Learner given possible connections	C. Learner directed toward areas and sources of scientific knowledge	D. Learner independently examines other resources and forms links to explanations
5. Learner communicates and justifies explanations	A. Lerner given steps and procedures for communication	B. Learner provided broad guidelines to use to sharpen communication	C. Learner coached in development of communication	D. Learner forms reasonable and logical argument to communicate explanations

Source: NRC. (2000). *Inquiry and the National Science Standards. A Guide for Teaching and learning*. p. 24-25

7.4 Preparing Teachers for Inquiry-Based Teaching

Some scholars used to state that “We teach what we were taught” (Brown; & Borko. 1992; NRC.1996; citing Weld; &Funk. 2005). This statement provokes a thoughtful suggestion. How do we expect our Thai teachers to implement science inquiry-based in their classrooms? Most teachers weren't taught by inquiry-based in science or they may not have the understanding and skills needed for teaching science through inquiry approach (NRC. 2000: 87).

To support students, teachers need to have experiences as learner and have learning skills how to teach science using inquiry-based teaching. Therefore, the professional developments in learning and teaching inquiry are called for (NRC.2000: 87,112). National Science Education Standards (2000) categorized the professional development standards in the context of inquiry into four categories: (NRC. 2000: 87)

7.4.1 Standard A: Learning Science through Inquiry

Experienced teachers have diverse background and different level of knowledge and skills in science, whilst student teachers only finish coursework in a university and have little teaching experience. Experienced teachers may learn from what they have done in their own class. They are also not assigned to teach in their expertise area. Some teachers may not be qualified to teach subject matters in their comfort area. All of those factors contribute to their different levels of science background; however, one thing in common is that all of them may find challenges in learning science inquiry (NRC. 2000: 92). Therefore, providing teachers opportunities to learn science can help teachers realize the several essential features of inquiry based teaching. The followings are the questions which can be used for leading discussion for teacher as learner (NRC. 2000: 101).

- How can both science subject matter and inquiry outcomes be built into learning experiences?

- How can a deeper understanding of scientific concepts promote discussion and the formulation of productive questions?

- How can the essential features of classroom inquiry be woven into a learning experience?

- What it feels like to learn this way, complete with frustrations and struggles?

- What roles and behaviors instructors can use to promote and support learning?

7.4.2 Standard B: Learning to Teach Science through Inquiry

Standard A indicates that it is important to allow teacher to have experiences in science inquiry. As necessary as learning science inquiry, teachers need to learn how to teach this approach. Professional development program is a place for teachers to develop their skills for teaching classroom science inquiry (NRC. 2000: 101).

7.4.3 Standard C: Becoming Lifelong “Inquirers”

The standard B states that professional development program can be done for supporting teachers’ learning to teach science inquiry; however, the professional development programs do not aim to organize only for inservice education. Professional development can also be done through the preservice, induction, and inservice programs so that both beginning and experienced teachers can become a lifelong inquirer as well (NRC. 2000: 109). In addition, the effective professional development is not only the place where the need to learn is stimulated, but it should also be the place for providing knowledge concerning where to search for information and giving advice on new tools and new strategies to keep their learning and teaching (NRC. 2000:109).

7.4.4 Standard D: Building Professional Development Programs for Inquiry-Based learning and Teaching

The common difficulty found in professional development programs is “piecemeal and fragment” (NRC. 2000: 112). At the undergraduate education level, science courses and education courses are usually separated. This may lead to the gap between science and education coursework. From these results, beginning teachers have to face a big transition from student life to a professional career since there are limited courses which integrate science and education together (National Commission for Teaching & America’s future. 1996 citing NRC. 2000: 112).

Perusing professional development programs for inservice education, students also face “piecemeal and fragmented” (NRC. 2000: 112). Professional developments are

often unable to explicitly help teachers develop skills and understanding in inquiry. Therefore, educational programs, which have clear emphasis on how to teach science through inquiry, are needed (NRC. 2000:112).

8. Designing and evaluating a professional development program

8.1 Designing a professional development program

The strategies for professional development were proposed by Loucks-Horsley et al. (2003) which suggested six categories for teacher learning as shown in Table 3.

Table 3 Eighteen strategies for professional learning

Aligning and implementing curriculum

- Curriculum alignment and instructional materials selection
- Curriculum implementation
- Curriculum replacement units

Collaborative structure

- Partnerships with scientists and mathematicians in business, industry and universities
- Professional networks
- Study groups

Examining teaching and learning

- Action research
 - Case discussions
 - Examining student work and thinking, and scoring assessment
-

Table 3 (continued)

-
-
- Lesson study

Immersion experiences

- Immersion in inquiry in science and problem solving in mathematics
- Immersion into the world of scientists and mathematics

Practicing teaching

- Coaching
- Demonstration lessons
- Mentoring

Vehicles and mechanisms

- Developing professional developers
 - Technology for professional development
 - Workshops, institutes, courses, and seminars
-
-

Source: Loucks-Horsley; et al. (2003). Designing Professional Development for teachers of science and mathematics: 12

A professional development program can be designed by applying multiple strategies based on different needs or context of teachers learning styles. In this study, for example, preservice teachers are novice. Therefore they may benefit from an inquiry immersion experience followed by mentoring and coaching. Each strategy in Table 3 shares common underlying assumptions about teaching, learning, and professional development. Therefore, these clusters of strategies provide a framework for categorizing the strategies and

considering their selection and use. In this study, immersion in inquiry in science will be a strategy for professional learning.

8.2 Evaluating Professional Development

The levels of model for evaluating professional development were suggested by Guskey (2000). There are hierarchically arranged from a basic evaluation to a more advanced approach. In each level a process of gathering evaluation information, time and resources are increasing. Therefore, to success at one level, it is necessary for participants to pass through a basic level as a priority on their way to higher level. The level of professional development evaluation are includes;

- Level 1 Participants 'reactions
- Level 2 Participants' learning
- Level 3 Organization support and change
- Level 4 Participants' use of new knowledge and skills

In this study, level 1 and 2 will be considered for evaluating the effectiveness of professional development program.

9. Research related to this study

Holder, K. C. and Jayne A. Downey (2004) studied the literature related to PCK in order to examine the credibility of evidence-based claim whether they are supported by scientifically-based research. A hybrid cross-validation method, criteria from the No Child Left Behind Act, the National Research Council, and the Education Sciences Reform Act were used as criteria for analyzing and evaluating 51 published journal articles which have PCK appeared in the title. The result of this study showed that in all of the studied articles, PCK can be identified as a successful program of research in all papers. However, none of the articles met the criteria for scientifically-based research. Three questions were raised after the finding as follows; (Holder; & Downey. 2004: 2-9)

- 1) What is Pedagogical Content Knowledge? And, how is PCK developed?
- 2) How can PCK most effectively be utilized by teacher educators? And, what is the connection between PCK and classroom student achievement?

3) Can the results of this study, based upon only 51 articles, be generalized to the population of studies (i.e., over 600) that use PCK as a descriptor phrase in the data sources section?

Warren Haston and Amanda Leon-Guerrero (2008) explored the factors that influence PCK acquisition of instrumental music preservice teacher. Two research questions were proposed which are: "(1) Are there identifiable applications of PCK in the preservice teachers' interactions with students? (2) To what source—apprenticeship of observation, methods classes, cooperating teachers, or intuition—do preservice teachers attribute these applications of PCK?" The finding shows that two preservice teachers exposed that apprenticeship of observation, methods courses, and cooperating teacher are their significant sources of PCK. Though, one of the participants of this study revealed that intuition and methods courses are not different in term of providing PCK. The result can be generated to the designing of method courses that aim to increase the PCK for preservice teachers. (Haston; & Leon-Guerrero. 2008)

Madeira and Slotta (2009) studied the case study of a science teacher in the development. The objective of this study is to facilitate and make PCK development more explicit for the science teacher. Reflection and interaction with peer in the community were utilized as interventions. Findings revealed that reflection is an approach that can help the teacher develop their cognitive understanding and metacognition related to the process of teaching science and make connections between PCK and classroom actions (Madeira; & Slotta. 2009)

According to Yamaguchi, Inagaki and Nogami (2009) studied about the ability of elementary preservice teacher to learn how to teaching science from instructional materials. The researchers in this study claimed that most of recently research focuses on learning result of science teachers more than focuses on learning potential. Therefore, the purpose of this study is to clarify Japanese elementary teachers' ability to learn how to teach science from instructional materials. The findings exposed as follows: (1) preservice teachers can learn basic science lessons from a science education program which provides them a chance to convert the lesson that shows what teachers want to teach to the lesson that express what students want to learn. Moreover, preservice teacher can experience the

process of scientific inquiry in such program (2) Preservice teachers can learn pedagogical knowledge through instructional material, however; they have difficulties in learning PCK. (Yamaguchi; Inagaki; & Nogami. 2009: 174)

Gess-Newsome and Carlson (2009) on the other hand looked at interconnected between teacher knowledge and practice and student achievement. There were 35 secondary biology teachers participated in this study. One of the two educational biology curriculum materials was implemented. While they also participated in the professional development program, teachers' PCK were captured by pre and post test measurement to compare between the units which combine with professional development and the units without professional development. Pre and post content knowledge scores of students were collected and used for evaluating the correlation between teacher and student scores. The finding reveals that (1) teachers gain a positive score in PCK measurement after attending professional development (2) a significant correlation between teacher scores of content knowledge and their scores on a classroom observation were found, and (3) student scores increase in the area that their teacher gained in professional development. (Gess-Newsome; & Carlson. 2009)

Musikul and Abell (2009) investigated the relationship between professional development program outcomes which examined teacher knowledge and practice and the professional developers' knowledge for professional development program and their implementation. The study was conducted in the context of professional development for elementary science teachers and four classrooms following the professional development program in Thailand. The results were found that elementary teachers used (1) didactic, (2) activity-driven and academic rigor orientations and (3) had limited PCK for science teaching. Musikul and Abell (2009) suggested that lacking one of the type of knowledge, it can lead to an ineffective using the other components in PCK. (Musikul; & Abell. 2009)

Summary

Teacher educators and researchers are turning their attention to the knowledge called PCK since Lee Shulman (1986) originally proposed the idea of missing piece in

teacher education. Shulman stated that the missing piece in teacher educational research is a study of the relationship between teachers' understanding of subject matter content and understanding of instruction. In reviewing, the research related to PCK are made regarding (1) the significance of PCK, (2) the development of PCK in teachers, (3) the measurement of PCK, (4) the method of increasing PCK and (5) PCK in specific content area. Researches concerning PCK are conducted in the context of both teacher preparation program for prospective teachers and inservice professional development program.



CHAPTER 3

METHODOLOGY

This chapter describes the details of the research methodology which presented the stages in the development of an Inquiry-Based Teaching program via PCK and UbD: a professional development program for preservice teachers that influence their knowledge, attitudes and skills regarding inquiry-based teaching. The methodology of this study is conducted as under the following headings;

1. Population and Participants of the Study
2. Development of Instrument of the Study
3. Data Collection
4. Data Analysis

1. Population and Participants of the Study

Population

The population is a senior year of education (science) students at a university in a central of Thailand. (Target population approximately is 21)

Participants of the study

The participants are volunteers from a senior year of education (science) students at a university in a central of Thailand. (Total of 11 students)

2. Development of Instrument of the Study

This study involved 3 major stages of development. The stages are summarized as an overview of the study in Figure 10

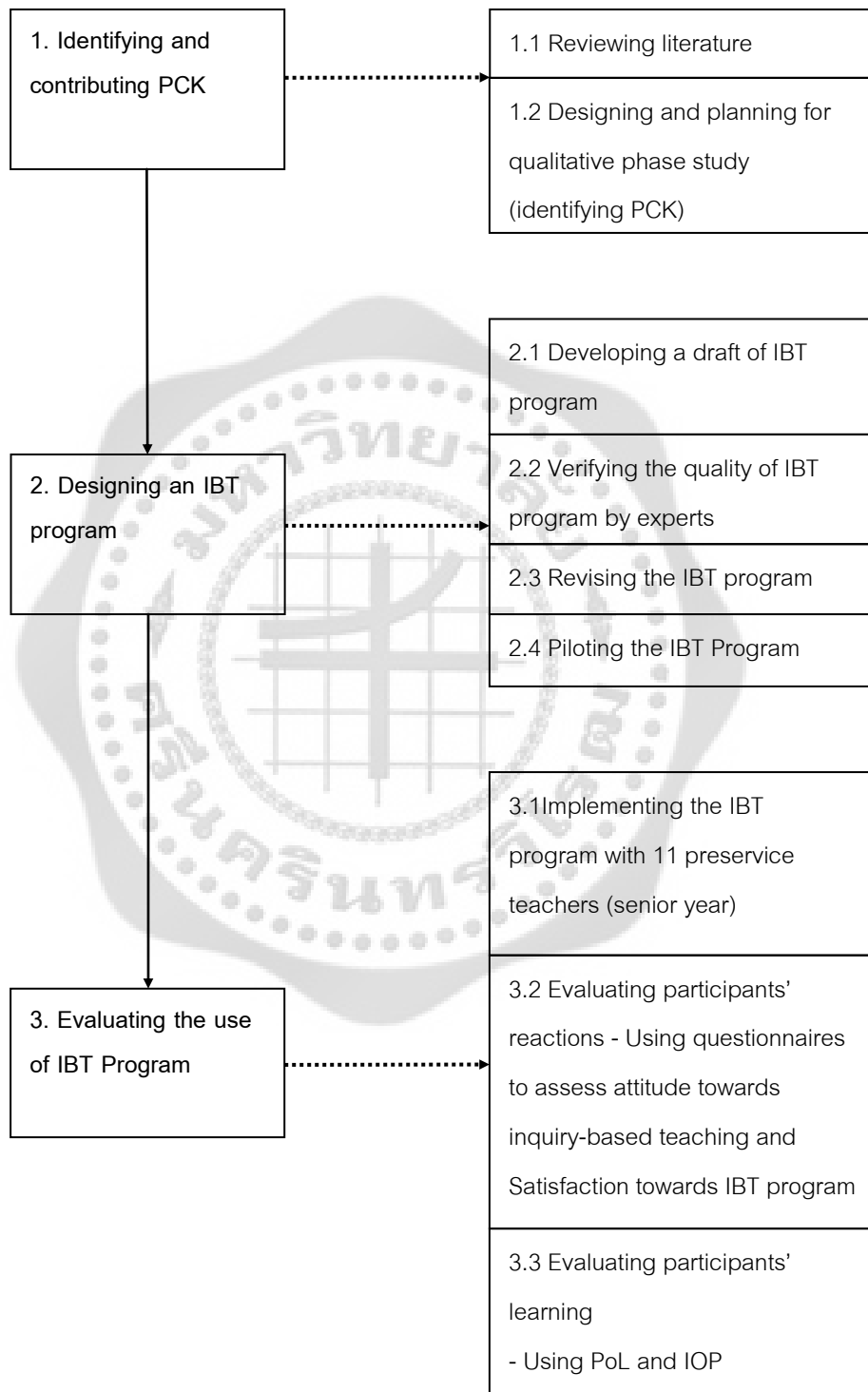


Figure10: Overview of the study

Research methodology

Mixed method research design was selected in this study. Figure 11 shows the tree for decision making mixed methods design criteria for timing, weighting, and mixing, which are used as the key factors for determining which category of mix method design is suitable for this study. The **Bold fonts** illustrate the timing, weighting, and mixing criteria which were the focal points of this study (Creswell; et al. 2003; Hanson; et al. 2005; Plano Clark. 2005 citing Creswell & Plano Clark. 2007:80).

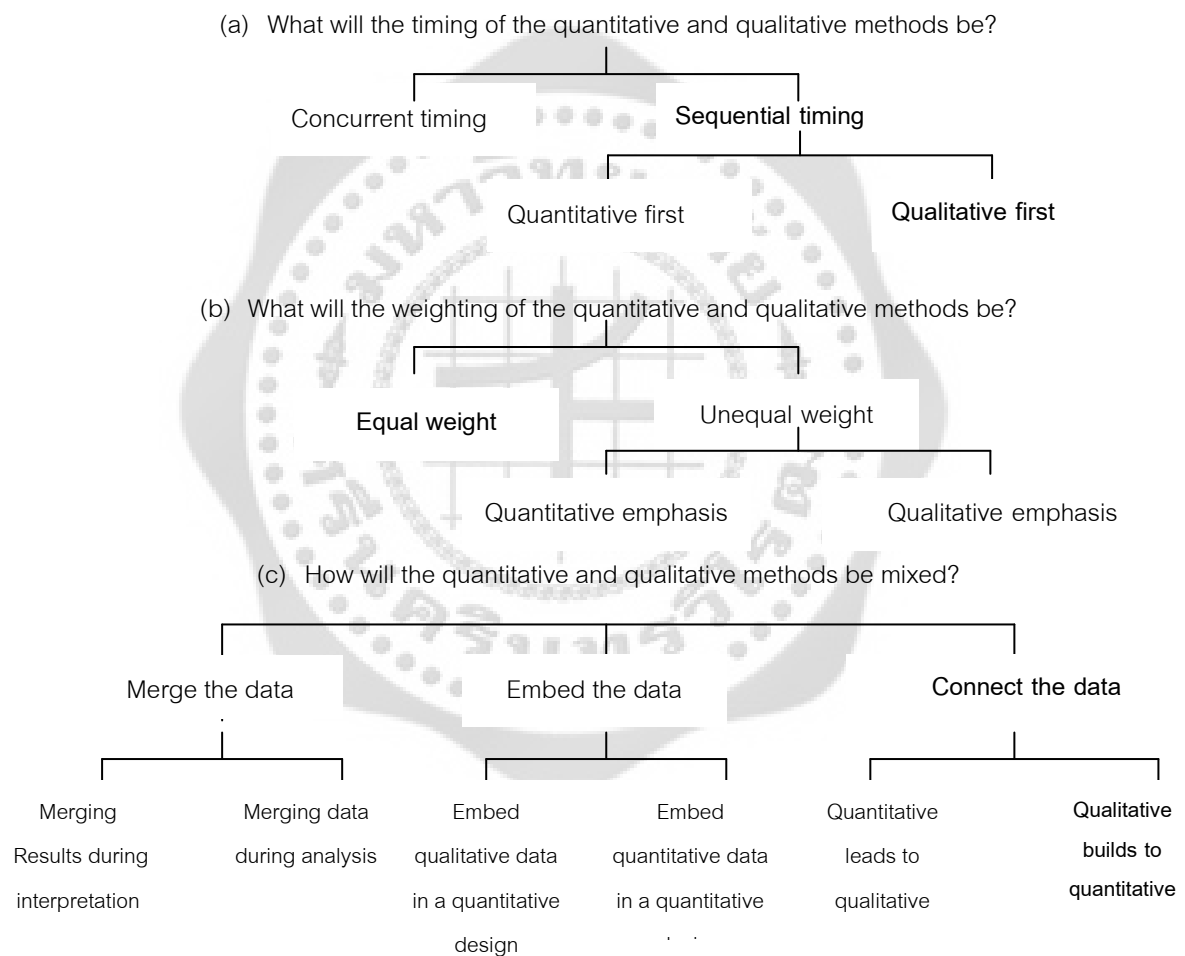


Figure 11: Decision tree for mixed methods design criteria for timing, weighting, and mixing

Source: Creswell; et al. 2003; Hanson; et al. 2005; Plano Clark. 2005 citing Creswell; & Plano Clark. 2007:80

Phase 1: A qualitative exploration of the case study of an experienced instructor team in an undergraduate biology lab teaching to identify the PCK

The first phase of the study will be a qualitative exploration of the case study of an experienced instructor team of Undergraduate Biology Lab Program (UBLP) in order to identify the PCK, for which field notes, audio recording and interviews will be collected from the instructor team and students at a large public university in the midwest of the United States. The reason for collecting qualitative data initially is that there is little guiding PCK theory in biology lab teaching for designing professional development for biology preservice teachers

2.1 Qualitative data collection

2.1.1 Participating in UBLP as a participant observer

UBLP is a sequence of courses and lab experiences in 4 semesters. Table 4 below presents how the courses are sequenced. Curriculum and lesson plans were also collected for analyzing in the next step.

Table 4: The sequence of course and lab experiences in UBLP

SOPHOMORE		JUNIOR	
1. Evolution, ecology and genetics (Fall)	2. Cellular biology (Spring)	3. Organismal biology (Fall)	4. Biological interaction (Spring)

2.1.2 Collecting data

The researcher observed a lab classroom three times a week which divided into 3 parts as followings:

- 1) Discussion section which researcher participated a day before lab session for 1 period per week,
- 2) Lab section which researcher participated for 3 periods a week,
- 3) Instructor team meeting which researcher attended on every Friday for 2 periods.

Observation field notes and audio recorder were applied at this stage. Observation field note form is shown below:

<p>Field note form</p> <p>Date...../...../.....Week.....Time.....Course.....</p> <p>Instructor.....Observer.....</p> <p>Subject matter.....</p> <p>Number of Students: Male.....Female.....</p> <p>Number of TA:</p> <p>Male.....Female.....</p> <p>Teaching objectives:.....</p> <p>Learning objectives:.....</p> <p>Activity:.....</p> <p>Instructional Instruments:.....</p> <p>Instructional Approach/ Methodology/ Strategy.....</p> <p>Notes.....</p>
--

2.1.3 Collecting data by interviewing the head of instructor team and TA in UBLP

Teacher Pedagogical Philosophy Inventory (TPPI)

Teacher Pedagogical Philosophy Inventory (TPPI) was originally developed by Richardson and Simmons (1994) and continually revised by L. Richardson (2001). The reliability data are not reported, however; Simmon; et al. (1999) indicated that the validity had been developed through comparisons of interview data. The rationale that the researcher selected the TPPI instrument was to explore the instructors' belief since TPPI were used in many researches which intend to study teachers' belief. (Richardson; & Simmons. 1994 modified by Brown; & Melear. 2006). This TPPI instrument was continually modified for the study of the investigation of secondary science teachers' beliefs and practices after authentic inquiry-based experiences by Brown and Melear (2006). In this

study the researcher adapted the interview protocol for interviewing the head of instructor team and TA in UBLP. Below are some examples from interview protocol. (Brown; & Melear. 2006)

Examples of interview protocol (adapted from Richardson; & Simmons. 1994 modified by Brown; & Melear. 2005)

- Describe a well-organized biology lab classroom.
- Describe the best teaching/learning situation that you have ever experienced in doing biology lab.
- Which of your undergraduate education courses were beneficial to you when you began teaching? Why or why not?
- Which of your undergraduate education courses were not beneficial to you when you began teaching? Why or why not?

2.2 Qualitative data analysis

This stage was conducted in a naturalistic paradigm using qualitative techniques data analysis. The researcher used the case study methodology (Merriam. 1998). We aimed to gain an in-depth understanding of this program and its concept for those involved. We used the case study to focus on the process of teaching in this setting rather than outcomes of such programs, and as a process of discovering aspects of PCK rather than confirming it. This case-based approach takes into account the context of our selected inquiry-based laboratory program. We were interested in identifying PCK concerning inquiry-based teaching in this particular laboratory context. Thus we studied the instructional team's processes of planning, teaching, evaluating, and reflecting in the program.

The instructional team consisted of four instructors including two professors (MD, JN), a teacher assistant (BK), and a laboratory manager (SM). They worked collaboratively both in planning the laboratory sessions and in implementing their plans. Names of the program and the instructional team used in this paper are pseudonyms. There were approximately 25-30 students per class. Most of the students who enrolled in UBLP were high achievers with a high grade-point average (GPA) and were particularly interested in science research. When they registered for this course they had to write an essay to

explain what inspired and motivated them to learn and what their learning goals were for enrolling in UBLP. The program expected the students to work collaboratively in teams to accomplish many of their class projects. Even though they worked as a team in their inquiry-based laboratory activities, they also had a chance to write a paper individually and receive a direct feedback.

The data derived from the qualitative collecting data step were analyzed by coding and categorical aggregation (Yin. 1994; Creswell. 1997). In the process of data analysis, the researcher used computer software program called Nvivo version 8 (QRS. Online).

Nvivo 8

The Nvivo8 is a qualitative research software which enables researcher to manage, shape and make sense of information. This software cannot provide the thinking or idea in analyzing, however; it helps researcher to discover patterns, identify themes and make robust findings (QRS. Online).

2.3 Qualitative results

The results from the qualitative data analysis will be coding texts which will ultimately set a diagram theme from the major components that will occur in patterns during analyzing data. A diagram for inquiry lab based teaching pedagogical content knowledge will be drawn as a PCK theme for this study.

3. Develop instrument

The results from the phase 1 will be used for identifying the goals for IBT program and the stage of Understanding by Design (UbD) will be applied for instructional and instrumental development in the last step of phase 1. UbD is a backward design structure (Handelsman; et. al. 2007: 14) which includes a three steps of instructional design (Wiggins; & McTighe.2005: 14, 18) as shown in Figure 12.

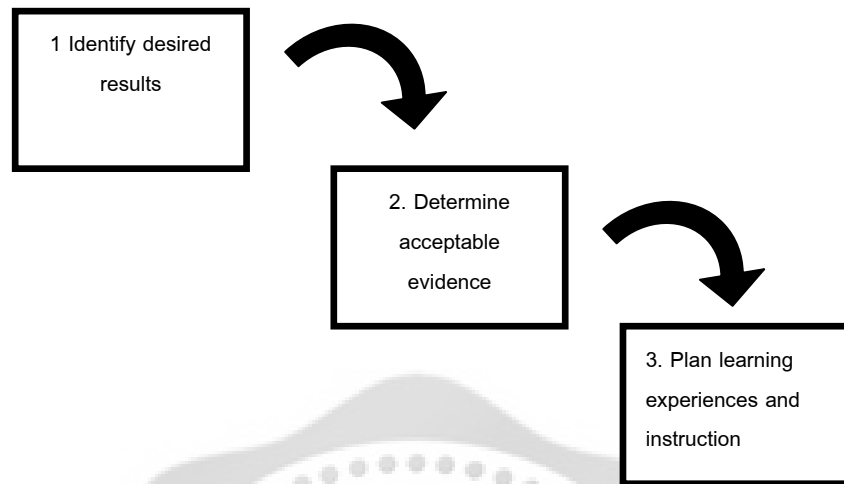


FIGURE 12 UbD: Stages of backward design

Source: Wiggins and McTighe. (2005). *Understanding by Design*: 14, 18

The qualitative finding theme will be firstly considered for identifying desired results or learning outcome in the stage 1 of UbD. Secondly, the acceptable evidence, in other words, assessment tools will be determined in order to measure preservice teachers learning experiences. The acceptable evidences must be well match with the desired learning outcomes. Thirdly, the learning activity will be designed to enable preservice teachers to reach the desired learning outcomes in this study.

The second, quantitative phase will be followed up on the qualitative phase for the purpose of designing the professional development program via PCK finding. In the quantitative phase, entrance and exit attitude survey, lesson plans and performance checklist in microteaching will be collected from preservice teachers who volunteered for participation in this study. (See more detail in section 4)

4. Data Collection

4.1 Quantitative data collection

4.1.1 The assessment tools of the study

The assessment tools for data collections in this study were set into two forms as follows;

1) Formative assessments are the tools for assess preservice teachers an ongoing learning in the program. The rubrics for evaluation of each class work and assignments are provided for participants to evaluate their knowledge and skills as indicated in learning goals. The permission was given to use provided rubrics in this research and translated into Thai to use as an instrument in this study. The instruments in Thai version will be reviewed by 5 experts to check for content validity. The formative assessments are not the tools for testing hypotheses but they are instructional instruments of this study as follow;

- Mini project proposal evaluation rubric
- Mini project paper evaluation rubric
- Mini project PowerPoint presentation evaluation rubric
- Mini project Poster presentation evaluation rubric
- Group effort analysis

Each tool will be validated by 5 experts. The content validity index (CVI) for each instrument in the Thai version will be analyzed as follows (Reinard. 2006: 137-139):

Consistent is weight as	+1
Unsure is weight as	0
Inconsistent is weight as	- 1

The formula used to calculate the CVI is

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

Where CVI means the content validity index

$\sum R$ means Summation of expert' opinion marks

N means A number of experts

2) Summative assessments are the tools which intend to apply for testing the hypotheses of this study. The summative assessment tools are quantitative instruments including;

- Inquiry Observation Protocol (IOP)

Inquiry Observation Protocol (IOP) data collection form was established by members of the Inquiry-Based Curriculum Enhancement (ICE) team at Indiana University. The IOP form was modified from the Reformed Teaching Observation Protocol (Piburn; et al. 2000). Participants will be assigned to create a team lesson plan and teach 5 students in microteaching setting both pre and post program, therefore the IOP form will be used for observation in microteaching evaluation (Cianciolo; & Atwell. 2006: 51)

IOP includes 26 statements to observe the behavior of the instructor and students, which are subdivided into 3 categories of behavior as follow;

Category 1: Students' general behaviors- 10 items

Category 2: Instructors' general behaviors- 6 items

Category 3: Students' specific behavior- 11 items

Thai version of IOP will be analyzed to calculate the content validity index (CVI) by 5 experts (Reinard. 2006: 137-139).

- Profile of Labwork Tasks (PoL)

The Profile of Labwork Tasks (PoL) is a checklist tool for examining the effectiveness of labwork tasks. PoL was created by Millar, Tiberghien and Le Marechal as a part of the project Labwork in Science Education (LSE) (Project PL95 2005) (Millar;

Tiberghien; & Le Marechal. 2003: 9-20). The impact of specific aspects of labwork tasks design will be evaluated by PoL instrument in the process of lesson plan evaluation. PoL has 5 aspect coding schemes which are;

- 1) Intended learning outcome
- 2) The cognitive structure of the tasks
- 3) Level and nature of student involvement
- 4) The practical context
- 5) Pedagogical Content Knowledge for science lab teaching*

*The aspect of Pedagogical Content Knowledge (PCK) was developed by researcher based on the qualitative result in the first phase.

Since the participants will create a lesson plan for teaching in microteaching setting. Each participant will teach 5 students twice. The PoL will be utilized to gauge their lesson plan both pre and post program.

Thai version of IOP will also be analyzed to gauge the content validity index (CVI) by 5 experts (Reinard. 2006: 137-139).

- Attitude towards Inquiry-Based Teaching questionnaire.

Attitude towards Inquiry-Based Teaching questionnaire is an instrument which adapted and modified from The Revised Science Attitude Scale (RSAS) (Hall.1992) and Teacher Pedagogical Philosophy Inventory (TPPI) (Brown; & Melear. 2006) to assess preservice teachers' attitude towards science inquiry-based teaching. The questionnaires include 26 items of six Likert-point scale and open-ended questionnaires. It will be scored by assigning point values for each of attitude items (as shown in Table 5).

Table 5 Point value for positive items and negative items for attitude questionnaire

	Positive items	Negative items
Strongly disagree	1	6
Disagree	2	5
Somewhat disagree	3	4
Somewhat agree	4	3
Agree	5	2
Strongly agree	6	1
Do not know	0	0

Attitude towards science inquiry lab questionnaire will be tested for internal consistency by applying to 21 preservice teachers who are not participants of this study. The Cronbach alphas coefficient will be used for calculate the internal consistency (Punprasert. 2008: 89). The internal consistency can be calculated by Cronbach coefficient alphas as following;

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right\}$$

Where α means the Cronbach's alpha

k means the number of items on the test

Where S_i^2 means the variance of each score

S_t^2 means the variance of total scores

5. Data analysis

Statistics

Since this study has a small sample size (N= 16), Wongratana (2007) suggests t-test for dependent samples (One group pretest posttest design) as following (Wongratana. 2007: 177-182);

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

$$df = n - 1$$

Where D means the differentiation between scores of pre and post test
n means a number of samples

CHAPTER 4

FINDINGS

This chapter presents the findings from phase 1: development of Inquiry-Based Teaching (IBT) professional development program and phase 2: IBT professional development program implementation and evaluation. The findings were compiled and organized to answer a research question below.

How does an (IBT) professional development program via PCK and UbD affect biology preservice teachers' knowledge, attitudes, and skills concerning effective lab teaching?

The findings were organized into three sections:

- Section 1: The results of identifying and contributing PCK to IBT
- Section 2: The results of designing an IBT professional development program
- Section 3: The results of implementation and evaluation of the PD program

Section 1: The results of identifying and contributing Pedagogical Content Knowledge (PCK) to inquiry-based teaching

Sub-research question "Can we identify the PCK of an instructional team in an inquiry-based laboratory program at the university level?"

Context of Program

About Undergraduate Biology Lab Program (UBLP)

An Undergraduate Biology Lab Program (UBLP) is an award-winning intercollege honors program. It is a challenging four semesters introductory biology sequence that provides a broad, in-depth, and integrated background for students interested in any area of biological science. UBLP does not offer as a major field of study but rather fulfills some or all of the biology requirements for a variety of biological science majors, including variety of students in the College of Agricultural & Life Sciences as well as in the College of Letters &

Science and the School of Education. The faculty and staff adjuncted with the program are drawn from departments across campus and are deeply committed to undergraduate education.

Statement of UBLP's Philosophy on Teaching and Learning

Since the world is changing so rapidly every day, it is hardly to picture what students will need to know in the future by solely teaching them. What UBLP's instructor can do is to give students opportunities to develop: (1) a foundation of concepts and principles upon which they will build an increasingly complex intellectual structure, (2) a language and an ability to communicate with other people as they accumulate and share this structure, (3) a recognition in any particular situation of what they need to know and strategies for acquiring it, (4) an understanding of the process of science that allows faculty members continually to revise our models, and finally, (5) a skeptical mind that constantly asks for evidence for claims. Therefore, four philosophy statements of UBLP are including;

1. It is learning that matters.
2. We cannot do it for them.
3. Teach science as a process.
4. Set high standards and expect students to reach them.

Who are in the program?

1. UBLP instructors

UBLP instructors are recruited because of their distinction in a particular area of biology, their excellence in teaching, and their interest in undergraduates. Many instructors participate in the laboratories as well as the lecture-based courses; this is indeed a commitment because there are up to 6 three-hour laboratory sections per week. Their dedication to teaching and learning is shown by the fact that most of them teach in UBLP on top of their regular workload departmental responsibilities (with no additional financial compensation). They work in groups of 3-4 to plan and teach each course and do this as a team. They ask for and give constructive criticisms to each other. They struggle together over the best ways to present challenging materials, to accurately assess student learning, and to address problems that students have. The chairs of the 7 courses meet to reflect on the progression of topics through the sequence and to make sure there is a link among

courses that students will finally be able to see their interconnected as a whole regularly. Junior faculty finds UBLP a particularly welcoming place to begin teaching because they are not simply thrown into a course on their own but are guided and given feedback by the more experienced members of the team. Experienced faculty finds UBLP a place where they can bounce ideas off colleagues who share their excitement about teaching.

2. Teaching Assistants

Teaching Assistants are colleagues who share responsibility for carrying out the course goals. UBLP is able to recruit excellent graduate students from across campus for these positions because the program has developed a reputation and among graduate students as an excellent place to obtain teaching experience that helps prepare them for their future careers. UBLP provides TAs information about teaching and learning, examples of effective teaching practices, opportunities to help develop course materials (including exams), and on-going support and feedback as they are carrying out their responsibilities. The faculty and staff listen to TAs and value their perspectives on students' progress. TAs appreciate and try hard to live up to UBLP's high expectations for them. Almost all receive high scores on the course evaluations.

3. Students

UBLP students form friendships and bonds as they work together over 4 semesters. Some students take to UBLP's challenge and high expectations immediately from the beginning; others require time before they appreciate being held to such high standards. Research on learning has shown that working together in small groups is an effective way for students to learn challenging material and UBLP provides many opportunities for small group work. The program encourages students to form study groups and allows students to work together on the assignments as long as they list the names of their collaborators on their papers. (Exams, quizzes, and most laboratory papers must be completed individually on their own versions, however.) The objective aims to build cooperation rather than competition, UBLP courses are graded using a set grading scale, not a curve. UBLP instructors and staff invite student comments throughout each course and try hard to respond to any concerns that are raised.

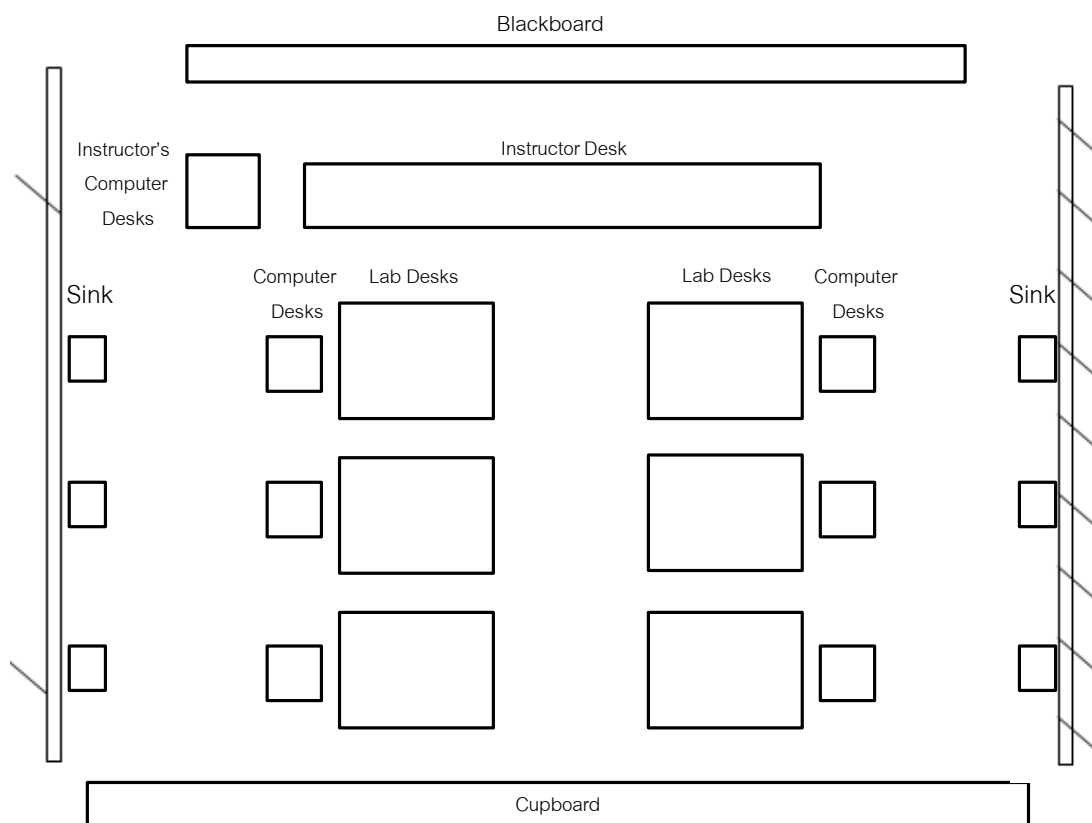


Figure 13 UBLP laboratory setting

Instructor's background

Instructor: Dr. MD

Dr. MD got her bachelor's degree in teaching of biology 6-12 and minor in chemistry. She had taught high school biology for 2 years and continued her master and PhD in Zoology. During her study in a graduate school, she had been a teacher assistant for eight years during. After graduated, she has taught in UBLP since 1998 and participated in DELTA faculty development program since 2000.

Instructor: Dr. JN

Dr. JN had a bachelor's degree in Horticulture, master in Botany, PhD in Plant Biology and postdoctoral in Science Education. She teaches and interacts with students, faculty/staff, and alumni in a variety of situation of UBLP. She serves as UBLP's undergraduate advisor and as a research mentor for projects, she also leads UBLP peer mentors and writing consultants program, and serve as the program Associate Director.

Teacher assistant's background**Teaching assistant (TA): BK**

BK is a TA in UBLP since 2007. She is a 2nd year graduate student who majoring in Bacteriology. She got her bachelor's degree in biology and Spanish. She was a biology and chemistry tutor and also an undergraduate TA, while being an undergraduate student.

Sub-research question "Can we identify the PCK of an instructional team in an inquiry-based laboratory program at the university level?"

Results

The analysis of data from this stage resulted into eight categories of PCK including: 1) cooperative teamwork; 2) constructive feedback, 3) peer partnering; 4) doing science as process; 5) communication; 6) team teaching; 7) reminders and repetition, and 8) familiarity with equipment.

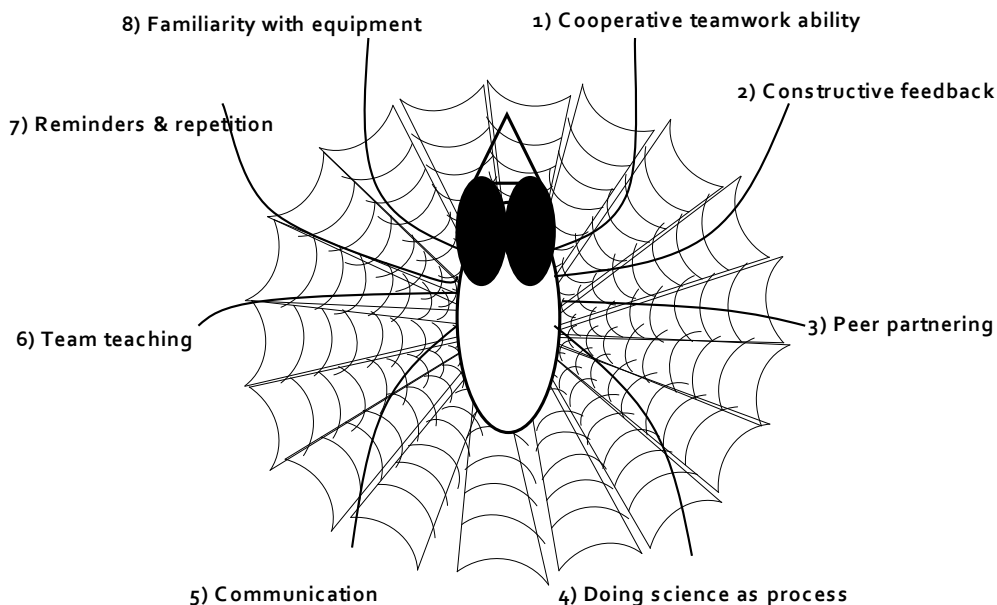


Figure 14 The eight PCK components for inquiry-based lab teaching

The diagram represents the analogy of a spider (with its eight PCK legs) and its web (science content knowledge), which can be seen as interrelated and inseparable. Both the spider and its web have to be together for survival, just as the science teacher should possess both PCK and SCK in order to teach effectively. The qualitative findings are discussed in terms of each of these categories.

1. Cooperative teamwork

The data showed that at the beginning of each semester the instructional team spent the first period preparing students to work as a team. They utilized several techniques including: students participating in ice breakers; introducing the five stages of group development discussing how students should deal with “hitchhikers” and “couch potatoes”; developing student awareness of constructive and destructive group behaviors; and discussing how they could deal handle behaviors.

One of the instructors (MD) stated that teamwork ability is important to help students succeed in an inquiry-based approach. Students must learn to work together in teams to develop and to share their ideas. Working in a group can possibly create some difficulties but students need to learn how to deal with those problems. This is not just preparing students to work in a laboratory classroom but also for working in a real world when they are doing their job.

An instructional team member (JN) said that the stated program goal in the course materials emphasizes that students must learn to 'work as a member of a productive, collaborative research team'.

The instructional team applied 'jigsaw' teaching approach at a beginning of a new unit. Jigsaw approach is one of the cooperative learning techniques such as brain storming activities and team discussions. These serve to help each student team to come up with ideas for team research questions since each student in a team is responsible for investigating a different topic in a different lab station. Subsequently, they need to come back together to their team to share their expertise and discuss. Everyone, therefore, has their tasks to accomplish the ideas' team.

At the end of a unit, each student's behavior was evaluated by the other students in the team using an evaluation form called the Group Effort Analysis (GEA). In an interview the instructional team described that they could not evaluate teamwork behavior solely by themselves. Only the students in each group could know how well their team functioned.

Examples of interview data sources were categorized as "cooperative teamwork":

'Some students will come to me directly and complain about their group mates. Others will complain to their TA. Other students will only tell us on the group effort evaluation form, those GEA form. So sometimes we don't find out about that until after the project completes and they fill those out and sometimes you just watch them and you can tell when a group member being particularly difficult'. (MD)

'One of the most effective way that I found to deal with difficult groups is to bring them to my office as a group and explain to them what I have observed and ask them as a group to come up with some solutions. And it's really important that you do that in a group setting because then it means that everything you said is in front of everyone else and it's important for me during that time to model a respectful conversation and try to help them reach a passage solution. It doesn't always work but it usually works'. (MD)

2. Constructive feedback

During the laboratory sessions, the instructional team was frequently observed giving feedback to students about their work, for example, their written papers, oral presentations and poster presentations. The instructors gave constructive feedback not only stating the words "good job", "excellent", "brilliant", or "well done", but also gave them constructive criticism using a questioning technique. Using questions they would ask the student about something, and then give them a chance to explain their reasons for their statements or actions.

During an interview, an instructor (MD) noted that giving students a chance to express their ideas, allowed instructors to check for possible student misconceptions. Also, when instructors used questioning techniques repeatedly, it caused students to think more. If students became uncertain about whether their understandings or beliefs were correct or not, they would learn that they needed to make additional effort in understanding that concept. Then the instructor could help them to figure out their difficulty.

In addition, an instructor (JN) expressed that it is important that students should learn to both give, and be given feedback. Because some students feel uncomfortable when people criticize their work, the UBLP instructors aimed to prepare students for working in a real world by modeling how to give constructive feedback, and helping them learn not to feel upset when people judged their work.

The following is an example from an interview concerning the category of "constructive feedback":

'I can't really model doing research because they have to experience that themselves. But I can ask the right question of students...maybe not the right questions but appropriate questions to lead them along the way. And I think that students really learn a lot from the way instructors respond in an unexpected way. Are they gonna find out? So that means we are all learning together at the same time. What I can model is how to be open to improve your experimental design. So hopefully, when I ask them questions I will be modeling for them, how they ask questions themselves with their own research teams'. (MD)

'One of the most effective way that I found to deal with difficult groups is to bring them to my office as a group and explain to them what I have observed and ask them as a group to come up with some solutions. And it's really important that you do that in a group setting because then it means that everything you said is in front of everyone else and it's important for me during that time to model a respectful conversation and try to help them reach a passage solution. It doesn't always work but it usually works'. (MD)

3. Peer partnering

In the UBLP, the observations revealed that students were taught how to be good peer review partners. This strategy was aimed to develop a collaborative and supportive learning community with a cooperative rather than a competitive atmosphere. As an example of peer partnering, the observations showed an instructor telling students the following:

'Another way we will help you in this process is to schedule opportunities for you to give and receive peer feedback on your papers before you turn them in to be graded by your TA. Writing is a form of communication and a peer can tell you whether or not your paper makes sense. It is to your advantage to take seriously your responsibility to review a peer's paper. We find that the review process benefits the reviewer as well as the author because it gives you practice

evaluating a paper applying the same criteria that your teaching assistant will use to evaluate your paper'. (CM)

The observations of field notes and curriculum materials showed that UBLP instructors encouraged students to form study groups. They also encouraged the students to work together on the assignments (with the exception of exams, quizzes, and most laboratory papers that were to be completed individually). For all collaborative projects the students were required to write the names of their collaborators on their joint papers. All courses were graded using a set grading scale. According to instructor (MD) 'We are not grading on the curve but grading fairly using a straight scale to discourage competition and not penalize students'.

4. Doing science as process

The UBLP design was based on the philosophy that science is not just the sum of all we know, but should be seen as a process of meaning making. Observations of the laboratory sessions showed that the instructional team focused on the question of 'How we know what we know?' This question encouraged students to keep the view of 'science as processes in mind when they were doing their scientific work. The students were encouraged to modify their ideas as they constructed and implemented experiments. Instructor JN used the word "tweaking" their explanations.

The course materials stated that the program intended that students should change from using a "cookbook" laboratory approach to an inquiry-based approach. They needed to learn to ask their own research questions and then investigate their questions within their groups. This approach was reflected in the inquiry-based laboratory activities, as observed in the course materials.

The following are examples from interview data sources concerning the category of "science as process":

'We must focus as much on how we know as on what we know. This means continually making hard decisions about which concepts, vocabulary, and methods are essential, particularly since "what we know" becomes larger every

year. It is a constant challenge to keep UBLP up to date without overwhelming students with information'. (CM)

They encounter science as a process as they work in teams to make observations, develop hypotheses, design and carry out experiments, draw conclusions from data, and communicate their results and conclusions in presentations, posters, and papers reflecting the format used by scientists at meetings and in journal articles'. (CM)

'I think they learn best when they take ownership of their work in the lab when they know that ultimately they are the ones who make the decision about their research project, that's when they learn best – because you give them reasons to learn the content. You know if students want to investigate heart rate and I don't know.... (for example) in the swimming team versus people who don't exercise regularly and they want to find out how regular exercise affects their heart rate and they're gonna find out all of those things that they couldn't have learned if you just lecture them. But they're gonna learn because they need to ... because of valuable pieces of information for them and they're gonna learn much much more meaningfully and they're gonna remember it much much longer'. (MD)

'Labs must be based on inquiry rather than being "cook book" exercises demonstrating something one already knows. Part of the scientific process involves communicating results with other scientists and exposing one's ideas to discussion and review by peers. These, too, should be part of the students' experiences'. (CM)

5. Communication

The instructors (MD, JN, BK) commented that in UBLP, students practice communication skills in multiple forms (i.e. paper writing, oral presentations and making posters) to support multiple learning styles. Based on their field notes and curriculum

materials, observations showed that the instructors talked to students about the importance of communication skills. The course materials included: a writing manual; statistics primer and statistics appendix; and a guideline for communication both for paper writing, oral and poster presentation. The writing manual included a rubric scoring system to help students evaluate their own work so that they could estimate how much effort would be needed for them to improve to the next level. Also, instructors graded student work by using the same rubric criteria.

The following are examples of interview data sources categorized as “communication”:

‘I think we definitely have UBLP students who excel and do very well. And also we have students who really do struggle especially in their writing component. And we’re so lucky to have graduate students because they are the ones who do the most one-on-one work with our students. They are the ones who grade the papers. And because students are writing individual papers, it’s easier to keep track of students who are struggling and to ask those students to come in during the office hours, and have, you know, individual meetings and conferences with them’. (MD)

‘The process usually begins when someone gets curious about a topic, asks questions, and forms an idea for an experiment. If the experiment is carried out and yields reproducible results and new knowledge, a scientist writes a paper and/or does an oral presentation to communicate those results’. (CM)

‘I think... an effective biology classroom actually looks quite disorganized because students are doing their own research. So when your lab looks the messiest, it’s when students are learning the most...(laugh) In my opinion I think we have to be really organized in our preparation for helping students become independent researchers. We have to really think about the supporting material, our lab manual, our writing manual, our assignment. We have to be very

organized outside the classroom in order for good things happen in the lab'.
(MD)

6. Team teaching

Instructors MD and JN stated that team teaching is a strategy that helps teachers achieve inquiry-based laboratory teaching. They also emphasized their belief that everyone is important when they work as a team. In the laboratory classes, the instructional team members always gave credit to each other when some of members worked on behalf of others. For example, an instructor always publicly thanked the laboratory manager, regardless of whether s/he was visible to the students.

In addition, outside the class, a weekly debriefing meeting was held on Fridays for two hours to reflect on what happened in the class each week. In these sessions the instructional team members discussed, brainstormed, and shared ideas to deal with unexpected classroom situations. This was particularly important because instructors in the inquiry-based laboratory classes sometimes experienced difficulties such as with classroom management. Talking about these difficulties within the team in a mutually respectful way helped solve such problems. The instructors (MD, JN, BK) believed that to reduce some of the difficulties that occasionally arose during team teaching, team members needed to be reflective and respectful to colleagues, and value each other's perspectives. Moreover, instructor MD commented that instructors should be good role models for students to learn about cooperative teamwork skills.

The following are examples of interview data sources categorized as "team teaching":

'I think surrounding yourself with good teaching partners is another thing that helps a lot. So if you have any teaching peers that are trying similar things, it is wonderful to meet with them regularly to discuss what went well and what you can do better next time'. (MD)

'Their dedication to teaching and learning is shown by the fact that most of them teach in UBLP on top of their normal departmental responsibilities (with no

additional financial compensation). They work in groups of 3-4 to plan and teach each course and do this as a team (not a relay!). They ask for and give constructive criticism to each other. They struggle together over the best ways to present challenging material, to accurately assess student learning, and to address problems that students have'. (CM)

7. Reminders and repetition

One of the instructors (JN) believed that reminders and repetition support clear communication with the students. They also help the students to work at the same pace. Observation field notes showed that instructors usually discussed the reminders needed by students, and recorded these on their lesson plans. Then they announced the reminders during the class, and repeated them again via weekend emails. In addition, students were given frequent reminders by means of the laboratory manual, the writing manual, the announcement board, and the 10-minute classroom announcements. The same instructor (JN) also expressed the idea that this strategy could be seen as "spoon feeding". This could discourage students from making the effort to concentrate on the tasks since the instructional team members reminded and repeated instructions so frequently.

The following are examples of observed data sources categorized as "reminders and repetition":

'Remind them to check their statistical assumptions before running any statistical analyses'. (LP)

'Remind them that their Unit 3 proposal paper, plus peer review, plus author's response are due at the beginning of week 14'. (LP)

'In the Friday emails, remind students to look at pp. 64-71 in their lab manual, which they might overlook otherwise'. (LP)

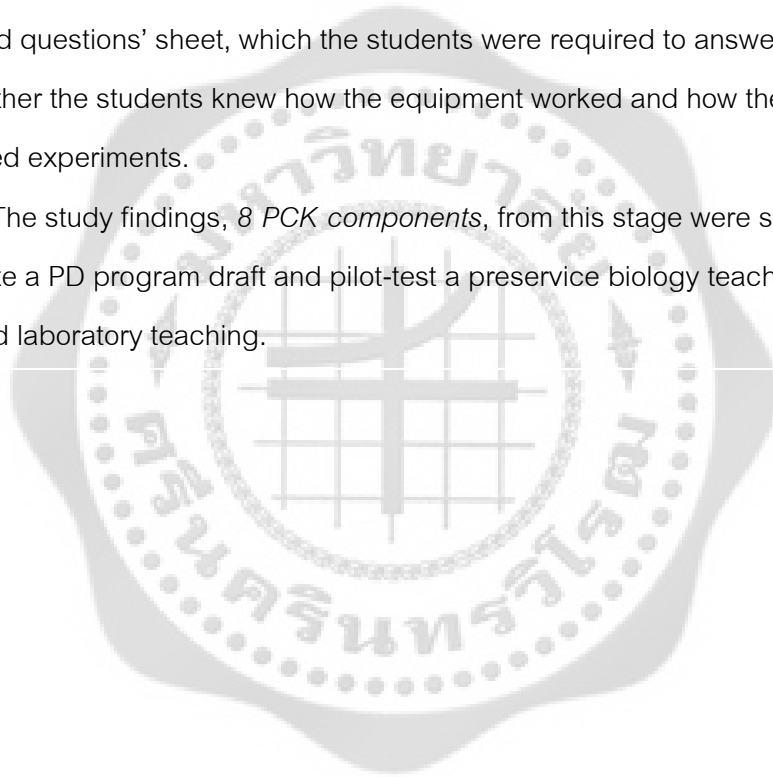
'Remind them to be specific about the statistical tests they intend to use'. (LP)

8. Familiarity with equipment

In an interview, instructor MD stated that: 'Students can learn how to conduct question-driven experiments (rather than equipment-driven experiments) when posing their research question'.

Based on the observation field notes, at the beginning of each unit, the instructors allowed students to try out new equipment and learn how to use it effectively. The equipment was set up as a learning station. The students elected to visit a particular station based on their interest, as related to their research questions. Each station provided them with a 'guided questions' sheet, which the students were required to answer. Their answers showed whether the students knew how the equipment worked and how they would use it in their proposed experiments.

The study findings, 8 *PCK components*, from this stage were subsequently used to create a PD program draft and pilot-test a preservice biology teacher PD program in inquiry-based laboratory teaching.



Section 2: The results of designing an IBT professional development program

2.1 The design of draft IBT program

Program features

The activities used in the program were designed based on inquiry-based approach and identified PCK which would help preservice teachers to experience inquiry-based learning and learning how to teach science inquiry. The activities may encourage them to modify or change their performance in teaching. Through this program, preservice teachers would be encouraged to develop inquiry-based lesson plans and practice in microteaching.

Objective of the program

Student learning goals (What should they be able to do?):

1. Students will be able to engage in scientific inquiry laboratory activities by
 - Asking biological question and formulating testable hypothesis
 - Design the method of gathering evidence to answer biological question
 - Explain and make logical conclusions based on evidence
 - Find and evaluate related information from biological resources (e.g. articles, online resources) to connect to their explanation
 - Communicate about scientific knowledge through writing, presenting and/or making posters
2. Students will engage in collaborative teamwork.
3. Students will be able to contribute constructive feedback to classmates and peer-partners (S)

When students act as teachers (in microteaching), they will also:

4. Preservice teachers will be able to facilitate students' learning through scientific inquiry laboratory activities by
 - Providing biological questions, materials and resources for intrigue students' curiosity
 - Providing data and guiding how to analyze
 - Providing evidence to students (If they are unable to gathering the evidence in the classroom setting)

- Directing possible related information from biological resources (e.g. articles, online resources) to help students make a connection to their explanation
 - Providing steps and procedures to communicate scientific knowledge
5. Preservice teachers will be able to teach science in the laboratory using team teaching strategies
 6. Preservice teachers will be able to use standard laboratory instruments appropriately and confidently
 7. Preservice teachers will be able to contribute constructive feedback to students (classmates) and peer-partners (S)
 8. Preservice teachers will be able to manage student behaviors in the laboratory
 9. Preservice teachers will be able to use tools of science (e.g. graphing, biological drawing)

The contents and activities of IBT guidebook and lesson plan

The contents and activities of IBT guidebook and lesson plans are presented in Table 6 below.

Table 6 The contents and activities of IBT guidebook and lesson plans

Learning units	Inquiry-based activities	PCK activities
1. Introduction 1 : Ice breaking activity	-	1. Bingo Physiology A and B (component #1)
2. Introduction2 :Cooperative teamwork abilities practice	-	1. Teamwork makes it work 2. How to deal with hitchhiker and couch potato (component #1)
3. Unit 1: Let's make your popcorn!	1. What is the reason that popcorn pops and other grains don't? 2. Tweaking it, Make it your own popcorn recipe!	1. Tweaking it, Make it your own popcorn recipe! (component #4)

Table 6 (continued)

Learning units	Inquiry-based activities	PCK activities
4. Unit 2: Blood circulation	1. KWL-Chart 2. My health lifestyle inventory 3. How to measure your pulse and heart rate 4. How to use blood measure monitor 5. How to measure blood pressure 6. Mini project 1	1. KWL-Chart 2. How to use blood measure monitor (component# 8) 3. Mini project 1 (component # 1-5, 7)
5. Unit 3: Nervous system	1. Active observation: watching Jurassic park video clip 2. Explore and work on varieties of experiment on “Neuroscience for Kids” [®] : An online open source. 3. Mini project 2	1. Active observation 2. Neuroscience for Kids [®] 3. Mini project 2 (component #1-5, 7-8)
6. Unit 4: Excretory system	1. Kidney Function Simulation 2. Kidney jigsaw activity 3. Mini project 3	1. Kidney Function Simulation 2. Kidney jigsaw activity 3. Mini project 3 (component #1-5, 7-8)
7. Unit 5: UbD Lesson plan	-	1. Investigating preservice teachers perception of inquiry-based activity and UbD by using Flayer model 2. Introduction to UbD and Backward design lesson plan 3. What does inquiry-based classroom look like? 4. Reflecting on pre-microteaching 5. Team lesson planning

2.2 The evaluation of draft PD program by experts

The draft IBT program and learning materials were evaluated and verified, in terms of appropriateness, content validity index (CVI), and item-objective congruence index (IOC) by 5 experts, including an experienced biology teacher in high school, two science educators, a physiologist, and an educator. The criteria of the professional PD evaluation are presented in Appendix B

2.3 The result of draft PD program by each component

2.3.1 The activity guidebook

The activity guidebook was evaluated for the appropriateness of content and activities, CVI, and IOC in each unit. The mean score and the standard deviation are illustrated in Appendix B. The result of evaluation on the appropriateness showed that the mean scores fall between 4.60 and 5.00, indicating that the levels of appropriateness for all lists were highly appropriate. The result of CVI showed that the mean scores fall between 0.80 – 1.00, indicating that every units was valid. The result of evaluation on the IOC showed that the mean scores fall between 0.60 – 1.00, indicating that every unit evaluated by experts is consistent.

2.3.2 The writing and presenting manual

The writing and presenting manual was evaluated. The mean score and the standard deviation are illustrated in Appendix B. The result of the draft writing and presenting manual appropriateness presented mean scores 5.00 at all lists indicating that this draft writing and presenting manual was appropriate for using in the study. The CVI mean scores of each component was 1.00, indicating that the writing and presenting manual was valid in all lists. IOC showed mean scores at 1.00, indicating that every component of the draft writing and presenting manual is consistent with one another.

2.3.3 The lesson plan was evaluated. The mean score and the standard deviation are presented in Appendix B. The result of appropriateness presented mean scores between 4.60 and 5.00, indicating that the level of appropriateness at all lists were highest. However, unit 5 was edited based on the experts' suggestions. The CVI mean scores of every units of lesson plan were at 1.00, indicating that the lesson plans were valid in all lists. The IOC presented mean scores between 0.60-1.00 which indicates that each

component of program and program material in draft lesson plans were consistent with one another. However, the result of unit 5 was consistent at the lowest mean score. Therefore, unit 5 incorporated based on experts' suggestions into the unit.

2.4 Conducting a pilot study

A pilot study was conducted to test the quality of the draft program prior to the implementation of the program, and to prove the practicability of the draft program. This pilot study was conducted with five senior preservice teachers, majoring in biology education. The research tools utilized in a pilot study were the draft activity guidebook, writing and presenting manual, and lesson plan and preservice teachers who participated in a pilot study were volunteers. The instructor and preservice teachers participated in this pilot study were from a faculty of education at a university and were not in the same group as in main study. After conducting a pilot study, it revealed the difficulty that occurred during the program such as time limitation for each activity.

Section 3: The evaluation of findings from the IBT program

The IBT program was evaluated based on analyzing data from participants' reaction and learning. The evaluation of participants' learning and reaction is set out below.

The evaluation of participants' learning

Participants' learning was analyzed and determined whether they were able to achieve an effective lab teaching by using two criteria, knowledge and skill.

3.1 Knowledge for lab teaching

To evaluate participants' knowledge for effective labwork tasks, a Profile of Labwork Tasks (PoL) checklist tool was employed to analyze preservice teachers' lesson plans during pre-program implementation, in comparison with post-program implementation. The checklist comprises of five aspect coding schemes and each coding scheme can be divided into sub-item checklists as shown in Appendix C. It was then determined whether each coding scheme was incorporated in participants' lesson plans and the data were analyzed quantitatively by counting the number of times of components in each aspect occurred.

- Coding scheme A: Intended learning outcome

Intended learning outcome aspect was analyzed based on science content (A1) and process (A2) presented in the lesson plans as shown in Table 6. In the pre-lesson plans, the result showed that all of the preservice teachers possessed learning objectives in relation to science content, including learning a fact (nine of nine lesson plans), learning a concept (three of nine lesson plans), and learning a relationship (two of nine lesson plans). However, in terms of science process, only three out of nine preservice teachers went through science process learning objectives. The learning objectives, in these three lesson plans (PS5, PS6 and PS7), included how to use a standard laboratory instrument and piece of apparatus (one of nine lesson plans), how to plan an investigation (three of nine lesson plans), how to address a specific question or problem (one of nine lesson plans), how to process data (one of nine lesson plans), and how to communicate the results of labwork (one of nine lesson plans).

After the program finished, post-lesson plans were collected and verified. The results showed that all of the preservice teachers possessed learning objectives in relation to science content, including learning a fact (four of nine lesson plans), learning a concept (two of nine lesson plans), and learning a relationship (two of nine lesson plans). However, six of nine (PS1, PS4, PS5, PS6, PS7, PS8) post-lesson plans were focused on learning objectives of science process, which included learning how to address a specific question or problem (two of nine lesson plans), learning how to plan an investigation (four of nine lesson plans), learning how to use a standard laboratory instrument (two of nine lesson plans), and learning how to carry out a standard procedure (five of nine lesson plans), learning how to process data (two of nine lesson plans), and learning how to use data to support a conclusion (four of nine lesson plans). See Table 7.

Table 7 Aspect A: Intended learning outcome comparing pre and post lesson plan

To help student to...		Pre	Post
Content learning	a fact	9	4
	a concept	3	2
	a relationship	2	2
Process learning	how to use a standard laboratory instrument or piece of apparatus	1	2
	how to carry out a standard procedure	-	5
	how to plan an investigation	3	4
	how to address a specific question or problem	1	2
	how to process data	1	2
	how to communicate the results of labwork	1	-
	how to use data to support a conclusion	-	4

- Coding scheme B: The cognitive structure of the task

Aspect B was aimed to capture the general perspective of labwork tasks which including 1) what students are intended to do with objects and observation (B1) and 2) what students are intended to do with ideas (B2). See in Table 8.

In pre-lesson plans, the result showed that three of nine lesson plans (PS1, PS7, and PS8) were checked in aspect B1 with using an observation or measuring instrument, presenting an object, and observing an object. In aspect B2, the data showed that one of nine lesson plans (PS7) which indicated in reporting an observation and exploring relation between variables.

In post-lesson plans, the result showed that seven out of nine (PS1, PS2, PS4, PS5, PS6, PS7, PS8) showed an increasingly number of aspect B1 which covered using observing an object, observing a physical variable, an observation or measuring instrument, presenting an object, using a laboratory device, using a lab procedure, and observing an object. In aspect B2, there was a slightly increase in number of perspectives (PS1, PS4, PS5, PS6, PS7, PS8). The checked items were a reporting observation, test a prediction a

theory, explore relation between object and variable, explore relation between variable, and test a prediction from a guess. There were two lesson plans (PS3 and PS9) that neither includes aspect B1 nor B2 in both pre and post-lesson plans.

Table 8 Aspect B: Cognitive structure of the task comparing pre and post lesson plan

		Pre	Post
Use	an observation or measuring instrument	1	3
	a lab device	-	4
	a lab procedure	-	5
Present	an object	2	3
Make	an object	-	-
	a material	-	-
	an event occur	-	-
Observe	an object	1	6
	a material	-	-
	an event	-	-
	a physical variable	-	1
Report observation		1	1
Explore relation between	Objects	-	-
	Variables	-	4
	objects and variables	1	2
Test	a prediction from a theory	-	1
	a prediction from a guess	-	4

- Coding scheme C: Level and nature of student involvement

Aspect C was designed for classifying the nature of labwork tasks whether it is an open or closed. It was divided into two main groups: 1) degree of openness/closure (C1) and 2) nature of student involvement (C2). See Table 9.

The results of pre- lesson plans showed that three of nine lesson plan presented the tasks which were assigned by teacher including posting hypothesis, methods of handling data collected, equipment to be used, procedure to be followed. Two of nine were specified by including students including posting hypothesis, methods of handling data collected, interpretation, conclusion.

The results of post-lesson plans showed the number of tasks designated by the teacher which included question to be addressed, hypothesis posting, equipment to be used, procedure to be followed, and methods of handling data collected. Only one lesson plan revealed that tasks were determined by discussions in the group which showed tasks specified depend on discussions which were making interpretation and conclusion. There were four lesson plan showed tasks specified by students which were hypothesis posting, equipment to be used, methods of handling data collected, interpretation, and conclusion.

The nature of student involvement in aspect C2 was observed. Both pre and post- lesson plans presented two items including carrying out activity by students in small groups and students carrying out by individual students. See in Table 9.

Table 9 Aspect C: The level and nature of student involvement between pre and post lesson plan

Degree of openness/closure		Pre	Post
Questions to be addressed	Teacher	-	6
	Students	-	
	decided by discuss	-	-
Hypotheses	Teacher	3	1
	Students	1	5
	decided by discuss	-	-
Equipment to be used	Teacher	2	3
	Students	-	2
	decided by discuss	-	-
Procedures to be followed	Teacher	3	5
	Students	-	-
	decided by discuss	-	-
Methods of handling data collected	Teacher	1	2
	Students	1	3
	decided by discuss	-	-
Interpretations	Teacher	-	-
	Students	2	4
	decided by discuss	1	1
Conclusions	Teacher	-	-
	Students	2	4
	decided by discuss	-	1

- Coding scheme D: The practical context

This aspect aims to describe task features which are divided into 5 categories including: duration of task (D1), people with whom the student interacts (D2), information sources available to the student (D3), types of apparatus involved (D4), and tools available for processing data (D5) as shown in Table 10.

Data showed that all of pre-lesson plans were planned for a very short duration (30 minutes). However, there were changes in post-lesson plans. The lessons were planned for longer period which are an hour-class (PS1, PS2, PS3, PS4, PS5, and PS6) and for three hour-classes (PS7, PS8, and PS9).

In pre-lesson plans, the data showed that people whom the student interacts with were including teacher and with other students who were carrying out the same labwork task. However, it was found that post-lesson plans had shown the combination of an interaction between the former and latter, and other students who carrying out the same labwork task. Students interact with students who were demonstrating was also presented.

Information sources available for students most frequently used in pre-lesson plans were textbooks, PowerPoint presentation, and guiding worksheet. Post-lesson plans were showed guiding worksheet, PowerPoint presentation, and VDO clip.

Types of apparatus involved in practical contexts were not found in none of pre-lesson plans. However, they were used in post-lesson plans, including standard laboratory, everyday equipment, and both standard laboratory and everyday equipment.

Manual calculation was a type for processing data which showed in pre and post-lesson plan.

Table 10 Aspect D: The practical context between pre and post lesson plan

Duration of task	Pre	Post
less than 30	9	-
60 minutes	-	6
2-3 hours	-	3
People with whom the student interacts		
Other students carrying out the same labwork task	6	7
Other students who have already completed the task	-	-
Teacher	5	7
Demonstrator	-	1
Others	-	-
Information sources available to the student		
Guiding worksheet	8	8
Textbook (s)	2	-
Handbook (on apparatus)	-	-
Database	-	-
Information sources available to the student		
CD-ROM	-	-
VDO Clip	-	1
Other (PPT. presentation)	6	2
Type of apparatus involved		
Standard lab equipment	-	1
Computer	-	2
Everyday equipment	-	3
Tools available for processing data		
Manual calculation	1	6
Computer	-	-

- Coding scheme E: Pedagogical Content Knowledge

This aspect was added from the original tool in order to capture the six of eight pedagogical content knowledge components including teachers do what with group work ability (E1), who provide feedback to students (E2), who assesses student works (E3), whom student will present their assignments to (E4), how teacher communicate to students (E5), and how to facilitate student to use a new equipment (E6) as shown in Table 11.

The results of pre-lesson plan were not presented the emphasizing of group work items. They suggested that the use of questioning techniques raising, open issues to the class, and the used didactic style. People who assessed students' work were a teacher. Students presented their experimental idea or proposal to both teachers and peers. Experimental results were planned to present to teacher and peers. There was no data showing the focus of familiarity with equipment for student in any pre-lesson plans.

In post-lesson plan, the results showed more focusing on group work ability and included an teacher evaluation form for teacher in order to assess students' teamwork ability. There was no didactic style found in post-lesson plans. Two items which were checked from post-lesson plan was giving a feedback by using questioning technique from teacher and peers. People who assessed students' work were a teacher. Students presented their experimental idea or proposal to both teachers and peers. Experimental results were planned to present to teacher and peers. Teacher facilitated students to be familiar with equipments by raising the questions before trying them, allow student to try out available equipments as an individual study and as a team study.

Table 11 Aspect E: The PCK comparing pre and post lesson plan

What teachers do with group work		Pre	Post		
Use ice breaking activity at the beginning of semester		-	-		
Discuss about description of group functioning		-	-		
Discuss about dealing with hitchhikers and couch potatoes		-	-		
Discuss about constructive and destructive group behavior		-	-		
Assess students team work ability from teammates		-	-		
Feedback provided to students by		Pre	Post		
Teachers	Didactic (Tell the answers or comments directly)	3	-		
	Ask the questions	1	7		
	Open issues to the class	2	1		
Peers	Didactic (Tell the answers or comments directly)	-	-		
	Ask the questions	-	4		
	Open issues to the class	-	-		
Who assesses students work?		Teachers		Peers	
Students work		Pre	Post	Pre	Post
Proposals		-	1	-	-
Lab reports		-	-	-	-
Oral presentations		1	2	-	-
Posters		-	-	-	-
Teamwork		2	7	-	-
Others: answering a question in worksheet		-	9	-	-

Table 11 (Continued)

Students present (following items) to		Teachers		Peers	
		Pre	Post	Pre	Post
Project ideas presentations (proposal)		3	5	4	5
Final projects presentations		2	2	3	2
Poster presentations		-	-	-	-
Familiarity with equipments				Pre	Post
Students	raise the questions before trying out available equipments	-	5	-	5
	raise the questions after trying out available equipments	-	-	-	-
	try out available equipments as an individual study	-	1	-	1
	try out available equipments as a team study	-	1	-	1
	raise the questions as ideas driven	-	3	-	3
	raise the questions as equipments driven	-	-	-	-

3.2 Results of preservice teachers' attitudes towards inquiry-based teaching

Attitude towards inquiry-based teaching questionnaires were collected from participants a week before conducting IBT program and four weeks after finishing IBT program. The questionnaires are including 26 items of six Likert-point scale and open-ended questionnaires.

The results of pretest and posttest score are shown in Table 12. The mean of pretest score on the attitude towards inquiry-based teaching was 110 of 156 possible whilst the mean posttest score was 114. This difference was not statistically significant ($t = 1.125$, $p < 0.05$). However, the mean scores of the four subcomponent categories were also analyzed. The results showed that subcomponent I was significantly difference ($t = 0.0155$, $p < 0.05$), though; the subcomponent II, III, and IV were not significantly difference as shown in Table 13. Statements that generated the highest posttest group mean scores of each subcategory are including; 1) subcategory I: I will enjoy teaching the inquiry lab in my class and I will enjoy helping students create science equipment for inquiry lab ($\bar{X} = 4.78$), 2) Subcategory II: Teaching science process is important for science classroom ($\bar{X} = 5.56$),

3) Subcategory III: Teaching inquiry lab requires a lot of effort ($\bar{X} = 4.89$), 4) Subcategory IV: I feel comfortable to teach science inquiry in my class. ($\bar{X} = 4.89$).

Table 12 Comparisons of mean pretest and posttest scores for attitude towards inquiry-based teaching

	n	\bar{X}	SD	t-value
Pretest	9	110	14.01	1.125
Posttest	9	114	9.54	

Table 13 Comparisons of mean pretest and posttest subcomponent category scores for attitude towards inquiry-based teaching

Subcomponent category	Pretest		Posttest		t-value
	Mean	SD	Mean	SD	
1. Construction and manipulation of inquiry-based equipment	4.43	1.13	4.67	0.85	0.0155*
2. Need for inquiry-based in the school curriculum	4.64	0.91	4.82	0.89	0.2821
3. Time necessary to teach inquiry-based class	4.33	0.97	4.28	1.11	0.7827
4. Comfort and ease of teaching inquiry-based	3.51	1.00	3.22	0.93	0.0855

3.3 Findings of preservice teachers' skills concerning effective lab teaching

Participants applied their lesson plan to teach in microteaching both pre and post program. The IOP were used as a research tool for observing inquiry behavior of both preservice teachers and students in microteaching.

IOP includes 27 statements to observe teacher behavior's and students' behaviors, which subdivided into 3 categories of behavior. Each category has behavior code as following;

Category 1: Students' behaviors- 10 items

SB1= explored phenomena or processes, SB2 = used multiple instructional materials, SB3 = investigated or solved problems, SB4 = represented phenomena using a variety of means, SB5= made predictions, estimations, and/or hypotheses, SB6= devised means for testing predictions or hypotheses, SB7= compared predictions, methods, hypotheses, results, or conclusions, SB8= assessed predictions, methods, hypotheses, results, or conclusions, SB9= generated alternative solution strategies or ways of interpreting evidence, SB10= communicated relevant ideas to others using any means.

Category 2: Teachers' behaviors- 6 items

TB1= created opportunities for students to practice critical thinking, TB2 = created opportunities for, or solicited participation of, students, TB3= provided students with appropriate support, TB4 = provided students with appropriate guidance, TB5 = utilized student contributions used multiple approach, TB6 = created opportunities for student collaboration.

Category 3: Students' specific behavior- 11 items

SSB1= listening to the instructor talk, SSB2= listening to a student talk, SSB3= interacting directly with instructor (responding to or asking questions of the instructor) SSB4= discussing relevant class material with each other (data/results concepts, debating, asking questions) SSB5= reading class materials (handouts, notes, papers, etc.) SSB6= engaging in minds-on activity (solving problems, reflecting on work, drawing conclusions) SSB7= transferring information to written form (filling out worksheets, taking notes, taking tests) SSB8= replicating science (following explicit procedures, verifying known phenomena, collecting data), SSB9= practicing science (formulating questions to investigate, designing ways to answer questions), SSB10= undetermined (i.e., staring), SSB11= Other.

Comparing the results between pre and post-microteaching, students and teachers behaviors can be categorized into three main groups as following; 1) increase and increase (+, +), 2) increase and unchanged (+, 0), and 3) decrease and unchanged (-, 0) as shown in Table 14.

Table 14 Concurrence between students and teachers behaviors categories

Student Behavior	Teacher behavior		
	Increase +	Unchanged 0	Decrease -
Increase +	PS3, PS4, PS5, PS6, PS7	PS1,PS8,PS9	None
Unchanged 0	None	None	None
Decrease -	None	PS2	None

According to Table 14, five of nine preservice teachers are categorized in increase and increase group (+, +) which indicated that they are able to enhance both students' performance and their own performances to facilitate inquiry learning behavior. Three of nine preservice teachers are in increase and unchanged category (+, 0) which mean that they showed the progression in improving students' behaviors regarding inquiry-type, nevertheless; their performances remained at the same level as in pre-microteaching. There was; however, one preservice teacher who was identified into decrease and unchanged group (-, 0) implying that students' behaviors concerning inquiry were less than what in the pre-microteaching, yet; teacher's behaviors was still at the same level as in the pre-microteaching.

The comparison of students and teacher behaviors during pre and post-microteaching of each preservice teacher were shown in Figure 14. The results showed that PS1, PS3, PS4, PS5, PS6, PS7, PS8, and PS9 enabled students to perform inquiry-type behaviors, however; PS1, PS8 and PS9 showed no improvement teacher's inquiry behaviors at the same level. Only PS 2 who decreased student's behaviors and teacher's behavior was unimproved.

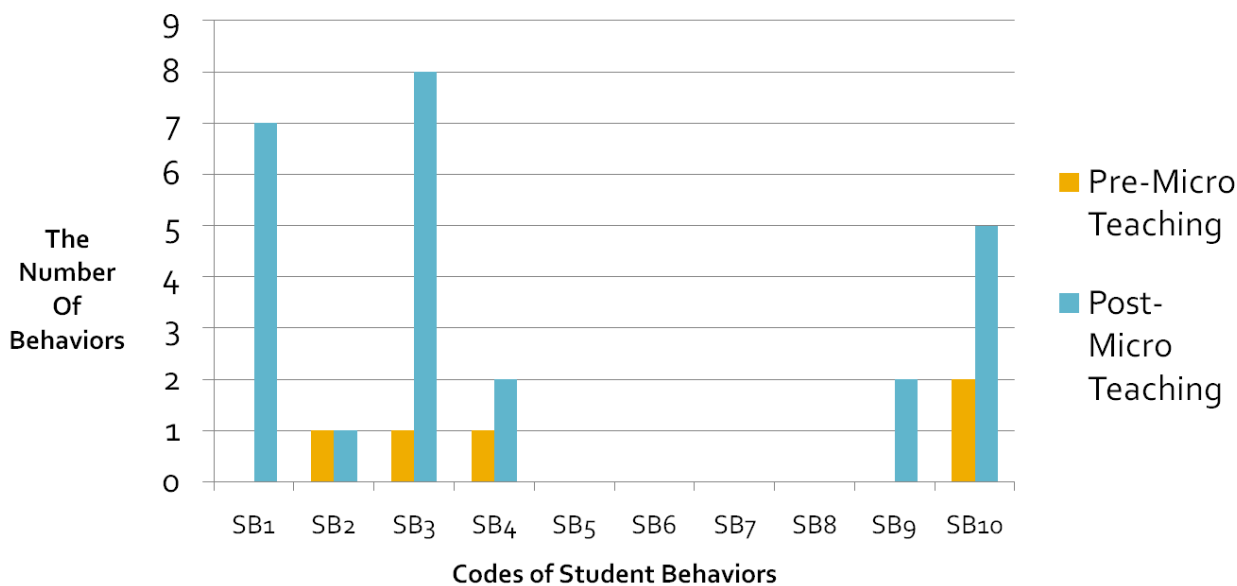


Figure 15 Pre and post microteaching student behaviors (SB)

The overall of students' behavior during pre and post-microteaching are presented in Figure 15. Pre-microteaching data were shown that students frequently engaged in four kinds of behaviors including: used multiple instructional materials, investigate or solved problems, described phenomena using a variety of means, communicated relevant ideas to others using any means and post-microteaching data were presented six kinds of behaviors as following: explore phenomena or process, used multiple instructional materials, investigate or solved problems, represented phenomena using a variety of means, generated alternative solution strategies or ways of interpreting evidence, communicated relevant ideas to others using any means.

Based on the observation, it was shown that there were two behaviors which increased in post-microteaching including SB1 explored phenomena or process and SB 9 generated alternative solution strategies or way of interpreting evidence. However, SB5-SB8 were never been checked during 30 minutes microteaching.

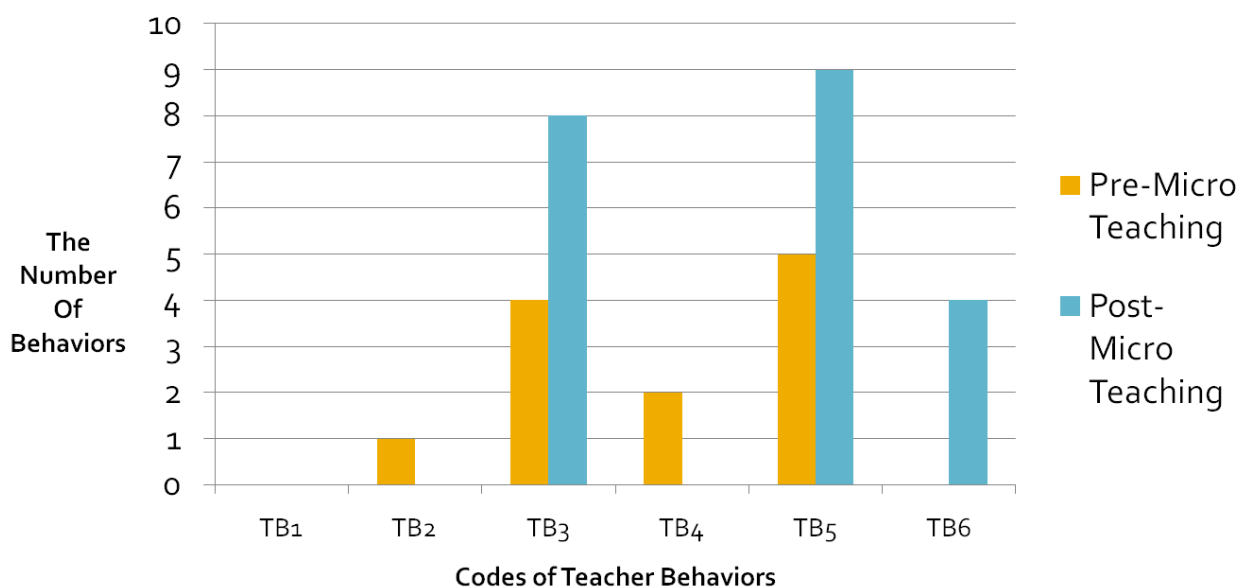


Figure 16 Pre and post microteaching teacher general behaviors (TB)

Comparing teachers' behavior during pre and post-microteaching, it was found that preservice teachers performed four types of behaviors in pre-microteaching including TB2 created opportunities for , or solicited participation of, students, TB3 provided students with appropriate support, TB4 provided students with appropriate guidance, TB5 utilized student contributions used multiple approach ,and TB6 create opportunities for student collaboration.

In post-microteaching, data were revealed that preservice teachers performed three kinds of behaviors which are TB2 created opportunities for , or solicited participation of, students, TB3 provided students with appropriate support, TB4 provided students with appropriate guidance, TB5 utilized student contributions used multiple approach, and TB6 create opportunities for student collaboration.

3.4 Preservice teachers' satisfaction towards program

Satisfaction towards program questionnaire was assessed by participants after participating in IBT program. The questionnaire includes 28 items using 5 Likert scales. The results present in Table 15.

Table 15 Preservice teachers' satisfaction towards program

The item consideration	Mean (N=9)	S.D.	Interpretation
1. Activity and process	4.85	0.14	Highest
2. Contents	4.74	0.21	Highest
3. Professional developer/facilitator	4.83	0.19	Highest
4. Facilities	4.84	0.18	Highest
5. Overall program	4.88	0.19	Highest

The satisfaction mean scores of item considerations were between 4.74 – 4.88, indicating that participants in this study had the highest satisfaction towards the program.

3.5 Qualitative Data

Field note and journal

- Cooperative teamwork

At the beginning of the program, cooperative teamwork activity was one of the key components that aimed to support preservice teachers' inquiry-based learning. This activity was intended to prepare them to work in a cooperative group which in turn they will be able to prepare their students in the future as well.

Based on the observation of teamwork make it work activity, it was found out that there was a conflict between male and female idea regarding what should be called a good role member in a team. During the discussion, all of male participant believed that

To make a group work more successful it's very important to have someone who takes control other members. Otherwise, you will discuss all day and it will never be ending

On the other hands, female participants believed that

It's important to listen to the whole group ideas, even if it may take longer time. If you take too much leader role, it means that you don't want to accept other peoples' ideas.

- Technical term and English vocabulary

In an IBT program, participants had not only experienced science inquiry process, but science content was also integrated into a lesson. One difficulty that occurred during the program was an issue concerning technical term in English. Researcher frequently used science technical term in English, i.e. boiling point and melting point. This was an issue that researcher had not anticipated. Before leaving the program every times, participants had a freedom opportunity to write "Got and Need" on post-it paper. After the end of the day, the notes were collected. This was allowed participants to speak out what they thought and what they felt towards each activity of a day. Moreover, researcher could have a chance to evaluate every session informally and allowed researcher to adjust or modified the activities based on participants' needs. As a result, researcher had added a session to talk about some terminologies that participants should know at the beginning of each session.

- Technological Pedagogical Content knowledge

In this study, participants had to conduct mini-inquiry-based projects in a group. This allowed them to experience as an inquiry learner, so that they would have a sense of problem and difficulty that possibly happened in a class. Based on the observation, preservice teachers had a little knowledge concerning technology and

computer skills in a classroom. During analyzing data session, participants were introduced to a program computer which commonly used in a science classroom such as Microsoft Office Excel, free online educational website or software programs. However, most of participants exposed that they had never known about such program and do not know how to use it effectively. Participants wrote on post-it paper during “Got and need” and asked for more session talking and practicing about technology and computer skills in a classroom.



CHAPTER 5

CONCLUSION AND DISCUSSION

This chapter presents the conclusion of the study, discussion of research findings, and recommendation for further research.

Research objectives

1. To identify and contribute Pedagogical Content Knowledge (PCK) to inquiry - based teaching from the case study of experienced instructional team.
2. To design an Inquiry-Based Teaching professional development program via the identified PCK findings.
3. To evaluate the use of an Inquiry-Based Teaching professional development program effects on preservice teachers' knowledge, attitudes and skills concerning inquiry-based teaching.

Research question

How does an Inquiry-Based Teaching program via PCK and UbD affect biology preservice teachers' Knowledge (K), Attitudes (A), and Skills (S) concerning effective lab teaching?

Research hypothesis

The hypothesis of this study is as following:

An IBT program will enable preservice teachers to improve their effective inquiry lab-based teaching in terms of knowledge, attitudes and skills.

Research participants

The participants were volunteers from senior year of education (science) students at university in a central of Thailand. (Total 11 preservice teachers, however; two of them did not conduct in post-program)

Research methodology

1. Development of IBT Program

- Reviewing literature
- Designing and planning for qualitative phase study (Identifying PCK)
- Developing a draft IBT program
- Verifying the quality of the IBT program by experts
- Revising the draft IBT program
- Piloting the IBT draft Program

2. Implementation of the IBT Program

- Implementation the IBT program with 11 preservice teachers

3. Evaluation the use of IBT Program

- Evaluated participants' reactions by using attitude toward inquiry-based teaching questionnaire and participants' satisfaction toward IBT program
- Evaluation of participants' learning by using PoL and IOP for evaluating preservice teachers' knowledge and skills in science inquiry-based teaching.

To develop an IBT program, six steps were applied including: 1) reviewing literature and basic information, 2) identifying PCK in an undergraduate inquiry-based biology laboratory program 3) designing a draft IBT program 4) evaluating the draft program by experts 5) piloting the draft IBT program and revising 6) implementing and evaluating IBT program

Conclusions

1. Identifying and contributing Pedagogical Content Knowledge (PCK) to inquiry lab-based teaching from the case study of experienced instructional team.

The related literatures and basic information were reviewed to create a framework for designing a program. On purpose, identifying PCK in an undergraduate inquiry-based biology laboratory program from 10-year-experiences instructors revealed that to facilitate learner leaning inquiry, teachers need to be prepared for several types of knowledge and skills. Therefore, teachers need both knowledge of science content and the processes of science along with a variety of specific pedagogical strategies—PCK. The findings at this stage suggested eight PCK strategies that contributed to the effectiveness of this popular and successful biology laboratory course. These PCK components are: cooperative teamwork; constructive feedback; peer partnering; doing science as process; communication; team teaching; reminders and repetition; and familiarity with equipment. The data advocatethe claim that PCK is a promising way to minimize the gap between university science programs and educational programs for science teacher education.

2. Development of IBT Program

2.1 The evaluation of the activity guidebook

The result of appropriateness evaluation of activity guidebook exhibited mean scores between 4.06 and 5.00 indicating that the level of appropriateness at all lists were highly appropriate. The content validity (CVI) showed mean scores between 0.80 – 1.00, indicating that every unit was valid. The item-objective congruence (IOC) showed mean scores between 0.60 – 1.00, indicating that every unit of evaluation is consistent with one another.

2.2 The evaluation of writing and presenting manual

The writing and presenting manual were evaluated for the appropriateness. The result indicated that the level of appropriateness were the highest. The CVI mean scores of every component was 1.00, indicating that the writing and presenting manual were valid in

all lists. The IOC showed mean scores at 1.00, indicating that every component evaluated by experts is consistent with one another.

2.3 The evaluation of lesson plan

The result of appropriateness evaluation showed mean scores between 4.60 and 5.00, indicating that the appropriateness of lesson plan at all lists were highest. The CVI mean scores of every unit was at 1.00, indicating that the lesson plans were valid. The IOC presented mean scores between 0.60-1.00 which indicates that every component in lesson plans is consistent with one another.

2.4 The evaluation of research assessment tools

To answer a research question, three main research tools were applied in this study including: a modified Profile of Labwork Tasks (PoL) checklist tool, attitude towards science inquiry lab questionnaire, and a modified Inquiry Observational Protocol (IOP). The quality of each research instrument was verified. The results of CVI and the IOC of PoL, attitude questionnaire, and IOP assessment tools showed mean scores at 1.00, indicating that every assessment tool was valid and also consistent with one another. In addition, some experts provided some suggestions such as editing some terminology and wording used in assessment tools, format, and tasks. Attitude questionnaire was further tested for internal consistency by applying to 21 preservice teachers who are not participants of the actual main study. The Cronbach alphas coefficient was used for calculating the internal consistency. The Cronbach alphas coefficient score was 0.77 which means attitude towards science inquiry lab questionnaire was accepted for internal consistency.

3. The use of an Inquiry-Based Teaching professional development program.

3.1 Preservice teachers' knowledge concerning effective lab teaching

The result from post-lesson plans showed the improvement of labwork tasks in five aspects based on the PoL checklists. The data for exploring preservice teachers' knowledge concerning lab teaching were collected and examined qualitatively, however; they were analyzed quantitatively by counting the number of times of components in each aspect occurred. The results indicated that an IBT program has an affect to preservice

teachers' knowledge concerning inquiry-based teaching. The evidence came from the increasing number of components used in the post-lesson plan. However, the results revealed the limitation and obstacles that occurred during participants' learning.

3.2 Preservice teachers' attitudes toward inquiry-based teaching

According to the research objective, it was expected that after preservice teachers have participated in the program, they would show a higher attitude score. The results showed that the mean of pretest score was 110 whilst the mean posttest score was 114. Even if, this comparing pretest and posttest attitude were shown higher score, this difference was not statistically significant ($t = 0.60$, $p < 0.05$). The mean scores of the four subcomponent categories were also analyzed in order to determine which components that affect to preservice teachers' attitude. Thus, the results showed that subcomponent I (construction and manipulation of inquiry-based equipment) was the component which showed a significant difference with a positive direction ($t = 0.0155$, $p < 0.05$). This confirmed that the IBT program was effective in promoting attitude toward inquiry-based teaching in construction and manipulation of inquiry-based equipment after taking part in the program.

3.3 Preservice teachers' skills concerning effective lab teaching

Comparing the results between pre and post-microteaching, students behaviors and teachers behaviors were categorized into three main groups as follows; 1) increase - increase (+, +), 2) increase-unchanged (+, 0), and 3) decrease-unchanged (-, 0). The majority of participants (five preservice teachers) were in increase and increase group (+, +), three of participants were in increase and unchanged category (+, 0) and one case was in decrease and unchanged group (-, 0).

3.4 Preservice teachers' satisfaction toward program

The satisfaction mean scores of item considerations were between 4.74 – 4.88, indicating that participants in this study had the highest satisfaction toward the program. The item considerations were including 1) activity and process, 2) contents, 3) professional developer/facilitator, 4) facilities, 5) overall program.

Discussion

In this study, PCK regarding inquiry-based laboratory teaching was identified and captured from interviews with the instructional team and observations of numerous data sources (including documents, classroom field note observations, and interviews). We found that this instructor team set high expectation for students to learn science. In addition, the findings from the data sources revealed a variety of pedagogical strategies that instructors believed, and used to facilitate students to achieve the learning goals. These findings are also consistent with previous studies that aim to promote collaborative skills, the crucial component of the nature of scientific inquiry (America Association for the Advancement of Science. 1990; De Jong; & Van Driel. 2005; Gess-Newsome; & Carlson. 2009; Madeira; & Slotta. 2009; Musikul; & Abell. 2009).

The derived PCK was then applied as a framework to develop the IBT program regarding inquiry-based teaching. The evaluation of the program implementation was conducted by focusing on preservice teachers' responses and learning through knowledge, attitude, and skills towards inquiry-based teaching (Guskey. 2000: 79).

The results showed the impact of IBT program on participants' learning, which is consistent with prior research that emphasized on characteristics of science inquiry lab (Kanhathaisong; et. al. 2009; Tongpan; Udom; & Tebnual. 2009; Werner. 2007; Cianciolo; & Atwell. 2006). The evidence showed that when teacher practiced inquiry behavior in a classroom, students tended to imitate the inquiry behavior as well. In addition, the interactions among students and between students and teachers were increased when applying inquiry-based learning. This is an essential behavior that should present in inquiry actions (Harlen. 2004). For inquiry-based teaching in practice, students should have an opportunity at least one experimental component to make a decision by themselves. For instance, students should be given an opportunity to raise their testable questions, decide their own hypothesis, or create the method used for answering experimental question (Heady. 1993; Luckie; et al. 2004; Thornton. 1972). Even though this study has shown a slight change of behavior of teacher and students, teachers should demonstrate a shift on

behavior from traditional teacher center to student center in order to effectively promote inquiry-based teaching.

According to the previous study, the significant change happens after at least 80 hours of practicing or at least one year (Harlen. 2004). Although this study may have been limited by a duration of 45 hours, the research findings provided a directional change in teaching which supported the call for appropriate responses regarding laboratory teaching and learning concerning effective laboratory teaching experience for teachers (NRC. 2006: ES-8; ONEC. 1998). This study was also conducted in a small scale (eleven preservice teachers) since it allowed the researcher to get insight into of what can be some possible obstacles that may impede preservice teachers' learning in the inquiry-based teaching.

The result also showed that improvement in knowledge and skills needed for inquiry-based did not happen to all preservice teachers participated due to an external uncontrolled factor and time allocation. For instance, the informal interviews were conducted after microteaching and one preservice teacher, who performed a little inquiry behavior, expressed that 's/he does not want to apply inquiry-based approach in her/his class at school. S/he actually attempted to adapt the activity in her/his class during the time s/he taught in a practicum teaching at school. However, his/her cooperative teacher did not think that inquiry-based approach worked since such approach took too much time. Therefore, the important content was lost and s/he was not allowed to use inquiry-based approach during practicum teaching. This finding is consistent with previous studies, which reported that most science teachers are often lack of an awareness of enhancing students' inquiry process and thinking skills. They are generally worried about content, techniques, and concepts, which could possibly lead to misconceptions when using such labs. Besides, they are not willing to develop pedagogical skills to create learning activities that specially design for those essential lives of skills (Zohar. 2004; French; & Russell. 2006: 204).

Even though the participants' satisfaction toward IBT program is at the highest rate, their attitude toward inquiry based teaching were not significantly different. This finding was similar to other studies which indicated that students are ambivalent about inquiry lab after learning such approach. They are uncertain to utilize inquiry-based approach due to the

amount of effort required, and organizational skills needed. (Henderson; & Busing. 2001; Stukus; & Lennox. 1995; Sundberg; & Moncada. 1994, French; & Russel. 2006: 208.) However, teachers who attend with more than eight hours of professional development were more likely to report the changes in practice (National Center for Education Statistics. 2001) and 80 or more hours tend to produced more inquiry-oriented teaching practice and 160 or more hours of PD result in changes in traditional classroom culture. (Supovitz; & Turner. 2000) Therefore, it takes a long period of time and much effort to challenge typical didactic style and promote science inquiry approach to students (Frederickson; & Dana. 2003; Gess-Newsome. 1999; Qablan; et al. 2009).

This study anticipated that it will help preservice teachers develop and prepare their knowledge, attitude, and skills needed for an inquiry-based teaching through IBT program. This exposure served as an opportunity for preservice teachers to learn as a science inquirer and a science inquiry facilitator. Hence, they can immerse experiences in what they needed to include in lesson planning and to scaffold their beginning skills for inquiry-based teaching. As indicated in the results of this study, this professional development had an impact on majority of preservice teachers regarding knowledge, attitude, and skills. However, preservice teachers need a long term immersion experiences. Additional, explicitly integrated inquiry based-learning during the coursework in an undergraduate curriculum and follow-up on continuing professional development program (CPD) are required to facilitate preservice teachers for implementing the inquiry-based approach in their future career.

Recommendations

The recommendations from the research findings

1. Suggestion for preservice teachers

The results of this study indicated that science preservice teachers need specific support and professional development for inquiry-based experience. Educational discipline and science discipline should be cooperatively worked to promote and develop preservice both pedagogical and content knowledge together. Moreover, the university and school where the preservice will have a practicum teaching should work collaboratively in order to support preservice learning both in theoretical and practical context, especially a supervisor from the university and cooperative teacher at school

2. The recommendation for the future research

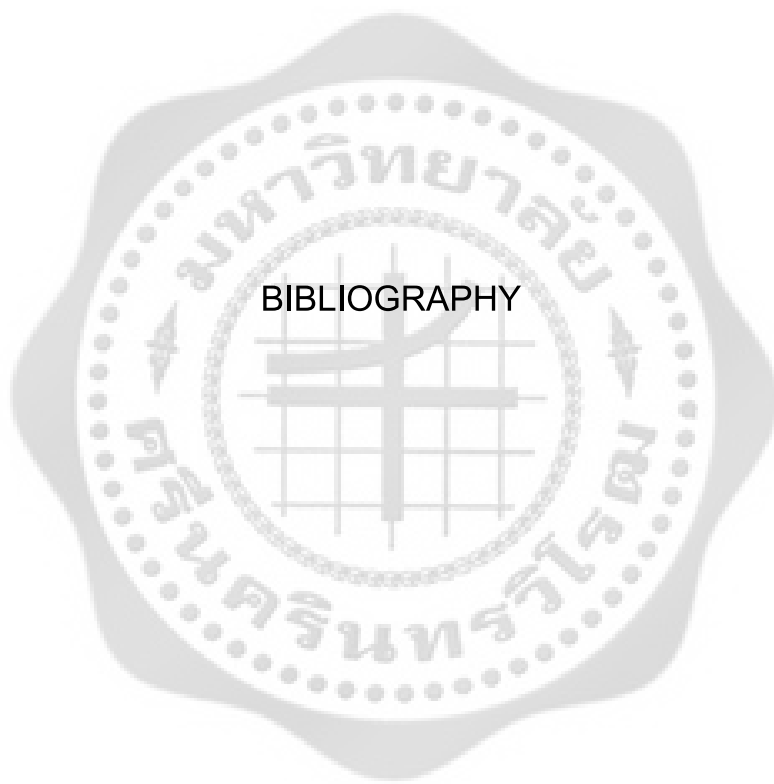
This research focused on developing preservice teachers' knowledge, attitude and skills needed for inquiry-based teaching. For further research, there should be the study on

1. The effects of preservice teachers' implementation of their lesson plan on organizational support and change and students' learning outcome during the first year teaching in practicum teaching context.

2. The effects of preservice teachers' implementation on organizational support and change and students' learning outcome after transferring to their professional careers.

3. The induction program for inquiry-based teaching should be considered to support, facilitate, and mentor.

4. The technological pedagogical content knowledge (TPCK) should be considered to support science preservice teachers' learning.



BIBLIOGRAPHY

Bibliography

- American Association for the Advancement of Science. (1990). **Science for All Americans Project 2061**. New York: Oxford University Press.
- Berry, Amanda; et al. (2008). Capturing and Enhancing Science Teachers' Professional Knowledge. **Research Science Education**. 39(4): 575-594.
- Brown, C; & Borko H. (1992). Becoming a Mathematics Teacher. In D. A. Grouws (Ed.), **Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning**. pp. 209–242.
- Brown, Sherri L; & Melear, Claudia T. (2006). Investigation of Secondary Science Teachers' Beliefs and Practices after Authentic Inquiry-Based Experiences. **Journal of Research in Science Teaching**. 43(9): 938-962.
- Campbell, Neil A; & Reece, Jane B. (2005). **Biology**. 7th ed. San Francisco, CA: Pearson Education, Publishing as Benjamin Cummings.
- Cianciolo, Jennifer; Flory, Luke; & Atwell, Jonathan. (2006). Evaluating the Use of Inquiry-Based Activities: Do Student and Teacher Behaviors Really Change? **Journal of Colledge Science Teaching**. 36(3): 50-55.
- Creswell, John W; & Plano, Clark V.L. (2007). **Designing and Conducting Mixed Method Research**. Thousand Oaks: SAGE.
- Darling-Hammond, Linda; & Baratz-Snowden, Joan. (2005). **A Good Teacher in Every Classroom: Preparing the Highly Qualified Teachers Our Children Deserve**. United States of America: San. Francisco, CA: John Wiley & Sons.
- De Jong, O, Van Driel, J; & Verloop, N. (2005). Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models when teaching chemistry. **Journal of Research in Science Teaching**, 42(8): 947-964.
- Donald, Hall A. (1992). The Influence of an innovative Activity-Centered Biology Program on Attitudes Towards Science Teaching Among Preservice Elementary Teachers. **School Science and Mathematics**. 92(5): 239-242.
- Eide, Eric; Goldhaber, Dan; & Brewer, Dominic. (2004). The Teacher Labour Market and Teacher Quality. **Oxford Review of Economic Policy**. 20(2): 230-244.

- French, D. P.; & Russell C. P. (2006). Converting Laboratories from Verification to Inquiry. In Leonard, W. and J. Mintzes, (Eds.), **Handbook of College Science Teaching**. pp. 203–212.
- Friedrichsen, P. M.; & Dana, T. M. (2003). Using a card-sorting task to elicit and clarify science teaching orientations. **Journal of Science Teacher Education**, 14(4): 291–309.
- Gess-Newsome, J.; & Carlson, J. (2009). The Role of Transformative Professional Development Based on Educative Materials In affecting Teacher PCK, Classroom Practice, and Student Achievement. Paper presented in **2009 NARST Annual International Conference** Orange County, Garden Grove, CA. Retrieved April, 14 2009.
- Gess-Newsome, J.; & Lederman, N. G. (1999). Pedagogical Content Knowledge: An Introduction and Orientation. In **Examining Pedagogical Content Knowledge :The Construct and Its Implications for Science Education**. pp. 21-50.
- Gess-Newsome, J. (1999). Secondary Teachers' Knowledge and Beliefs about Subject Matter and their Impact on Instruction. In J. Gess-Newsome & N. Lederman (Eds.), **Examining Pedagogical Content Knowledge**. pp. 51–94.
- Guskey, Thomas R. (2000). **Evaluating Professional Development**. California: Corwin Press.
- Handelsman, J.; Miller, S.; & Pfund, C. (2007). **Scientific Teaching**. United States of America: W.H.Freeman and Company.
- Harlen, W. (2004). A Paper Commissioned by the National Research Council in **Preparation for a Meeting on the Status of Evaluation of Inquiry-based Science Education**. Retrieved May 1, 2009, from http://www7.nationalacademies.org/bose/WHarlen_inquiry_Mtg_paper.pdf
- Harris, Michelle. (2008). **Biocore 324 Organismal Biology Lab**. Madison, WI: University of Wisconsin-Madison.
- Haston, Warren; & Leon-Guerrero, Amanda. (2008). Sources of Pedagogical Content Knowledge. **Journal of Music Teacher Education**. 17(2): 48-59.

- Heady, J.E. (1993). Teaching Embryology Without Lectures and Without Traditional Laboratories - an Adventure in Innovation. **Journal of College Science**, 23(2): 87-91.
- Henderson,L; & Busing, C. (2001). A Research-Based Molecular Biology Laboratory: Turning Novice Researchers into Practicing Scientists, **Journal of College Science Teaching**, 30(5): 322-328.
- Hilosky, A.; Sutman, F.; & Schmuckler, J. (1998). Is Laboratory Based Instruction in Beginning College-Level Chemistry Worth the Effort and Expense? . **Journal of Chemical Education**. 75(1): 100. Retrieved January 10, 2009, from <http://jchemed.chem.wisc.edu/journal/Issues/1998/Jan/PlusSub/V75N01/p100.p>
- Holder, K. C.; & Downey, J. A. (2004). Pedagogical Content Knowledge: Can a Successful Program of Research Exist without Scientific-Based. Paper presented in **2004 AERA Conference** San Diego, CA Retrieved July 14, 2009, from www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/custom/portlets/recordDetails/detailmini.jsp?_nfpb=true&_ERICExtSearch_SearchValue_0=ED490409&ERICExtSearch_SearchType_0=no&accno=ED490409
- Jan van Driel, Leiden; & Gess-Newsome, J. (2009). The Development of PCK in the Context of Pre-Service Science Teacher Education. Paper presented in **2009 NARST Annual International Conference**, Orange County, Garden Grove, CA Retrieved April 15, 2009.
- Kanhathaisong, B.; et. al. (2009). Introducing a warm temperature adapted rapid cycling Brassica rapa to a Thai science classroom: A preliminary study on students' involvement in realistic investigation. **The International Journal of Learning**, 16(10): 369-378.
- Klainin, Sunee. (2001). **The Development of Science Education in Thai School and the Impact**. Bangkok: The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology.
- Loucks-Horsley, Susan; et. al. (2003). **Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics**. 2nd ed. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

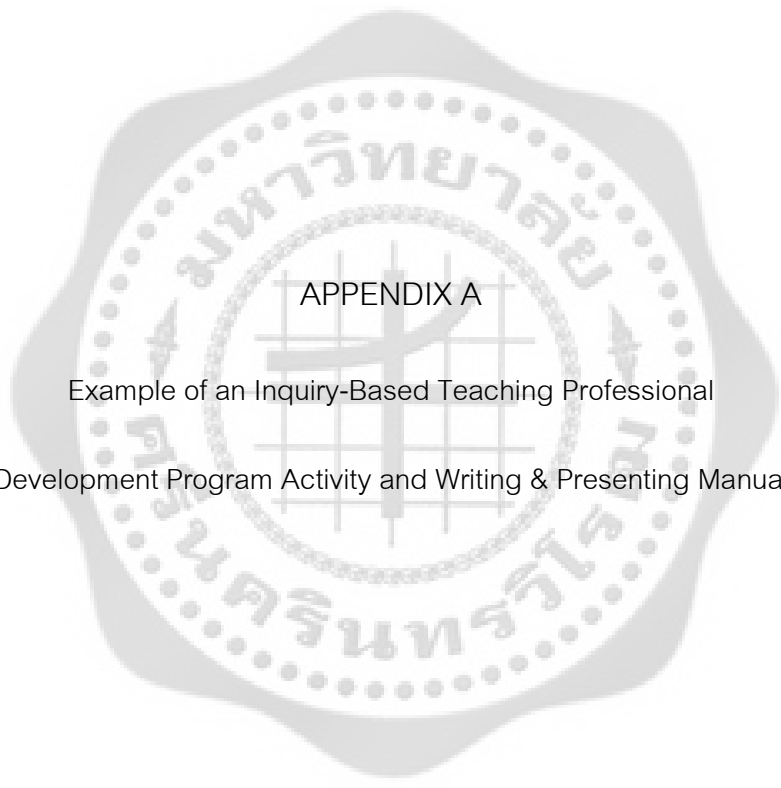
- Loughran, John; Berry, Amanda; & Mulhall, Pamela. (2006). **Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge**. Rotterdam/Taipei: Sense Publishers.
- Luckie D. B.; et. al. (2004). Infusion of collaborative inquiry throughout a biology curriculum increases student learning: a four-year study of "Teams and Streams." **Advance Physiology Education**, 287:199–209.
- Madeira, Cheryl A.; & Slotta, James D. (2009). The Development of PCK in Science Teachers: Classroom Enactment as a Prompt for Reflection. Paper presented in **2009 NARST Annual International Conference**, Orange County, Garden Grove, CA, Retrieved April 14, 2009.
- Millar, Robin. (2004). **The Role of Practical Work in the Teaching and Learning of Science**. Washington, DC: National Academy of Sciences. Retrieved May 6, 2009, from http://www.score-education.org/media/3671/review_of_research.pdf
- Millar, Robin; Tiberghien, Andrée; & Maréchal, Jean-François Le. (2003). Varieties of Labwork: A Way of Profiling Labwork Tasks. In **Teaching and Learning in the Science Laboratory**. United States of America: Kluwer Academic Publishers.
- Morine-Dershimer, Greta, & Kent, Todd (1999). The Complex Nature and Sources of Teachers' Pedagogical Knowledge. In **Julia Gess-Newsome, & Norman G. Lederman, (Eds.), Examining Pedagogical Content Knowledge**. Boston: Kluwer Academic Publishers. pp. 21-50.
- Musikul, Kusalin; & Abell, Sandra K. (2009). Professional Development for Elementary Teachers of Science in Thailand: A Holistic Examination. Paper presented in **2009 NARST Annual International Conference**, Orange County, Garden Grove, CA. Retrieved April 14, 2009.
- Myka, Jennifer Leigh; & Raubenheimer, C. (2005). Action Research Implemented to Improve Zoology Laboratory Activities in a Freshman Biology Majors Course. **Electronic Journal of Science Education**. 9(4): 2-27.
- National Economic and Social Development Board. (2009). **The National Science and Technology Development Plan**. Retrieved August 15, 2009, from www.nesdb.go.th/Portals/0/news/plan/p6/M5_3.doc

- National Research Council. (2000). **Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning**. Edited by Loucks-Horsley, Steve Olson and Susan. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- (2000). **Science Inquiry Map**. Washington D.C.: National Academy Press.
- (2001). **Classroom Assessment and the National Science Education Standards**. Edited by Atkin, J. Myron; Black, Paul; & Coffey, Janet. Washington D.C.: National Academy Press.
- (2005). **America's Lab Report: Investigations in High School Science**. Edited by Singer, Susan R.; Hilton, Margaret L.; & Schweingruber, Heidi A. Washington D.C.: National Academy Press.
- Office of the National Economic and Social Development Board. (2005). **The Tenth National Economic and Social Development Plan**. Retrieved August 7, 2009, from <http://www.nesdb.go.th/Default.aspx?tabid=139>
- ONEC. (2009) **Status of Science and Technology Management of Science and Technology Education**. (Online) Retrieved August 10, 2009, from <http://www.onec.go.th/publication/4014001/page0101.htm>
- (2006). **Education in Thailand**. Bangkok: Office of the Education Council.
- Palachot, Araya. (2008). **The Development of Learning Unit with Corporate Scientific Explanation Using Fading Scaffold Technique to Promote Students' Reasoning Skills**. Ed.D. (Science Education). Bangkok: Bangkok: Graduate School. copy.
- Panichapan, Pinyo; et al. (1998). **A Study of Learning Processes in Science and Mathematics Education**. Bangkok: Mahidol University.

- Qablan, A.; et. al. (2009). I Know It's So Good But I Prefer Not To Use It: An Interpretive Investigation of Jordanian Preservice Science Teachers' Perspectives about Learning Biology through Inquiry. **International Journal of Teaching and Learning in Higher Education**, 20(3): 394-404. Retrieved February, 1, 2008, from http://eric.ed.gov/ERICWebPortal/search/detailmini.jsp?_nfpb=true&_ERICExtSearch_SearchValue_0=EJ869324&ERICExtSearch_SearchType_0=no&accno=EJ869324
- Reinard, John C. (2006). **Communication Research Statistics**. United States of America: SAGE publication.
- Shulman, Lee. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. **Educational Researcher**. 15(2): 4-14. Retrieved December 7, 2007, from <http://links.jstor.org/sici?sici=0013189X%28198602%2915%3A2%3C4%3ATWUKGI%3E2.0.CO%3B2-X>.
- Srinakharinwirot University. (2008). **Handbook of Professional Teaching Curriculum**. Bangkok: Srinakharinwirot University.
- Stukus P.;& Lennox J.E. (1995). Use of an Investigative Semester-Length Laboratory Project in an Introductory Microbiology Course. **Journal College Science Teaching**. 25: 135–139.
- Sundberg, M.D.; & Moncada, G.J.. (1994). Creating Effective Investigative Biology Laboratories for Undergraduates. **BioScience**. 44: 698-704.
- Sundberg, M.D.; M.L. Dini; & E. Li. (1994). Improving Student Comprehension and Attitudes in Freshman Biology by Decreasing Course Content. **Journal of Research in Science Teaching**. 31: 679-693.
- Supovitz, J.A.; & Turner, H.M. (2000). The Effects of Professional Development on Science Teaching Practices and Classroom culture. **Journal of Research in Science Teaching**. 37(9): 963-80.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology Institute. (2004). **Teacher Guide of Fundamental and Additional Biology 3**. Bangkok: Kurusapa Publishers.

- Thornton, J. W. (1972). Investigative Laboratory: The concept, Its Origin and Current Status., In **The Laboratory: a Place to Investigate** (J. W. Thornton, Editor). Commission on Undergraduate Education in the Biological Sciences, Publication No. 33, Washington D.C.: AIBS Education Division.
- Tongpan, S., Udom, P.;& Tebnuat, T. (2009). The Results of Inquiry Teaching Methods with Questioning Techniques on Critical Thinking Abilities and Science Learning Achievements of Prathomsuksa 5 Students. **Journal of Wittayaborigarn**, 20(1): 57-66. Retrieved February 8, 2009, from <http://www.kaekae.oas.psu.ac.th/ojs/oasej/include/getdoc.php?id=954&article>
- Weld, Jeffrey ; & Funk, Lucas. (2005). "I'm Not the Science Type": Effect of an Inquiry Biology Content Course on Preservice Elementary Teachers' Intentions About Teaching Science. **Journal of Science Teacher Education**. 16: 189-204.
- Werner, R. (2007). Inquiry-based learning at Minnesota's University of St. Thomas. **The International Journal of Learning**, 14(1): 51-56.
- Wiggins, Grant ; & McTighe, Jay. (2005). **Understanding by Design**. Expanded 2nd ed. United States: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Wongrattana, Chusri. (2007). **Statistics for Research**. 10th ed. Bangkok: Thaineramitkitch Inter Progressive Company.
- Wootipreecha, Somchai; & Bunyanun, Siriphorn. (2004). The Idea for Educational Reform. **Educational Society of Thailand**. 49(1): 6.
- Yamaguchi, Etsuji ; et. al. (2009). Preservice Elementary Teachers' Ability to Learn How to Teaching Science from Instructional Materials: A Case Study of Japan. Paper presented in **2009 NARST Annual International Conference**, Orange County, Garden Grove, CA Retrieved April 15, 2009.
- Yin, R. (1994). **Case Study Research: Design and Methods**. 2nd ed. Beverly Hills, CA: Sage Publishing.
- Zohar, A. (2004). **Higher order thinking in science classrooms: Students' learning and teacher' professional development**. The Netherlands: Kluwer Academic Press.





APPENDIX A

Example of an Inquiry-Based Teaching Professional
Development Program Activity and Writing & Presenting Manual

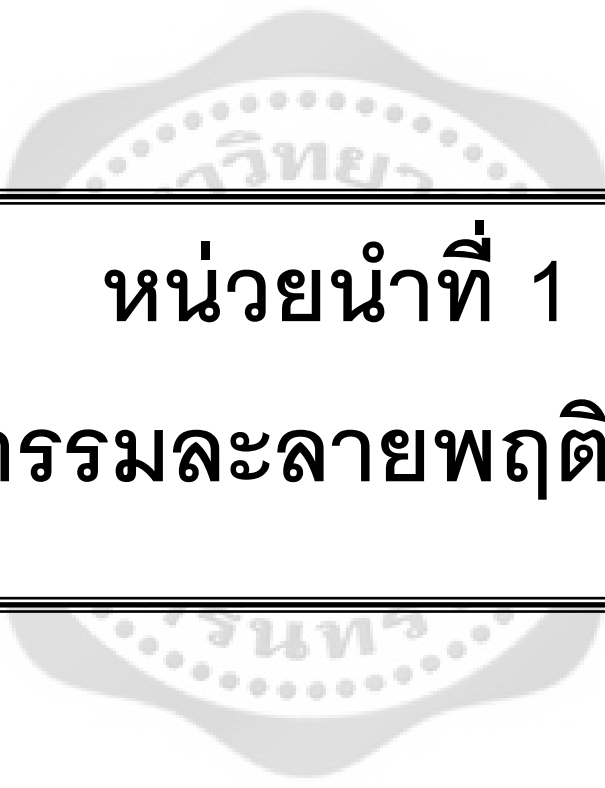
กำหนดการโครงการพัฒนาศักยภาพครูเพื่อการสอนโดยเทคนิคสืบเสาะหาความรู้

(Inquiry-Based Teaching Program: A Professional Development for Biology Preservice Teacher)

ครั้งที่	เวลา	กิจกรรม
1	09.00 - 12.00 13.00 - 16.00	1. ทดสอบการปฏิบัติการสอนแบบจุลภาค และทำแบบวัดเจตคติต่อการสอนโดยใช้เทคนิคสืบเสาะหาความรู้
2	09.00 – 09.15 09.15 – 09.35 09.35 – 09.55 09.55 – 10.45 10.45 – 11.00 11.00 – 12.00 12.00 – 13.00 13.00 – 14.45 14.45 – 15.00 15.00 – 15.30	1. กล่าวเปิดงานและต้อนรับนิสิตผู้เข้าร่วมโครงการ กิจกรรมละลายพฤติกรรมและ จัดกลุ่มผู้เข้าร่วมโครงการ 2. ผู้เข้าร่วมโครงการทำความเข้าใจ จุดมุ่งหมายและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง แจกสมุดบันทึกการทำงานวิทยาศาสตร์ และศึกษาวิธีใช้คู่มือการเขียนรายงาน 3. กิจกรรมกลุ่มเรื่อง ทีมเวิร์ค ทำอย่างไรให้เวิร์ค - พัก 4. กิจกรรมมาเข้าครัวทำข้าวโพดคั่ว - พักกลางวัน 5. กิจกรรม มาเข้าครัวทำข้าวโพดคั่ว (ต่อ) - พัก 6. อภิปรายประจำวัน – ได้เรียนรู้อะไรจากกิจกรรมนี้
3	09.00 – 09.10 09.10 – 10.20 10.20 – 10.30 10.30 – 11.15 11.45 – 12.00 12.00 – 13.00 13.00 – 13.15 13.15 – 14.15 14.15 – 16.00	1. ประกาศประจำวัน 2. หน่วยที่ 1 ระบบหมุนเวียนเลือดและหัวใจ - พัก 3. กิจกรรม ข้อมูลนี้จะเชื่อถือได้ไหม 4. รู้จักการประเมินโดยใช้รูบริค เพื่อการนำเสนอปากเปล่า+การให้การป้อนกลับแบบสร้างเสริม + เวลาอิสระเพื่อการค้นคว้าและพูดคุยในกลุ่ม - พักกลางวัน 5. เวลาอิสระเพื่อการเตรียมเสนอเค้าโครงโครงการของกลุ่ม 6. นำเสนอเค้าโครง และฝึกการให้การป้อนกลับแบบสร้างเสริม 7. เวลาอิสระเพื่อทำโครงงาน + อภิปรายประจำวัน

ครั้งที่	เวลา	กิจกรรม
4	09.00 – 09.10 09.10 – 09.40 09.40 - 10.10 10.10 – 12.00 12.00 – 13.00 13.00 – 14.00 14.00 – 14.10 14.10 – 15.45	1. ประกาศประจำวัน 2. ผู้เข้าร่วมโครงการศึกษาเรื่องการนำเสนอปากเปล่าหลังการทดลองและการเขียนรายงาน โดยศึกษาร่วมกับรูปรีดประกอบการประเมิน 3. กิจกรรม มารู้จักบทบาทของ เพื่อนช่วยเพื่อนกันเถอะ 4. เวลาอิสระเพื่อทำการทดลองตามแผน และอภิปรายภายในกลุ่ม - พักรกลางวัน 5. นำเสนอการทดลองกลุ่ม และฝึกการให้การป้อนกลับแบบสร้างเสริม -พักร + แจกใบประเมินการความร่วมมือของกลุ่ม 6. หน่วยที่ 2 ระบบประสาท
5	09.00 – 09.10 09.10 – 10.10 10.10 – 10.20 10.20 – 12.00 12.00 – 13.00 13.00 – 14.35 14.35– 14.45 14.45 – 16.00	1. เวลาอิสระเพื่อเตรียมนำเสนอเค้าโครงโครงงานหน้าชั้น 2. นำเสนอเค้าโครงโครงงานและฝึกการให้การป้อนกลับแบบสร้างเสริม - พักร 3. เวลาอิสระเพื่อทำการทดลองตามแผน - พักรกลางวัน 4. สถิติเบื้องต้นและการแปลผลข้อมูลในห้องเรียน - พักร 5. นำเสนอผลการทำโครงงาน และฝึกการให้คำแนะนำแบบสร้างเสริม + แจกใบประเมินความร่วมมือของกลุ่ม
6	09.00 – 10.35 10.35 – 10.45 10.45 – 12.00 12.00 – 13.00 13.00 – 13.45 13.45 – 16.00	1. หน่วยที่ 3 ระบบขับถ่ายปัสสาวะกับการรักษาคุณภาพของร่างกาย - พักร 2. นำเสนอเค้าโครงโครงงานและฝึกการให้คำแนะนำแบบสร้างเสริม - พักรกลางวัน 3. ผู้เข้าร่วมโครงการศึกษากิจกรรมการนำเสนอโดยการทำโปสเตอร์โครงงาน + รูปรีดเพื่อประเมินการนำเสนอโดยใช้โปสเตอร์โครงงาน 4. เวลาอิสระเพื่อทำการทดลองตามแผนโครงงาน + อภิปรายประจำวัน

ครั้งที่	เวลา	กิจกรรม
7	09.00 – 11.30 11.30 – 12.00 12.00 – 13.00 13.00 – 14.20 14.20 – 14.30 14.30 – 16.00	1. กิจกรรมการนำเสนอผลงานโดยโปสเตอร์ โดยกิจกรรมเดินชม แลกเปลี่ยนเรียนรู้ 2. อภิปรายกิจกรรม - พักรกลางวัน 1. กิจกรรมพัฒนาวิชาชีพครู 2. กิจกรรม สอนคนเดียวหรือช่วยกันสอนดี 3. กิจกรรมบทบาทสมมติ เรื่อง พฤติกรรมนักเรียนในห้องปฏิบัติการ - พักร 4. กิจกรรมรู้จักการเขียนแผนที่เน้นการออกแบบการเรียนรู้ที่เน้นความ เข้าใจ (UbD: Understanding by Design)
8	09.00 – 10.30 10.30 – 10.40 10.40 – 12.00 12.00 – 13.00 13.00 – 16.00	1. กิจกรรมการออกแบบการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Backward Design) - พักร 2. กิจกรรมกลุ่มและเวลาอิสระ เพื่อเตรียมเขียนแผนการสอน - พักรกลางวัน 1. กิจกรรมกลุ่มและเวลาอิสระ และเขียนแผนการสอน
9,10, 11	09.00 – 12.00 13.00 – 16.00	- ทดสอบการปฏิบัติการสอนแบบจุลภาค - ทดสอบการปฏิบัติการสอนแบบจุลภาค (ต่อ)
12	10.00 – 11.00	- ทำแบบประเมินเจตคติต่อการสอนโดยใช้เทคนิคสืบเสาะหาความรู้ - ปิดโครงการและร่วมรับประทานอาหารกลางวัน



หน่วยนำที่ 1
กิจกรรมละลายพฤติกรรม



กิจกรรมที่ 1: BINGO PHYSIO! ชุด ก

คำสั่ง : นำแผ่น BINGO PHYSIO¹ นี้ไปสัมภาษณ์เพื่อนในห้อง โดยให้ถามถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตั้งข้อความในสี่เหลี่ยม ถ้าเหตุการณ์ใดตรงกับผู้ถูกถาม ให้เขียนชื่อเพื่อนลงในช่องนั้น ใครได้ 5 ช่องเรียงกันในแนวตั้ง แนวนอน หรือแนวทแยงก่อนให้ตะโกนว่า "BINGO PHYSIO"

ฉันเป็นภูมิแพ้	ฉันรู้สึกขนลุก	ฉันรู้วิธีการวัดชีพจร	ฉันเคยเป็นลม	ฉันปวดบัสสาวะทุก ๆ ชั่วโมง
ฉันเคยกระดูกหัก	คนในครอบครัวฉันเป็นไข้	ฉันเคยเป็นตะคริว	ฉันเคยรู้สึกเจ็บจี๊ด ๆ ที่หัวใจ	เมื่อปีที่แล้วฉันป่วยด้วยอาการปวดท้อง
ฉันเป็นหอบหืด	คุณปู่คุณย่าของฉันหุไม่ค่อยได้ยิน		เมื่อสัปดาห์ที่แล้วฉันเป็นหวัด	ฉันเคยรู้สึกหิวน้ำมาก ๆ เหมือนร่างกายขาดน้ำขณะเดินอยู่กลางแจ้งเวลาบ่าย
เมื่อเทอมที่แล้วฉันป่วยจนต้องขาดเรียน	ฉันสามารถวิ่งได้สองกิโลเมตรโดยไม่ต้องหยุดพัก	วันนี้ฉันกินของหวาน	ฉันดื่มน้ำวันละแปดแก้ว	เมื่อเช้า ฉันรับประทานอาหารเช้าก่อนมาเรียน
ฉันจำความฝันของเมื่อคืนนี้ได้	เมื่อคืน ฉันนอนครบแปดชั่วโมง	วันนี้ฉันกินของเค็ม ๆ	ฉันออกกำลังกายทุกวันวันละ ครึ่งชั่วโมง	ฉันใส่แว่นตา หรือคอนแทกเลนส์

¹ ดัดแปลงจาก A. Cudworth and J. Brittingham (2007)


กิจกรรมที่ 1: BINGO PHYSIO! ชุด ข

ฉันเป็นภูมิแพ้	ฉันมีเหงื่อ	ฉันรู้วิธีการวัดชีพจร	ฉันเคยเป็นลม	ฉันกำลังกินยาปฏิชีวนะ
ฉันเคยกระดูกหัก	ฉันเคยป่วยจนต้องนอนที่โรงพยาบาล	ฉันเคยเป็นตะคริว	ฉันรู้ว่าสรีรวิทยาคืออะไร	เมื่อปีที่แล้วฉันป่วยด้วยอาการปวดท้อง
ฉันเป็นหอบหืด	ฉันรู้จักคนที่หูตึง	ช่องว่าง	ฉันเคยได้รับการฉีดวัคซีน	ฉันเคยรู้สึกหิวน้ำมาก ๆ เหมือนร่างกายขาดน้ำขณะเดินอยู่กลางแจ้งเวลาบ่าย
เมื่อเทอมที่แล้วฉันป่วยจนต้องขาดเรียน	ฉันสามารถวิ่งได้สองกิโลเมตรโดยไม่ต้องหยุดพัก	วันนี้ฉันกินของหวาน	ฉันดื่มน้ำวันละแปดแก้ว	เมื่อเช้า ฉันรับประทานอาหารเช้าก่อนมาเรียน
ฉันจำความฝันของเมื่อคืนนี้ได้	ฉันออกกำลังกายทุกวัน วันละ ครึ่งชั่วโมง	ฉันเคยนอนอนทั้งคืน	ฉันเคยวัดความดันเลือด	ฉันรู้จักคนที่เป็นตาบอดสี

หน่วยนำที่ 2

กิจกรรมเสริมทักษะ

การปฏิบัติงานกลุ่ม

ทีมเวิร์ค ทำอย่างไรให้เวิร์ค

กิจกรรมที่ 1 จงเขียนพฤติกรรมที่ท่านคิดว่าจะทำให้การทำงานเป็นกลุ่มประสบความสำเร็จ และ พฤติกรรมใดที่ท่านคิดว่าจะทำให้กลุ่มประสบความสำเร็จล้มเหลว

พฤติกรรมที่ทำให้กลุ่มประสบความสำเร็จ	พฤติกรรมที่ทำให้กลุ่มประสบความสำเร็จล้มเหลว

กิจกรรมที่ 2 จงอ่านข้อมูลในตารางแล้วขีดเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ท่านคิดว่าพฤติกรรมดังกล่าว ก่อให้เกิดความสำเร็จหรือล้มเหลว² ต่อการทำงานเป็นกลุ่ม

พฤติกรรม	สำเร็จ	ล้มเหลว
1. รับฟังแนวคิดหรือความคิดเห็นของเพื่อนในกลุ่มและตั้งใจที่จะนำมาปรับใช้เพื่อให้เกิดสิ่งที่ดีที่สุดแก่กลุ่ม		
2. ในขณะที่ประชุมจะใช้เวลาส่วนใหญ่กับการพูดแสดงแนวคิดและความคิดเห็นของตนเอง มีการแสดงออกถึงความพยายามที่จะควบคุมทุกอย่างในกลุ่ม		
3. พยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นที่กำลังพูดคุยด้วยการฟังอย่างตั้งใจ		
4. กระตุ้นให้เพื่อนรับประชุม รับผิดชอบ รับทำ ทั้ง ๆ ที่ประเด็นหรือสิ่งที่ทำนั้นยังไม่เสร็จสมบูรณ์ เช่น แสดงออกถึงอาการเบื่อที่จะฟังผู้อื่นพูด		
5. ให้กำลังใจเพื่อน ๆ อยู่เสมอ กระตุ้นเพื่อนให้ร่วมมือและก้าวหน้าไปด้วยกัน		
6. ไม่แสดงความคิดเห็น ไม่ตัดสินใจ ปฏิเสธการเข้าร่วม บ่อยครั้งมักพูดว่า ทำอะไรก็ได้ อยากทำอะไรก็ทำ		
7. สร้างบรรยากาศที่ทำให้กลุ่มรู้สึกถึงความเป็นน้ำหนึ่งใจเดียวกัน เช่น สร้างเสียงหัวเราะให้กับกลุ่มหลังจากที่เผชิญกับปัญหาหรือความยากในการทำงานร่วมกัน		
8. เพิกเฉยหรือไม่ให้ความสำคัญกับความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะของบางคนในกลุ่ม หรือบางครั้งอาจใช้คำพูดที่ทำให้เพื่อนเสียหน้าด้วยการพูดเหมือนเป็นเรื่องตลก		
9. กล่าวที่จะแสดงออกถึงความรับผิดชอบแก่กลุ่ม แม้ว่าบางครั้งอาจทำให้ตนเองเสียหน้าหรืออับอาย เพื่อที่จะให้กลุ่มประสบความสำเร็จไปได้		
10. ขัดขวางความก้าวหน้าของกลุ่มด้วยการปิดกั้นแนวคิดหรือความคิดเห็น บ่อยครั้งมักใช้คำพูดเช่น “มันไม่มีทางจะเป็นไปได้หรือทำได้หรอก เพราะ.....”		

²ดัดแปลงจาก Harris (2008) และ Brunt (1993)

จะทำอย่างไรกับคน “กินแรง” และ “คนขี้เกียจ”

กิจกรรมที่ 3 ศึกษาพฤติกรรมของแต่ละบุคคลต่อไปนี้ แล้วอภิปรายร่วมกัน



ลองจินตนาการดูซิว่า...

ในรายวิชาสรีรวิทยาทั่วไปเทอมนี้ ท่านและเพื่อนในกลุ่มอีก 3 คน จะต้องร่วมมือกันทำปฏิบัติการด้วยกันทั้งเทอม สมาชิกในกลุ่มของท่านมีรายชื่อดังต่อไปนี้ คนที่ 1 ชัดเจน คนที่ 2 มารวย และ คนที่ 3 แมน

ชัดเจน เป็นคนที่มีนิสัยดีพอใช้ ถึงแม้ว่าเขาจะไม่เก่งในเรื่องการแก้ปัญหาแต่เขาก็มีความพยายามและตั้งใจสูง เขาจะเข้าพบอาจารย์เพื่อปรึกษาทุกครั้งที่เขามีปัญหา

มารวย เป็นคนที่มีนิสัยดี แต่มักขาดความตั้งใจและขาดความพยายามในการทำงาน ถึงแม้ว่าเขาจะทำงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จทันเวลาแต่ก็มักพบข้อผิดพลาดอยู่บ่อยครั้ง และเขาก็เคยเล่าว่าเขาดูทีวีทั้งวันในช่วงสุดสัปดาห์และเพิ่งทำการบ้านเสร็จเมื่อตอนดึกของคืนวันอาทิตย์

แมน เป็นคนที่ไม่เหมือนใคร ๆ ในกลุ่ม เขาไม่ได้ทำผิดอะไรทั้งนั้นนอกจากสร้างปัญหา ลองมาอ่าน

พฤติกรรมของเขา

- ตั้งแต่ต้นเทอม กลุ่มของคุณพยายามนัดหมายเพื่อประชุมกัน แต่แมนก็ไม่เคยมาร่วมได้ เพราะเขายุ่งมากจึงไม่สามารถมาตามนัดได้สักครั้ง
- บ่อยครั้งที่แมนไม่ส่งงานในส่วนที่รับผิดชอบ และทุกครั้งที่ทำงานก็จะพบว่าชิ้นงานในส่วนนั้นผิดพลาดอยู่เสมอ
- แมนมักไม่รับโทรศัพท์หรือโทรกลับหาเพื่อน เมื่อคุณพบเขา เขาก็จะพูดว่า ขอโทษ เขายุ่งมาก เขาไม่ได้ยินเสียงโทรศัพท์ ไม่เห็นเบอร์โทรเข้าของคุณ หรือไม่ได้รับข้อความใดๆทั้งสิ้น
- แมนไม่เคยมาตามนัดสักครั้ง ถึงแม้ว่าเขาได้สัญญาว่าเขาจะมา
- รายงานในส่วนที่แมนทำ มักผิดพลาดและส่งไม่ตรงเวลา ซึ่งแสดงถึงความไม่ตั้งใจทำงานของส่วนรวม เขาใช้มือขีต ๆ เขียน ๆ งานจึงออกมาไม่เรียบร้อย จนทำให้ทุกคนไม่ต้องการมอบหมายงานให้เขาอีก
- แมนมักบ่นอยู่เสมอว่าเขาต้องทำงานพิเศษถึง 50 ชม.ต่อสัปดาห์ เขามีภาระมากมายที่ต้องทำ เขาบ่นว่าอาจารย์สั่งงานเยอะ ซึ่งแรก ๆ คุณก็รู้สึกสงสารเขา แต่มาถึงตอนนี้คุณเริ่มรู้สึกแล้วว่าแมนกำลังกินแรงคุณ
- คุณพยายามที่จะแก้ไขปัญหานี้ ด้วยการพูดคุยกับแมน แต่แล้วแมนก็จะพูดจาวิวยวายน้อยลงอย่างมั่นใจ จนกระทั่งทำให้คุณรู้สึกว่าคุณนั้นแหละผิด คุณเป็นต้นเหตุที่ทำให้เขาต้องมีปัญหา
- จากพฤติกรรมที่อ่าน คุณคิดว่า จะแก้ไขสถานการณ์ของกลุ่มได้อย่างไร

มาถึงตอนนี้ กลุ่มของคุณอาจอยู่ในภาวะที่ตึงเครียดและผิดหวัง ดังนั้นคุณและเพื่อนจึงตัดสินใจไปปรึกษากับอาจารย์เมที่ อาจารย์จึงเรียกทุกคนในกลุ่มรวมทั้งแมนมาพูดคุยเปิดใจกัน แมนได้แสดงออกถึงความรู้สึกเสียใจในสิ่งที่เกิดขึ้นอย่างยิงและเขาก็ยอมรับว่าเขาไม่รู้จริง ๆ ว่าเพื่อน ๆ ต้องการให้เขาทำอะไร เมื่อการพูดคุยเป็นไปในแบบนี้ อาจารย์เมที่จึงสรุปว่าสมาชิกในกลุ่มนี้มีปัญหาในการสื่อสาร และการที่คุยกับเพื่อนในกลุ่มดูจะกระทบมากกับเรื่องนี้ ทำให้อาจารย์เมที่คิดว่าพวกคุณควรจะรับฟังและพูดคุยกับแมนให้มากขึ้น ข้อสรุปของการคุยครั้งนี้คือ ปัญหาทั้งหมดเกิดขึ้นจากทุกคน ไม่ใช่จากแมนคนเดียว

มารวย จอมขี้เกียจ




จะเห็นว่า ตอนนี้จะยังไม่มีใครนึกถึงพฤติกรรมของมารวยเลย ถึงแม้ว่ามารวยจะยื่นเคียงข้างสมาชิกในกลุ่มและก็แสดงออกถึงความไม่เห็นด้วยต่อพฤติกรรมของแมน แต่อย่างไรก็ตาม มารวยก็ยังไม่ได้แสดงออกถึงความพยายามในการทำงานของกลุ่ม

วิธีการหนึ่งที่คุณจะจัดการกับคนขี้เกียจอย่างมารวย ก็คือ คุณจะต้องกำหนดเส้นตายของการส่งงานของเขา และต้องสื่อสาร กำหนดเป้าหมายให้ชัดเจน โดยคุณจะต้องแสดงให้เห็นว่าการกำหนดเส้นตายของคุณนั้น เป็นกำหนดที่จริงจัง ถ้าคุณไม่สามารถแสดงออกได้อย่างนั้นแล้ว คุณก็จะได้ผลงานที่ไม่มีประสิทธิภาพในแบบที่แมนและมารวยทำ


แต่จะอย่างไรละ!! เมื่อคุณไม่ชอบสั่งคนอื่น



ถ้าคุณรู้สึกว่า ตนเองไม่สามารถพูดหรือบอกให้ผู้อื่นรับผิดชอบ ต่องานของกลุ่มได้นั้น ให้คุณมองในแง่ดีว่า นี่เป็นโอกาสของคุณที่จะได้ฝึก เรียนรู้ และเตรียมพร้อมที่จะไปทำงานร่วมกับผู้อื่น คุณต้องฝึกมีความอดทนให้มากขึ้น เพราะในช่วงแรกคุณอาจมีความกังวลใจว่าเพื่อน ๆ อาจไม่พอใจ แต่ถ้าคุณฝึกไปเรื่อยๆ และเชื่อมั่นในสิ่งที่คุณทำว่าเป็นเรื่องที่เหมาะสมผล ความรู้สึกผิดหรือกังวลใจก็จะลดลงไปเอง ที่ดียิ่งไปกว่านั้น คุณก็จะค้นพบว่า คุณจะมีเวลาให้กับตนเอง ครอบครัวยุ เพื่อน หรือ งานอื่น ๆ มากขึ้น เพราะ คุณไม่ต้องใช้เวลาไปกับการทำงานที่เป็นความรับผิดชอบของผู้อื่น



หน่วยที่ 1
มาเข้าครัว
ทำข้าวโพดคั่วกันเถอะ



หน่วยที่ 1 มาเข้าครัว ทำข้าวโพดคั่วกันเถอะ

จุดประสงค์

1. ผู้เข้าอบรมสามารถออกแบบสูตรข้าวโพดคั่วที่แตกต่างไปจากสูตรที่กำหนดให้ได้
2. ผู้เข้าอบรมสามารถดำเนินการทำข้าวโพดคั่วตามสูตรที่ผู้เข้าอบรมได้ออกแบบไว้ได้
3. ผู้เข้าอบรมสามารถปรับการทดลองที่ต้องทำตามคู่มือ (Cookbook) ให้เป็นการทดลองที่ยืดแนวทางการสืบเสาะหาความรู้ได้ (Inquiry -based)
4. ผู้เข้าอบรมสามารถเชื่อมโยงกิจกรรมการทำอาหารในชีวิตประจำวันกับกิจกรรมปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ได้
5. ผู้เข้าอบรมสามารถปฏิบัติงานเป็นกลุ่มอย่างร่วมมือได้

การวัดและการประเมินผล

1. ประเมินจาก ใบงานแผนการออกแบบสูตรข้าวโพดคั่วแนวใหม่
2. ประเมินจาก ใบงานการปรับการทดลองเพื่อยืดแนวทางการสืบเสาะหาความรู้
3. ประเมินจาก แบบประเมินพฤติกรรมของเพื่อนร่วมกลุ่ม

หลักการ/ความคิดรวบยอด

กิจกรรมเรื่อง มาเข้าครัวทำข้าวโพดคั่วกันเถอะ เป็นกิจกรรมที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นิสิตได้เรียนรู้วิธีการเชื่อมโยงกิจกรรมการทำอาหารในชีวิตประจำวัน กับกิจกรรมปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ โดยในการทำอาหารเราอาจเลือกใช้ตำราอาหาร หรือ คู่มือ (Cookbook) เป็นคู่มือในการแนะนำวิธีการทำ เพื่อให้ได้อาหารที่มีรสชาติและสีส้มตามต้องการ การทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนก็มีการนำคำว่า คู่มือ มาใช้เรียกรูปแบบของบทปฏิบัติการที่ให้ผู้เรียนทำตามขั้นตอนที่กำหนด ซึ่งโดยทั่วไปผู้เรียนก็จะทราบว่าผลที่ได้ควรจะออกมาเป็นแบบใด ซึ่งการเรียนวิทยาศาสตร์รูปแบบนี้ อาจทำให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะด้านการคิดไม่มากนัก โดยเฉพาะด้านความคิดสร้างสรรค์และการคิดวิเคราะห์ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตั้งคำถามหรือปัญหาตามที่ตนเองสนใจ และค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อออกแบบวิธีการทดลองเองนั้น จะกระตุ้นให้ผู้เรียนสงสัยใฝ่รู้ เกิดการเรียนรู้ว่าควรเรียนรู้อย่างไร (Learning how to learn) และเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านการลงมือทำด้วยตนเอง โดยมีผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้ช่วยแนะนำเท่านั้น ดังนั้นตอนต้นของกิจกรรม ผู้เรียนจะได้ฝึกทำอาหารและปรับสูตรอาหารจากตำราที่ให้ และในช่วงท้ายจะฝึกให้มีการปรับและเชื่อมโยงกับความรู้และวิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ในกิจกรรมนี้ผู้เข้าอบรมจะได้ฝึกใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่อไปนี้

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูล
3. การลงความเห็นข้อมูล
4. การพยากรณ์
5. การตั้งสมมติฐาน
6. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
7. การกำหนดและควบคุมตัวแปร
8. การออกแบบและการดำเนินการทดลอง
9. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

สื่อ วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี

1. เมล็ดข้าวโพดแห้ง ชนิดเมล็ดหัวแหลม และชนิดเมล็ดกลม
2. น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันรำข้าว น้ำมันข้าวโพด เนย และมาการีน
3. เกลีส น้ำตาล พริกไทย เครื่องเทศ กลิ่นเลียนแบบธรรมชาติ (เช่น กลิ่นวานิลลา ใบเตย)และสีผสมอาหารสีต่างๆ
4. หม้อ กระทะ ตะหลิว ช้อนตวง ถ้วยตวง เครื่องชั่ง และอุปกรณ์เครื่องครัวพื้นฐาน
5. เตาไฟฟ้า (Hot plate) และ ไมโครเวฟ
6. ปีกเกอร์
7. เทอร์โมมิเตอร์
8. แผ่นใส และเครื่องฉายแผ่นใส

วิธีดำเนินกิจกรรม

กิจกรรมนี้ให้ผู้เข้าอบรมปฏิบัติงานเป็นกลุ่มโดยมีลำดับการดำเนินกิจกรรมดังนี้

1. สมาชิกแต่ละกลุ่มศึกษาสถานการณ์สมมติเรื่อง เรื่อง วันปิดเทอมของเด็กหญิงดาว
2. สมาชิกร่วมมือปฏิบัติการทำข่าวโพดคั่วตามสูตรที่สถานการณ์กำหนด
3. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันระดมความคิด เพื่อออกแบบแผนการทำสูตรข่าวโพดคั่วแนวใหม่
4. สมาชิกในกลุ่มร่วมมือปฏิบัติการทำข่าวโพดคั่วตามสูตรที่ได้ออกแบบ
5. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันระดมความคิด เพื่อปรับแผนการดำเนินการในห้องครัวเป็นแผนการดำเนินการในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
6. สมาชิกแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำข่าวโพดคั่วตามสูตรที่นิสิตได้ออกแบบและอธิบายด้วยหลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์



หน่วยที่ 1 มาเข้าครัว ทำข้าวโพดคั่วกันเถอะ

คำสั่ง อ่านสถานการณ์สมมติต่อไปนี้ แล้วทดลองทำข้าวโพดคั่วตามสูตรที่กำหนด

บ่ายวันหนึ่งในช่วงปิดเทอมของเด็กหญิงดาว

ดาวเป็นเด็กนักเรียนระดับชั้น ม.2 ของโรงเรียนบ้านหนองใหญ่ ในช่วงปิดเทอมนี้ เธออยากหางานอดิเรกทำ เพื่อให้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์ ปกติแล้วดาวชอบทำอาหาร ดังนั้นดาวจึงเริ่มสืบค้นทางอินเทอร์เน็ต เพื่อหาเมนูอาหารว่างที่ทำได้ง่ายในครัวเรือน

ดาวเลือกใช้คำสำคัญ (Key word) เพื่อการสืบค้นสองคำคือ ข้าวโพดและอาหารว่าง เนื่องจากที่ตำบลหนองใหญ่ ข้าวโพดได้ถูกจัดให้เป็นผลิตภัณฑ์ OTOP ของตำบล ในที่สุดดาวก็ได้ สูตรการทำข้าวโพดคั่ว อย่างง่ายด้วยไมโครเวฟ



เนื่องจากดาวเป็นเด็กช่างคิดช่างสงสัย ดาวจึงเกิดข้อคำถามกับสูตรการทำข้าวโพดคั่วของเธอ ดาวสงสัยเหลือเกินว่า ผู้เขียนสูตรนี้ ได้สูตรมาอย่างไร และทำไม จึงต้องใช้ส่วนผสม ปริมาณ และวิธีทำตามที่กำหนดให้ด้วย เธอสงสัยเหลือเกินว่า ถ้าเธอจะเลือกปรับเปลี่ยนสูตรนี้บ้าง ข้าวโพดคั่วของเธอจะออกมาเป็นอย่างไร

😊 เพื่อนๆ มาช่วยดาวคิดกันเถอะว่า จะช่วยปรับสูตรข้าวโพดคั่วนี้ได้อย่างไร และทำไมเพื่อนๆ ถึงคิดจะทำข้าวโพดคั่วสูตรนั้น

ใบความรู้ที่ 1

เรื่อง ข้าวโพดคั่ว

ข้าวโพดคั่ว



การทำข้าวโพดคั่วจะช่วยให้เราเรียนรู้ถึงหลักการที่ว่า ความร้อนทำให้แป้งแตกตัวได้อย่างไร ซึ่งหลักการนี้ก็ถูกนำมาใช้ในการทำอาหารเช้าธัญพืช (Cereal) ที่ขายกันในท้องตลาดด้วย

ทำไม!!

เมล็ดข้าวโพดเพียงไม่กี่เมล็ดจึงแตกฟูได้เต็มหม้อ

ข้าวโพด มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays everta* เมล็ดมีขนาดค่อนข้างเล็ก มีแป้งประเภทแข็งอยู่ภายใน ภายนอกถูกห่อหุ้มด้วยสารที่ค่อนข้างเหนียวและยึดตัวได้ ฉะนั้น เมื่อเมล็ดที่มีความชื้นอยู่ภายในพอสมควร ถูกความร้อน จะเกิดแรงดันภายในเมล็ดและเมื่อถึงขีดสุดก็จะระเบิดตัวออกมา โดยทั่วไปอาจแบ่งได้ตามรูปร่างเมล็ดอีก 2 พวก คือ พวกหัวแหลม หรือ rice corn และพวกเมล็ดกลม หรือ pearl corn เมล็ดมีสีต่าง ๆ กัน เช่น เหลือง ขาว ส้ม ม่วง ฝักก็มีขนาดต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 5 - 10 เซนติเมตร³



ลองคิดดู?

ทำไมเมล็ดข้าวโพดบางชนิดใช้

ทำข้าวโพดคั่วไม่ได้

³ ที่มา: <http://as.doa.go.th/fieldcrops/corn/oth/bot.HTM>

แผนการออกแบบข่าวโพดคั้วสูตรใหม่

1. จากการทำข่าวโพดคั้วตามสูตรที่ให้ ท่านพบปัญหาหรือมีแนวคิดอะไรที่จะพัฒนาข่าวโพดคั้วสูตรใหม่
.....
.....
2. ท่านเลือกเปลี่ยนแปลงสิ่งใดจากสูตรเดิม (เลือกเปลี่ยนได้อย่างเดียว)
 เลือกเปลี่ยนส่วนประกอบ (เปลี่ยนอะไร).....
 เลือกเปลี่ยนวิธีทำ (เปลี่ยนอย่างไร).....

3. ท่านคิดว่าข่าวโพดคั้วสูตรใหม่จะออกมาเป็นอย่างไร
.....
.....
4. ตัวบ่งชี้ความแตกต่างระหว่างข่าวโพดคั้วสูตรเดิมและข่าวโพดคั้วสูตรใหม่คืออะไร
.....
.....
5. มีหลักการ หรือ เหตุผลอะไร ที่จะทำให้ข่าวโพดคั้วสูตรใหม่ออกมาเป็นตามแบบที่คาดหวังไว้
.....
.....
.....
6. วัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องใช้
.....
.....
7. วิธีทำ
.....
.....
.....
8. หน้าที่ของสมาชิกแต่ละคน
 1.....หน้าที่.....
 2.....หน้าที่.....
 3.....หน้าที่.....
 4.....หน้าที่.....
9. จะตั้งชื่อข่าวโพดคั้วสูตรใหม่ว่าอะไร.....

การปรับการทดลองเพื่อยึดแนวทางการสืบเสาะหาความรู้

1. จากการทำข่าวโพดคั่วตามสูตรที่ให้ ท่านพบปัญหาหรือมีแนวคิดอะไรที่จะพัฒนาข่าวโพดคั่วสูตรใหม่
(ข้อความส่วนนี้จะเปรียบได้กับภูมิหลังหรือที่มาและความสำคัญของปัญหา โดยเป็นส่วนหนึ่งของข้อความที่แสดงถึงความจำเป็น คุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับจากผลการทดลองหรือผลการวิจัย ทั้งนี้อาจมีการอ้างอิงถึงงานวิจัยที่ผู้อื่นได้ศึกษาไว้แล้ว และระบุว่าผลการทดลองหรืองานวิจัยที่เสนอขึ้นนั้นจะช่วยเพิ่มคุณค่าได้อย่างไร).....
2. ท่านเลือกที่จะเปลี่ยนแปลงสิ่งใดจากสูตรดั้งเดิม (ตัวแปรต้น)
 - เลือกเปลี่ยนส่วนประกอบ (เปลี่ยนอะไร).....
 - เลือกเปลี่ยนวิธีทำ (เปลี่ยนข้อใด อย่างไร).....
 (สิ่งที่ผู้วิจัยเลือกเปลี่ยนเพื่อให้ส่งผลต่อสิ่งที่ต้องการศึกษา เรียกว่า ตัวแปรต้น ซึ่งหมายถึง สิ่งที่ผู้วิจัยได้กำหนดให้เป็นเหตุของการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นของสิ่งที่ศึกษา)
3. ท่านคาดว่าข่าวโพดคั่วจะออกมาเป็นอย่างไร
(ข้อความที่แสดงถึงการคาดคะเนหรือทายคำตอบของปัญหาวิจัยอย่างมีเหตุผลนี้เรียกว่า สมมติฐาน โดยจะเขียนถึงการแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม สมมติฐานจะต้องเป็นข้อความที่ทดสอบและวัดได้)
4. ตัวบ่งชี้ความแตกต่างระหว่างข่าวโพดคั่วสูตรเดิมและข่าวโพดคั่วสูตรใหม่คืออะไร
(ตัวบ่งชี้ความแตกต่าง คือผลที่แสดงออกมาจากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต้น เราเรียกตัวแปรชนิดนี้ว่า ตัวแปรตาม)
5. มีหลักการ หรือ เหตุผลอะไร ที่ทำให้ข่าวโพดคั่วสูตรใหม่ที่ได้ออกมาเป็นแบบที่คาดหวังไว้
(หลักการและเหตุผลคือ ข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ศึกษาและทบทวนก่อนการปฏิบัติ เพื่อให้การกำหนดปัญหา กำหนดสมมติฐานและการเลือกตัวแปรเป็นไปอย่างเหมาะสม)
6. วัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องใช้
(ในการทำการทดลองหรือวิจัย ผู้วิจัยต้องกำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ซึ่งก็คือ อุปกรณ์และเครื่องมือ)
7. วิธีทำ
(วิธีทดลอง คือ ส่วนของขั้นตอนที่แสดงถึงวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิธีการใช้เครื่องมือต่างๆ)
8. หน้าของสมาชิกแต่ละคน
(ในการทำการทดลองหรือการวิจัยนั้น โดยทั่วไป ผู้วิจัยจะมีคณะผู้ทำงานร่วมกัน ดังนั้นการกำหนดบทบาทให้ชัดเจนเพื่อแบ่งส่วนที่รับผิดชอบจะช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น)
9. จะตั้งชื่อข่าวโพดคั่วสูตรใหม่ว่าอะไร
(ชื่อเรื่องจะเป็นข้อความที่แสดงถึง สิ่งที่ศึกษาว่า ผู้วิจัยต้องการศึกษาอะไร กับใคร)

หน่วยที่ 2
ระบบหมุนเวียนเลือด
และการหายใจ

หน่วยที่ 2 ระบบหมุนเวียนเลือดและการหายใจ

จุดประสงค์

1. ผู้เข้าอบรมฝึกทักษะการสังเกต ผ่านกิจกรรมที่นำเข้าสู่การศึกษาเกี่ยวกับผลของกิจกรรมต่าง ๆ ที่มีต่อร่างกายผ่านการทำกิจกรรมต่าง ๆ ดังต่อไปนี้
 - 1.1 การหายใจ
 - 1.2 อัตราการเต้นของหัวใจ
 - 1.3 การหมุนเวียนเลือด หลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักของมนุษย์
2. ผู้เข้าอบรมเชื่อมโยงประสบการณ์ การออกกำลังกายกับผลการสังเกตที่ได้บันทึก
3. ผู้เข้าอบรมสามารถวัดการเต้นของชีพจรและใช้เครื่องวัดความดันเลือดได้
4. ผู้เข้าอบรมสามารถออกแบบการทดลองที่แสดงให้เห็นถึงปัจจัยภายนอกและ/หรือปัจจัยภายในที่มีผลต่อ การหายใจ อัตราการเต้นของหัวใจ ชีพจรและความดันเลือดได้
5. ผู้เข้าอบรมสามารถเชื่อมโยงความรู้จากเรื่องที่เรียนไปสู่การอภิปรายเกี่ยวกับการดูแลสุขภาพได้
6. ผู้เข้าอบรมสามารถปฏิบัติงานเป็นกลุ่มด้วยความร่วมมือเป็นอย่างดีได้

การวัดและการประเมินผล

1. ประเมินจาก ใบงานรู้แล้ว อയാกรู้ เรียนรู้
2. ประเมินจาก ใบงานการฝึกวัดชีพจร การใช้เครื่องวัดความดันเลือดและการฝึกวัดความดันเลือด
3. ประเมินจาก ใบวางแผนโครงงานวิจัย
4. ประเมินจาก การนำเสนอปากเปล่า และการเขียนรายงานการทดลอง
5. ประเมินจาก แบบประเมินพฤติกรรมของเพื่อนร่วมกลุ่ม

หลักการ/ความคิดรวบยอด

ระบบหมุนเวียนเลือด⁴ของคนประกอบด้วยหัวใจ ทำหน้าที่รับและสูบฉีดเลือดไปยังเซลล์ทั่วร่างกาย ขณะที่หัวใจบีบตัวสูบฉีดเลือด ทำให้เกิดความดันในหลอดเลือดและชีพจร ชีพจรและความดันมีความสัมพันธ์กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปริมาณไขมันในหลอดเลือด สภาพการทำงานของร่างกายและวัยของคน ดังนั้นการดูแลสุขภาพของตนเองให้สมบูรณ์แข็งแรง และรู้จักหลีกเลี่ยงปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ที่จะทำให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพอย่างเป็นประจักษ์ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับคนทุกเพศ ทุกวัย

⁴ ที่มา สสวท (2548)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ในกิจกรรมนี้ผู้เข้าอบรมจะได้ฝึกการใช้ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ต่อไปนี้

1. การสังเกต
2. การวัด
3. การคำนวณ
4. การจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูล
5. การลงความเห็นข้อมูล
6. การพยากรณ์
7. การตั้งสมมติฐาน
8. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
9. การกำหนดและควบคุมตัวแปร
10. การออกแบบและการดำเนินการทดลอง
11. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

สื่อ วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี

1. แบบประเมินตนเองเรื่อง สุขภาพของฉัน
2. วิดีทัศน์ที่แสดงถึง คนที่นั่งอยู่ในสภาวะปกติ คนที่ออกกำลังกายอย่างหนัก เช่น วิ่งมาราธอน กีฬาสี โรงเรียน กีฬาซีเกมส์ กีฬาโอลิมปิก
3. เครื่องฉายวีดิทัศน์
4. ใบงานเรื่อง รู้แล้ว อยากรู้ เรียนรู้
5. เครื่องวัดความดันเลือด (sphygmomanometer)
6. หูฟังของแพทย์ (stethoscope)
7. กระดาษกราฟ
8. บันได

วิธีดำเนินการกิจกรรม

1. ผู้เข้าอบรมทำแบบประเมินตนเองเรื่อง สุขภาพของฉันทัน (ให้ทำก่อนเข้าชั้นเรียน)
2. ผู้เข้าอบรมทำกิจกรรมกลุ่ม ร่วมกันระดมความคิดและบันทึกลงในใบงานเรื่อง รู้แล้ว อยากู้ เรียนรู้
3. ผู้เข้าอบรมฝึกวัดการเต้นของชีพจร ตามใบงานที่ 2.1 เรื่องฝึกวัดการเต้นของชีพจร
4. ผู้เข้าอบรมฝึกวัดความดันเลือด โดยฝึกจากสมาชิกภายในกลุ่ม ตามใบงานที่ 2.2, 2.3, 2.4 และ 2.5
5. สมาชิกแต่ละกลุ่ม ร่วมกันระดมความคิด วางแผนและบันทึกลงในใบวางแผนโครงการวิจัย หน้า 33
6. สมาชิกแต่ละกลุ่มปฏิบัติงานตามแผนโครงการวิจัยที่เสนอขึ้น (อาจศึกษานอกเวลาเรียนปกติได้)
7. ผู้เข้าอบรมฝึกการสื่อสารด้วยการพูดและการเขียน โดยนำเสนอผลโครงการวิจัยผ่านการนำเสนอปากเปล่า และการเขียนรายงานการวิจัย (ให้ศึกษาเพิ่มเติมจาก เอกสารประกอบการเรียนรู้ คู่มือการเขียนและการนำเสนอรายงาน)



แบบประเมินตนเอง เรื่องสุขภาพของฉันท⁶

☺ ประเมินสุขภาพตนเอง โดย ○ ล้อมรอบหมายเลขที่ตรงกับพฤติกรรมของท่านมากที่สุด แบบประเมินแบ่งออกเป็น 5 ตอน เมื่อตอบครบทุกข้อแล้วให้รวมคะแนนและเขียนไว้ในช่องว่างด้านล่างของแบบประเมิน

	เป็นประจำ	บางครั้ง	ไม่เคย
ตอนที่ 1 สุรา บุหรี่ หรือสารเสพติด			
1. ฉันไม่สูบบุหรี่	2	1	0
2. ฉันสูบบุหรี่ที่มีนิโคตินต่ำ (ถ้าไม่เคยสูบให้เลือก 2)	2	1	0
3. ฉันหลีกเลี่ยงการดื่มแอลกอฮอล์	2	1	0
4. ฉันหลีกเลี่ยงการใช้สารเสพติด	2	1	0
5. ฉันอ่านและทำตามวิธีการใช้ยาตามที่แพทย์สั่ง	2	1	0
คะแนนรวม ตอนที่ 1 สุรา บุหรี่ หรือสารเสพติด			
ตอนที่ 2 พฤติกรรมการกิน			
1. ฉันรับประทานอาหารเช้าครบห้าหมู่	4	1	0
2. ฉันจำกัดปริมาณการรับประทานอาหารที่มีไขมันและคอเลสเตอรอล	2	1	0
3. ฉันจำกัดปริมาณการรับประทานเกลือ โดยหลีกเลี่ยงอาหารรสเค็ม	2	1	0
4. ฉันหลีกเลี่ยงการรับประทานน้ำตาลที่มากเกินไป เช่น ลูกอม น้ำอัดลม	2	1	0
คะแนนรวม ตอนที่ 2 พฤติกรรมการกิน			
ตอนที่ 3 การออกกำลังกายและสมรรถนะทางร่างกาย			
1. ฉันควบคุมน้ำหนัก	3	1	0
2. ฉันออกกำลังกายเป็นเวลา 15-30 นาทีอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เช่น วิ่ง ว่ายน้ำ หรือ เต้นแอโรบิก	3	1	0
3. ฉันออกกำลังกายประเภทที่ทำให้กล้ามเนื้อแข็งแรงขึ้น 15-30 นาทีอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เช่น โยคะ	2	1	0
4. ฉันใช้เวลาว่างในการทำกิจกรรมกับครอบครัว หรือเพื่อนๆ เพื่อเพิ่มสมรรถนะทางร่างกาย	2	1	0
คะแนนรวม ตอนที่ 3 การออกกำลังกายและสมรรถนะทางร่างกาย			
ตอนที่ 4 การควบคุมภาวะตึงเครียด			
1. ฉันทำงานหารายได้พิเศษ หรือทำกิจกรรมพิเศษกับโรงเรียนอย่างมีความสุข	2	1	0
2. ฉันสามารถผ่อนคลายและแสดงความรู้สึกของตนเองออกมาได้อย่างง่ายดาย	2	1	0
3. ฉันสามารถเตรียมรับมือกับสถานการณ์ที่ตึงเครียดที่อาจเกิดขึ้นได้	2	1	0
4. ฉันมีเพื่อนหรือญาติสนิทที่จะพูดคุยด้วยเมื่อฉันต้องการความช่วยเหลือ	2	1	0
5. ฉันให้ทีมงานอดิเรก หรือร่วมกิจกรรมในสังคมกับผู้อื่น	2	1	0
คะแนนรวม ตอนที่ 4 การควบคุมภาวะตึงเครียด			
ตอนที่ 5 ความปลอดภัยและสุขภาพ			
1. ฉันคาดเข็มขัดนิรภัยขณะขึ้นรถยนต์	2	1	0
2. ฉันหลีกเลี่ยงการโดยสารกับผู้ขับขี่รถที่ดื่มแอลกอฮอล์	2	1	0
3. ฉันจะโดยสารรถไปกับคนที่เคารพกฎจราจร	2	1	0
4. ฉันจะระมัดระวังเป็นพิเศษเมื่อต้อง ใช้ผลิตภัณฑ์ที่อาจเป็นอันตราย (เช่น ว่ายน้ำทำความสะอาดห้องน้ำ สารเคมีในบ้าน หรือ เครื่องใช้ไฟฟ้า)	2	1	0
5. ฉันนอนวันละ 7-8 ชั่วโมงต่อคืน	2	1	0
คะแนนรวม ตอนที่ 5 ความปลอดภัยและสุขภาพ			

⁶ ที่มา The American Physiology Society (1999)

ตารางแสดงผลคะแนน แบบประเมิน สุขภาพของฉัน

วิธีคิดคะแนน ให้นำคะแนนของทุกตอนรวมกันแล้วหารด้วย 5

ตัวอย่าง ถ้าได้คะแนนรวม 40 คะแนน ดังนั้น ผลการประเมินจะอยู่ในช่วง $40 \div 5 = 8$ คะแนน

คะแนน	ผลการประเมิน
9-10 ☺☺☺☺	เยี่ยมมาก! คะแนนของคุณแสดงให้เห็นว่าคุณเป็นคนที่ให้ความสำคัญกับการดูแลร่างกายอย่างมาก ยิ่งไปกว่านั้นคุณยังมีสุขนิสัยที่ดีในการรักษาสุขภาพ ถ้าหากคุณสามารถดูแลตัวเองได้ดีแบบนี้เรื่อยไป คุณก็จะไม่อยู่ในกลุ่มของผู้มีความเสี่ยงต่อปัญหาด้านสุขภาพ คุณสามารถเป็นตัวอย่างที่ดีให้กับครอบครัวและเพื่อนๆ ได้ ลองสังเกตดูว่ายังมีส่วนใดที่คุณจะพัฒนาขึ้นไปได้อีก คุณก็จะเป็นคนที่มีสุขภาพดีเยี่ยม
6-8 ☺☺☺	ดีมาก การดูแลสุขภาพของคุณอยู่ในเกณฑ์ที่ดี แต่ก็ยังมีบางส่วนที่คุณต้องพัฒนา ยิ่งขึ้นไปอีก ลองกลับไปดูซิว่ายังมีข้อใดที่คุณเลือก “บางครั้ง” หรือ “เกือบจะไม่เคย” แล้วลองคิดดูซิว่าคุณจะปรับปรุงพฤติกรรมของตนเองได้อย่างไรเพื่อจะทำให้คุณมีสุขภาพที่ดียิ่งขึ้น
3-5 ☺☺	คุณมีความเสี่ยงกับปัญหาด้านสุขภาพนะ! คุณควรได้รับข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อช่วยลดความเสี่ยง คุณควรศึกษาถึงสาเหตุที่ส่งผลต่อสุขภาพของคุณ บางทีคุณอาจจะต้องตั้งใจเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมบางอย่างเพื่อดูแลสุขภาพตนเอง
1-2 ☹	จากผลคะแนนของคุณ แสดงออกมาให้เห็นว่าพฤติกรรมของคุณอาจส่งผลกระทบต่อความเสี่ยงการมีปัญหาด้านสุขภาพ ถ้าคุณมีความปรารถนาที่จะปรับปรุงพฤติกรรมบางอย่างของคุณ คุณก็อาจสืบค้นหาข้อมูลจากแหล่งต่างๆ หรือปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านสุขภาพได้

มาสร้างสุขนิสัยที่ดี
เพื่อสุขภาพที่ดีของเรากันเถอะ



ใบความรู้ที่ 2 เรื่องระบบหัวใจและหลอดเลือด

1) ความดันซิสโตลิก และ ความดันไดแอสโตลิก (Systolic blood pressure & Diastolic pressure)

ความดันที่สูงสุดในหลอดเลือดอาร์เทอร์รี่ในช่วงที่หัวใจบีบเลือดส่งออกไปสู่ร่างกายเรียกว่า “ความดันซิสโตลิก (Systolic blood pressure)” ในช่วงที่หัวใจคลายตัวความดันในหลอดเลือดอาร์เทอร์รี่จะลดลงเรื่อย ๆ ความดันต่ำที่สุดอยู่ในช่วงที่หัวใจคลายตัวเรียกว่า “ความดันไดแอสโตลิก (Diastolic pressure)”

2) ความดันชีพจร (Pulse pressure)

ความดันชีพจร คือผลต่างของความดันซิสโตลิก และความดันไดแอสโตลิก เรียกว่า ความดันชีพจร

3) ค่าความดันเลือดแดงเฉลี่ย (Mean Arterial Pressure, MAP)

ความดันเลือดแดงเฉลี่ย คือค่าของความดันเลือดระหว่างความดันซิสโตลิกและความดันไดแอสโตลิก ซึ่งในรอบการทำงานของหัวใจ หัวใจห้องล่างจะใช้เวลาบีบตัวสั้นกว่าช่วงเวลาคายตัว ในการหาค่าของความดันเลือดแดงเฉลี่ยนั้นจะไม่สามารถคำนวณได้จากค่ากึ่งกลางระหว่างความดันซิสโตลิกและความดันไดแอสโตลิก ดังนั้นค่าความดันเลือดแดงเฉลี่ยจะหาค่าประมาณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{Mean Arterial Pressure} = \text{Diastolic Pressure} + 1/3 (\text{Systolic Pressure} - \text{Diastolic Pressure})$$

หรือ

$$\text{MAP} = \text{DP} + 1/3 (\text{SP} - \text{DP})$$



4) ค่าปกติของความดันเลือดในวัยหนุ่มสาว

ค่าปกติของความดันซิสโตลิกที่วัดที่บริเวณ Brachial artery ของคนในวัยหนุ่มสาวจะมีค่าประมาณ 120 มม.ปรอท และความดันไดแอสโตลิกประมาณ 80 มม.ปรอท (สำหรับคนไทยอาจต่ำกว่านี้ ประมาณ 10-15 มม.ปรอท)

5) ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความดันเลือดในภาวะปกติ

อายุ เพศ รูปร่าง ช่วงเวลาของวัน ระยะเวลาที่มีการย่อยอาหาร ภาวะการออกกำลังกาย ท่าทาง อารมณ์ เป็นต้น

6) การทำงานของหัวใจที่วัดจาก Cardiac Output

การทำงานของหัวใจจะวัดได้จากค่า Cardiac Output โดย Cardiac Output คือค่าที่บอกถึง ปริมาณของเลือดที่ออกจากหัวใจภายใน 1 นาที ซึ่งจะมากขึ้นขึ้นอยู่กับค่า Stroke Volume และ อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) โดย Stroke Volume คือ ปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกจากหัวใจ ห้องล่างซ้าย ต่อการบีบตัวของหัวใจ 1 ครั้ง ค่า Cardiac Output สามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{Cardiac Output} = \text{Heart Rate} \times \text{Stroke Volume}$$

7) ซีพจร (Arterial Pulse)

ซีพจร คือการเพิ่มแรงตึงตัวของผนังของหลอดเลือดแดง ซึ่งจะปรากฏพร้อมกับการเพิ่มความดันภายใน หลอดเลือด ซึ่งการเพิ่มแรงตึงตัวของผนังและการเพิ่มขึ้นของความดันภายในหลอดเลือดจะเป็นไปตาม จังหวะการหดตัวของหัวใจ คือจะเพิ่มขึ้นในช่วงที่หัวใจหดตัวและลดลงในช่วงคลายตัวของหัวใจ ดังนั้น ซีพจรจึงสัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจ



ลองใช้คำศัพท์ต่างๆในใบความรู้นี้ เพื่อหาข้อมูลเพิ่มเติม หรือสืบค้นในเวปไซต์ต่อไปนี้

1. <http://www.vachiraphuket.go.th/index.php?name=knowledge&file=reacknowledge&id=9>
2. <http://www.thaiheartclinic.com/PDF/BPmeasurement2.pdf>
3. <http://www.thaiheartclinic.com/>
4. <http://www.med.cmu.ac.th/hospital/nis/know/med/ht.ht>.
5. http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/os_9_2549_reduce-blood-pressure.pdf

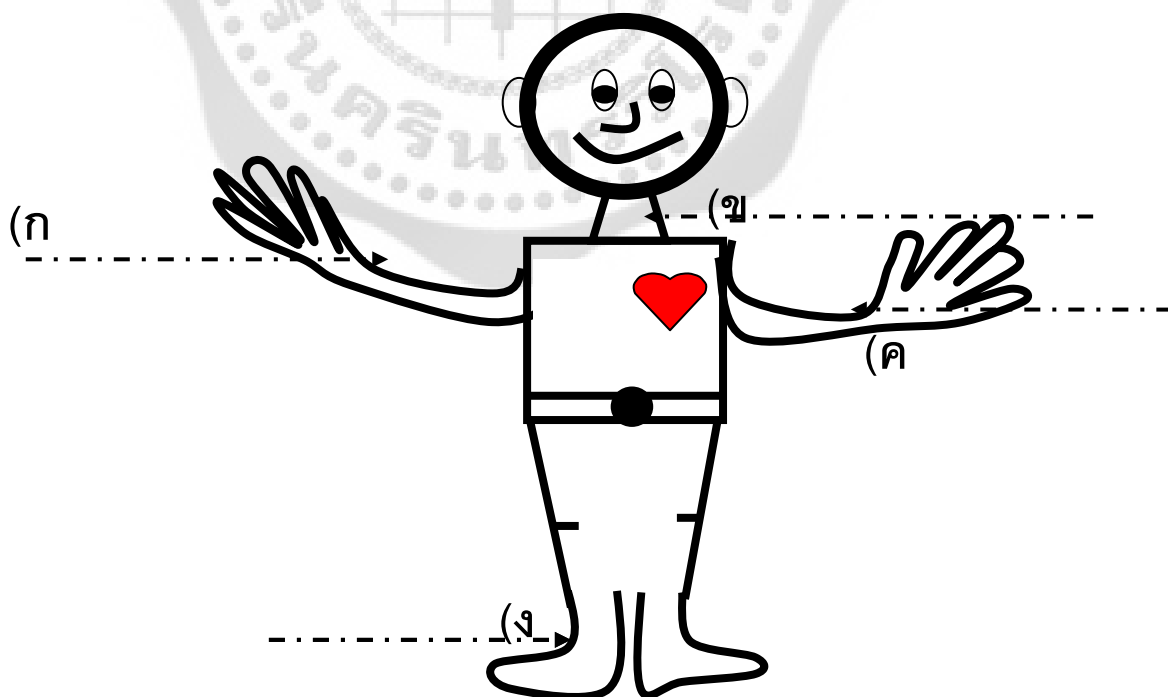
กิจกรรม ตอนที่ 2.1 เรื่องฝึกวัดการเต้นของชีพจร

วิธีดำเนินการกิจกรรม

1. นำนิ้วชี้และนิ้วกลางสัมผัสที่ข้อมือจนกระทั่งรู้สึกได้ถึงการเต้นของชีพจรและขณะวัดให้อยู่ในท่าสงบนิ่ง
2. นับจำนวนครั้งของการเต้นของชีพจรและบันทึกผลลงในตารางข้างล่าง

เวลาที่ใช้นับชีพจร (วินาที)	จำนวนครั้งของ การเต้นของชีพจร	คูณด้วย	อัตราการเต้นของ หัวใจต่อ 1 นาที	จำนวนครั้งในการ หายใจใน 1 นาที
60		X 1 =		
30		X 2 =		
15		X 4 =		
10		X 6 =		
6		X 10 =		

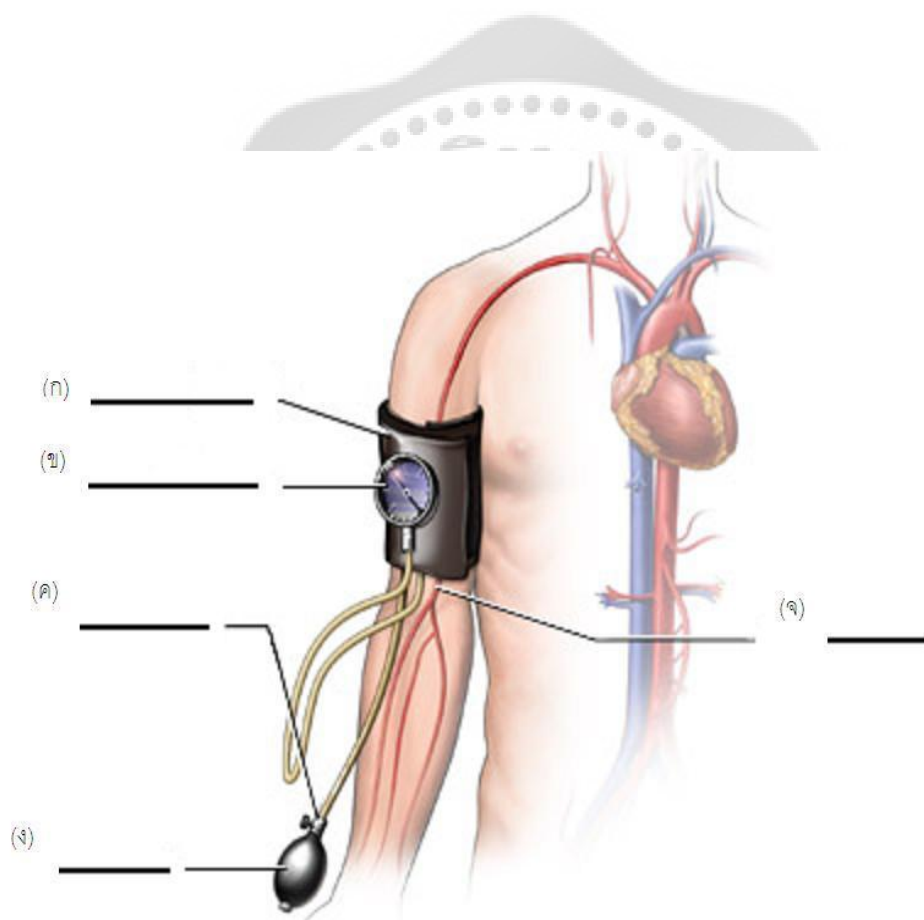
คำสั่ง จงระบุตำแหน่งที่ใช้วัดการเต้นของชีพจร ในรูปภาพข้อ ก-ง ให้สมบูรณ์



ตอนที่ 2.2 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นสำหรับการใช้เครื่องวัดความดันเลือด

วิธีดำเนินการกิจกรรม

1. ศึกษาวิธีใช้เครื่องวัดความดันเลือดจากคู่มือการใช้เครื่องวัดความดันเลือด
2. เติมคำลงในรูปภาพในข้อ ก-จ ให้สมบูรณ์เกี่ยวกับส่วนประกอบของเครื่องวัดความดันเลือดและตำแหน่งบนร่างกายที่เกี่ยวข้องกับการวัดความดันเลือดที่ถูกต้องวิธี



กิจกรรม ตอนที่ 2.3 เรื่องฝึกวัดความดันเลือด

วัตถุประสงค์

นำพิกัดจับเวลา เครื่องวัดความดันเลือด และ หูฟังของแพทย์

วิธีดำเนินการกิจกรรม

1. สมาชิกในกลุ่มหมุนเวียนกันเพื่อฝึกวัดความดันเลือด
2. บันทึกข้อมูลต่อไปนี้ลงในตาราง 1) อัตราการเต้นของหัวใจ 2) ความดันซิสโตลิก 3) ความดันไดแอสโตลิก 4) ค่าการเปลี่ยนแปลงความดันเลือดแดงเฉลี่ย (MAP) ที่ได้จากการคำนวณ และ 5) จำนวนครั้งในการหายใจใน 1 นาที

คำแนะนำ ควรนั่งพัก 1-2 นาที ก่อนการวัด

สูตรหาค่า Mean Arterial Pressure = Diastolic Pressure + 1/3 (Systolic Pressure – Diastolic Pressure)

หรือ

$$\text{MAP} = \text{DP} + 1/3 (\text{SP} - \text{DP})$$

รูปแบบการวัด	อัตราการเต้นของหัวใจใน 15 วินาที (x4)	ความดันซิสโตลิก	ความดันไดแอสโตลิก	การเปลี่ยนแปลงค่าความดันเลือดแดงเฉลี่ย (Mean Arterial Pressure)	จำนวนครั้งในการหายใจใน 1 นาที
1.ขณะพัก					

กิจกรรมตอนที่ 2.4 คำถามเพื่ออภิปรายท้ายกิจกรรม

1. เปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจของเพื่อน ๆ ในชั้นเรียนแล้ว แล้วอภิปรายว่า บัจจัยใดบ้างที่อาจส่งผลให้แต่ละบุคคลมีอัตราการเต้นของหัวใจที่ไม่เท่ากัน

.....

.....

.....

.....

2. ในขณะที่พักผู้มีน้ำหนักตัวประมาณ 50-60 กิโลกรัม จะมี Cardiac output ประมาณ 5 ลิตร/นาที ในขณะที่ผู้ที่มีน้ำหนักตัวประมาณ 70 กิโลกรัมจะมีค่าประมาณ 6 ลิตร/นาที จงคำนวณหาค่า Stroke volume ของตนเองว่า มีประมาณเท่าไร

.....

.....

.....

.....

กิจกรรม ตอนที่ 2.5 โครงการวิจัย

หลังจากศึกษาแล้วว่า การทำงานของระบบหายใจ และระบบหมุนเวียนเลือดของร่างกายมนุษย์นั้นมีปัจจัยต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกที่ส่งผลต่อการทำงานของร่างกาย

ท่านเคยสังเกตตนเอง หรือผู้คนรอบตัวหรือไม่ว่า มีพฤติกรรมและสุขนิสัยใดบ้างที่จะส่งผลต่อการทำงานของร่างกาย

ถ้ากลุ่มของท่านมีโอกาสเป็นคณะผู้วิจัยเกี่ยวกับสุขภาพของนักศึกษาในสถาบัน โดยท่านสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการนี้ได้ทุกชนิด (หรือหากต้องการสิ่งใดเพิ่มเติม ให้ปรึกษาอาจารย์ผู้สอน) ดังนั้น ขอให้สมาชิกในกลุ่มระดมความคิดและเขียนโครงการวิจัยเพื่อนำเสนอหน้าชั้น ก่อนการปฏิบัติตามแผนงานวิจัยต่อไป

ใบวางแผนโครงการวิจัย

1. ปัจจัยที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในงานวิจัยนี้คืออะไร (ตัวแปร)

.....

.....
2. จากคำตอบในข้อ 1 ปัจจัยใดที่กลุ่มของท่านเลือกที่จะเปลี่ยนแปลง (ตัวแปรต้น)

.....

.....
3. ปัจจัยหรือปรากฏการณ์ใดที่ท่านต้องการศึกษา (ตัวแปรตาม)

.....

.....
4. ปัจจัยใดบ้างที่ต้องควบคุมให้คงที่ทุกครั้งในการทดลอง (ตัวแปรควบคุม)

.....

.....
5. ท่านจะควบคุมให้ปัจจัยในข้อ 4 มีความคงที่ทุกครั้งในการทดลองได้อย่างไร

.....

.....
6. ปัจจัยที่ท่านเลือกในข้อ 2 จะส่งผลอย่างไรต่อปัจจัยที่ต้องการศึกษาในข้อ 3 (สมมติฐาน)

.....

.....
7. วิธีทดลอง

.....

.....

.....
8. จงคาดคะเนผลลัพธ์ที่คาดหวังและแสดงในรูปแบบของ ตาราง แผนภูมิ หรือ กราฟ
9. ปัญหา หรือ คำถาม ที่ยังต้องการข้อมูลเพิ่มเติมก่อนการลงมือทำโครงการนี้

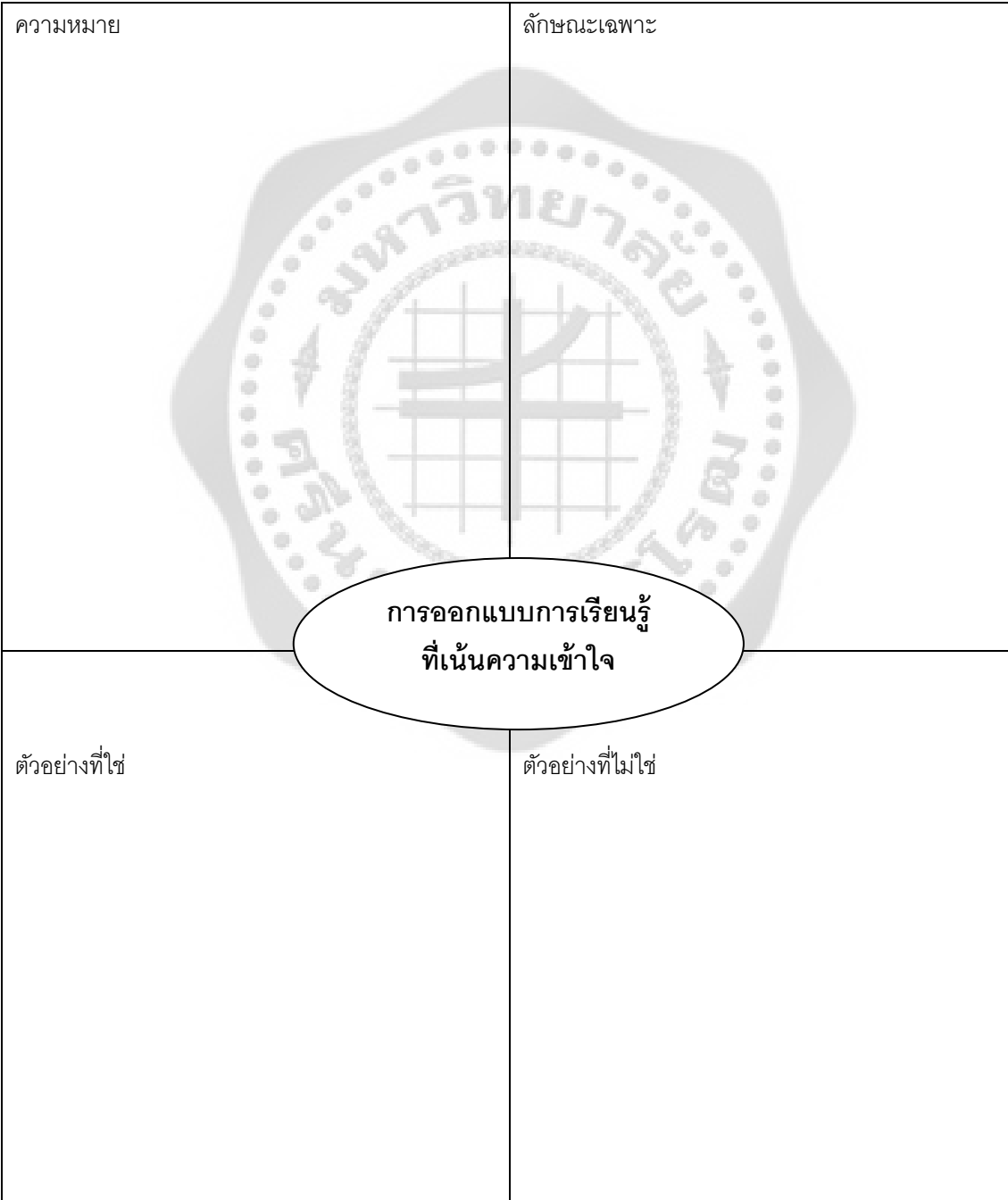
.....

.....

หน่วยที่ 5 การออกแบบการเรียนรู้ที่เน้นความเข้าใจ (UbD)

กิจกรรมที่ 5.1 เรื่องการออกแบบการเรียนรู้ที่เน้นความเข้าใจ

คำสั่ง จงเขียน 1) ความหมาย 2) ลักษณะเฉพาะ 3) ตัวอย่างที่ใช่ และ 4) ตัวอย่างที่ไม่ใช่รูปแบบของการออกแบบการเรียนรู้ที่เน้นความเข้าใจ ในแบบจำลองแฟรย์ (Frayer Model) ข้างล่างนี้

ความหมาย	ลักษณะเฉพาะ
	
ตัวอย่างที่ใช่	ตัวอย่างที่ไม่ใช่

กิจกรรมตอนที่ 5.2 เรื่อง การจัดการเรียนรู้แบบต่างๆ

คำสั่ง อ่านตัวอย่างสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วร่วมกันระดมความคิดภายในกลุ่มเพื่อวิเคราะห์ถึงประเด็นเกี่ยวกับหลักสูตรและการออกแบบการเรียนรู้เพื่อสร้างความเข้าใจ⁷

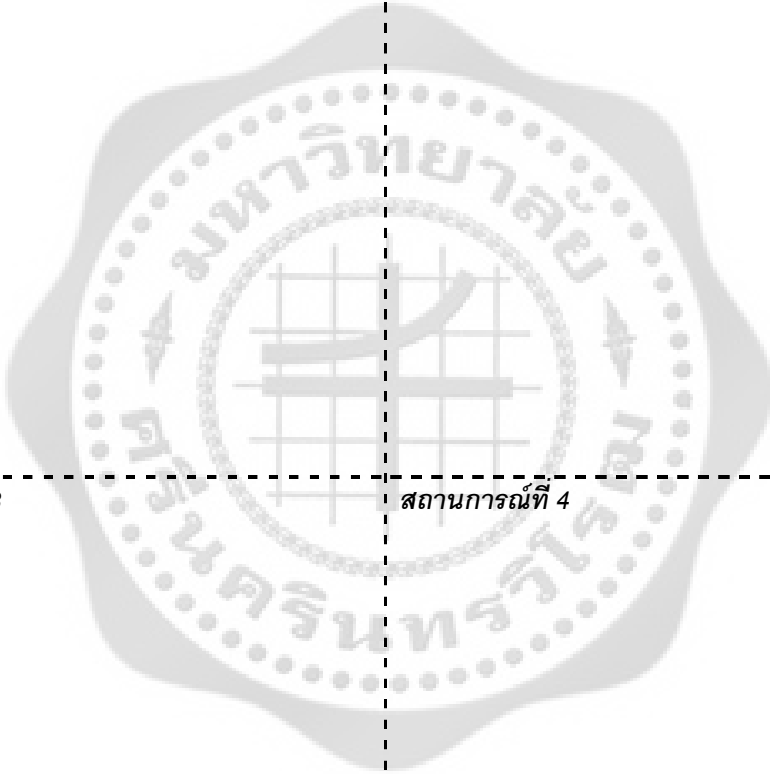
<p>สถานการณ์ที่ 1</p> <p>ในการประชุมปฏิบัติการเรื่อง “ความเข้าใจ” ครูมัธยมศึกษาคนหนึ่ง ได้จัดบันทึกว่า ตอนฉันเป็นนักเรียนมัธยมศึกษา ฉันมักจะนึกเสมอว่าสมองของฉันไม่ต่างอะไรจากที่พักระหว่างทางสำหรับข้อมูลที่ผ่านมา จากหูซ้ายออกหูขวา ฉันเป็นคนจำเก่งมาก จึงได้คะแนนเกียรตินิยม แต่ก็รู้สึกอายที่จะบอกว่า เพื่อนๆ ที่ไม่ค่อยสนใจ เรื่องคะแนนมักจะมีความเข้าใจในเนื้อหาสาระที่เรียนมากกว่าฉัน</p>	<p>สถานการณ์ที่ 2</p> <p>ในทุกภาคเรียนที่ 1 นักเรียน ม.1 จะได้เรียนหน่วยบูรณาการเรื่อง ไข้กับไข้ ทุกคนจะเรียนกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น อ่านนิทานเรื่องไข้กับไข้ ในวิชาภาษาไทย เรียนเรื่องพฤติกรรมสัตว์ในวิชาวิทยาศาสตร์ เรียนเรื่องการคำนวณเพื่อลงทุนในการทำเกษตรกรรมเลี้ยงไก่ไข่ ในวิชาคณิตศาสตร์ เรียนเรื่องการวาดภาพพร้อมบรรยายเรื่องราวที่สร้างสรรค์ ในวิชาภาษาอังกฤษและศิลปะ เรียนทำอาหารเมนูไข่ ในวิชาคหกรรม และยังไปกว่านั้นนักเรียนยังได้ไปเที่ยวฟาร์มเลี้ยงไก่ และร่วมกันจัดงานเฉลิมฉลอง โดยนำผลงานที่ได้เรียนรู้ในกลุ่มสาระต่างๆ มานำเสนอ</p>
<p>สถานการณ์ที่ 3</p> <p>ข้อสอบในการประเมินผลระดับชาติสำหรับนักเรียน ม.๒ ตั้งใจท้ยว่า “จะต้องใช้รถเมล์กี่คันจึงจะเพียงพอที่จะบรรทุกทหารจำนวน ๑,๑๒๔ คน หากคันหนึ่งบรรทุกได้ ๓๖ คน” นักเรียนเกือบ หนึ่งในสาม จะตอบว่า ๓๑ คัน และเหลืออีก ๑๒ คน</p>	<p>สถานการณ์ที่ 4</p> <p>ใกล้จะปิดเทอมแล้ว ครูสอนประวัติศาสตร์รู้สึกเป็นกังวลที่ยังเหลือเนื้อหาในวิชาประวัติศาสตร์โลกอีกมากมาย จึงต้องตัดสินใจเพิ่มความเร็วในการสอนเป็นวันละ ๔๐ หน้า เพื่อให้สามารถครอบคลุมเนื้อหาทั้งการสอบปลายเทอม และต้องตัดสินใจตัดกิจกรรมที่ดีๆ ออกหลายกิจกรรม เช่น การจำลองสถานการณ์ การอภิปรายที่องค์การสหประชาชาติ</p>

⁷ ดัดแปลงจาก Wiggins and McTighe (2005)

ระดมความคิด

คำสั่ง บันทึกผลการระดมความคิดและการวิเคราะห์ต่อสถานการณ์ที่ 1- 4 ที่กำหนดให้

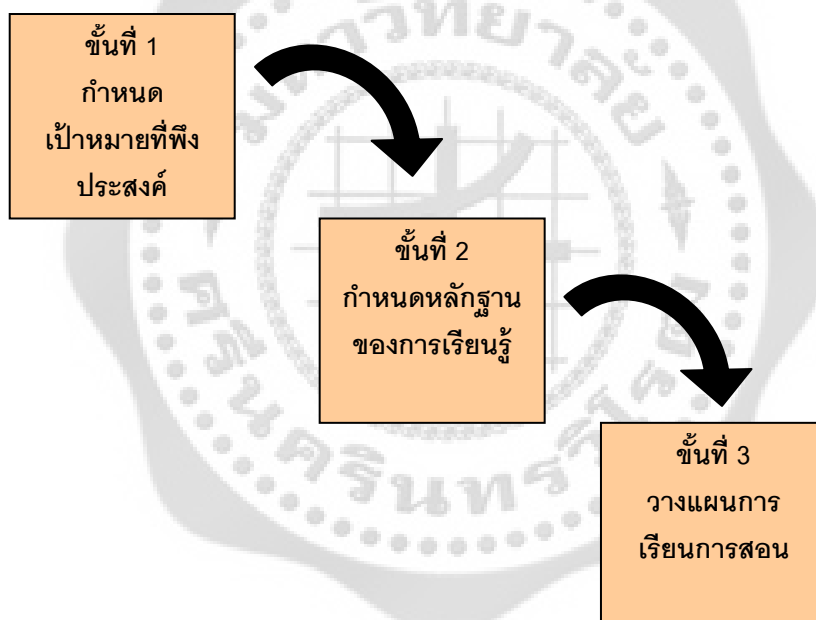
สถานการณ์ที่ 1	สถานการณ์ที่ 2
สถานการณ์ที่ 3	สถานการณ์ที่ 4



การออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Backward Design)

การวางแผนเพื่อออกแบบการจัดการเรียนรู้ถือว่าเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในการจัดการเรียนการสอนของครูในทุกระดับชั้น โดยทั่วไปครูจะเลือกใช้วิธีการสอนด้วยการพิจารณาถึงกิจกรรมที่น่าสนใจ โดยมีได้คำนึงถึงวัตถุประสงค์สำคัญที่ต้องการให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังพบว่าการวัดและการประเมินผลจะเป็นการเน้นการวัดผลของความรู้ของนักเรียนเป็นหลัก ซึ่งบ่อยครั้งสิ่งที่ครูวัดและประเมินผลของนักเรียนไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และกิจกรรมที่ได้จัดให้แก่ นักเรียน

การออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ หรือ Backward design เป็นหลักการหนึ่งที่ McTighe และ Wiggins (2004) ได้เสนอไว้ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะช่วยให้ผู้สอนได้ใช้กระบวนการคิดแบบย้อนกลับในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ (Lesson Plan) ขั้นตอนในการออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ

ที่มา Wiggins and McTighe (2005): 18, Understanding by Design 2nd Edition

ขั้นตอนการออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Backward Design)

ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมายที่พึงประสงค์

ครูผู้สอนรายวิชาเดียวกันควรร่วมกันระดมสมอง เพื่อกำหนดจุดประสงค์ของการเรียนรู้ในรายวิชาหรือบทเรียนนั้นๆ โดยผู้สอนควรพิจารณาถึงสิ่งที่คาดหวังให้นักเรียนรู้ ให้นักเรียนเป็น ปฏิบัติได้และนำไปใช้ได้ไม่เพียงแต่หลังการเรียนในห้องเรียนเท่านั้น แต่ควรคำนึงถึงสิ่งที่คาดหวังให้นักเรียนรู้ ให้นักเรียนเป็น ปฏิบัติได้ และนำไปใช้ได้ ในอนาคต 10 ปี 20 ปี หรือ 40 ปีข้างหน้าด้วย โดยการศึกษาจากหลักสูตรและมาตรฐานการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 2 กำหนดหลักฐานของการเรียนรู้

ก่อนการดำเนินการวางแผนกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้สอนควรพิจารณาถึงหลักฐานที่เป็นรูปธรรมที่แสดงออกถึงการเรียนรู้ตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ในขั้นที่ 1 ทั้งภาคปฏิบัติและภาคทฤษฎี

ขั้นที่ 3 วางแผนการเรียนการสอน

เมื่อมีการกำหนดจุดประสงค์ที่ชัดเจนและมีการพิจารณาถึงหลักฐานการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรมแล้ว ก็จะเข้าสู่ขั้นตอนการวางแผนการเรียนการสอน โดย McTighe และ Wiggins (2004) ได้เสนอแนวคิดประกอบการพิจารณาการวางแผนกิจกรรมที่เรียกว่า W H E R E TO (WHERE แปลว่า ที่ไหน, TO แปลว่า ถึง) ความหมายของแต่ละตัวอักษรได้อธิบายไว้ใน **แบบแผนเพื่อออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ** ต่อไปนี้ (ชุดก 1 และ 2)



ชุด ก1: ตัวอย่าง แบบฟอร์มการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Backward Design)⁸

ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมาย มาตรฐานการเรียนรู้	
กำหนดจุดประสงค์ (Goals) : กำหนดจุดประสงค์โดยทบทวนจาก มาตรฐานการจัดการเรียนรู้ วัตถุประสงค์ของหลักสูตร เป็นต้น	
ด้านความเข้าใจ: นักเรียนจะมีความเข้าใจเกี่ยวกับ <ul style="list-style-type: none"> • ประเด็นสำคัญของเรื่องที่เรียน • ประเด็นหลักที่นักเรียนจำเป็นต้องมีความเข้าใจ • ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นกับนักเรียน 	คำถามที่สำคัญ (Essential Questions) : <ul style="list-style-type: none"> • คำถามที่ช่วยให้นักเรียนใช้กระบวนการคิด และพัฒนาความอยากรู้อยากเห็นในการเรียนรู้
นักเรียนจะได้เรียนรู้ว่า : 1. ความรู้และทักษะใดที่นักเรียนจะได้รับเมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้นี้ 2. ผลลัพธ์ด้านความรู้และทักษะใด ที่นักเรียนควรจะสามารถทำได้หลังจากได้เรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้นี้	
ขั้นที่ 2 กำหนดหลักฐานการเรียนรู้	
หลักฐานการปฏิบัติ (Performance Tasks) : <ul style="list-style-type: none"> • การประเมินตามสภาพจริงจากการทำงานของนักเรียนที่แสดงออกถึงความเข้าใจตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ • เกณฑ์อะไรที่จะใช้ประเมินการปฏิบัติที่แสดงออกถึงความเข้าใจ 	เครื่องมือที่ใช้ประเมินหลักฐานการเรียนรู้: <ul style="list-style-type: none"> • มีหลักฐานอื่นใดอีกบ้างที่แสดงออกถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียนที่กำหนดไว้ในจุดประสงค์ (เช่น แบบทดสอบแบบสังเกตการณ์ การบ้าน หรือการเขียนบันทึกของนักเรียน) • มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนผลงานหรือประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองอย่างไร
ขั้นที่ 3 ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้	
กิจกรรมการเรียนรู้: WHERETO มีการจัดการเรียนรู้อย่างไรที่จะช่วยให้นักเรียนบรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ได้ โดยใช้แนวคิดต่อไปนี้ W = Where และ What หมายถึง การช่วยให้นักเรียนทราบว่ามีจัดการเรียนรู้ไปในทิศทางใด มีผลการเรียนรู้ที่คาดหวังว่าอย่างไร และเป็นการช่วยให้นักเรียนมีความรู้ที่จุดใดก่อนเริ่มบทเรียน	

⁸ ที่มา Wiggins and McTighe (2005)

H = Hook หมายถึง การสร้างหรือกระตุ้นความสนใจของนักเรียน

E = Equip students หมายถึง การช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ (Experiences) ที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดหลัก (key ideas) และได้สืบเสาะ (Explore) ประเด็นปัญหาต่างๆ (issues) ที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดหลัก

R = Rethink และ Revise หมายถึง มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดพิจารณา ทบทวน ความรู้ความเข้าใจจากชิ้นงานต่างๆที่นักเรียนทำ

E = Evaluate หมายถึง มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประเมินผลงานของ

T = Be Tailored หมายถึง การออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้เหมือนการตัดเสื้อ เพราะจะต้องออกแบบให้ได้ตามความต้องการ ความสนใจ และความสามารถที่แตกต่างตามความสามารถในการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล

O = Be Organized หมายถึง มีการจัดการที่ดีเพื่อการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล



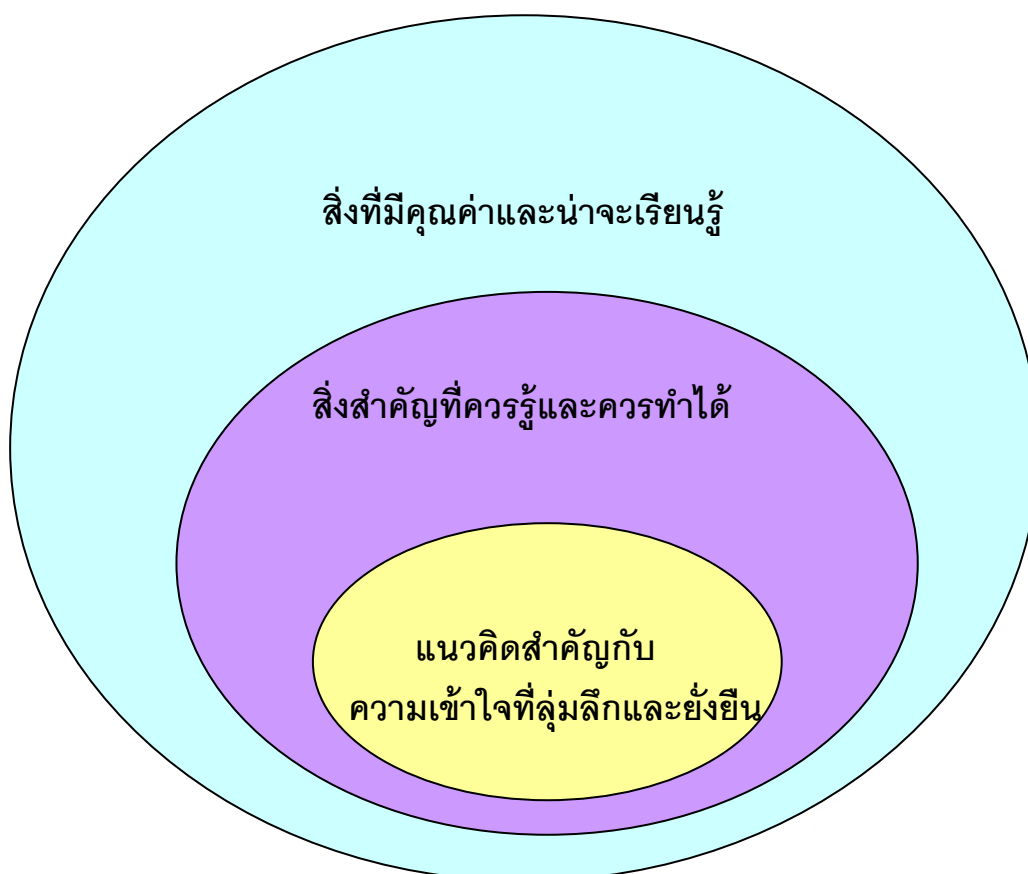
ชุด ก2: แบบฟอร์ม การออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Backward Design)⁹

ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมาย มาตรฐานการเรียนรู้	
กำหนดจุดประสงค์ (Goals) : สาระที่ มาตรฐาน สาระการเรียนรู้แกนกลาง	
ด้านความเข้าใจ: นักเรียนจะมีความเข้าใจเกี่ยวกับ....	คำถามที่สำคัญ (Essential Questions) :
นักเรียนจะได้เรียนรู้ว่า...	นักเรียนจะสามารถปฏิบัติ...
ขั้นที่ 2 กำหนดหลักฐานการเรียนรู้	
หลักฐานการปฏิบัติ (Performance Tasks) :	เครื่องมือที่ใช้ประเมินหลักฐานการเรียนรู้:
ขั้นที่ 3 ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้	
กิจกรรมการเรียนรู้: WHERETO มีการจัดการเรียนรู้อย่างไรที่จะช่วยให้นักเรียนบรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ได้ โดยใช้แนวคิดต่อไปนี้	

⁹ ที่มา Wiggins and McTighe (2005)

การออกแบบการจัดการเรียนรู้เน้นความเข้าใจ

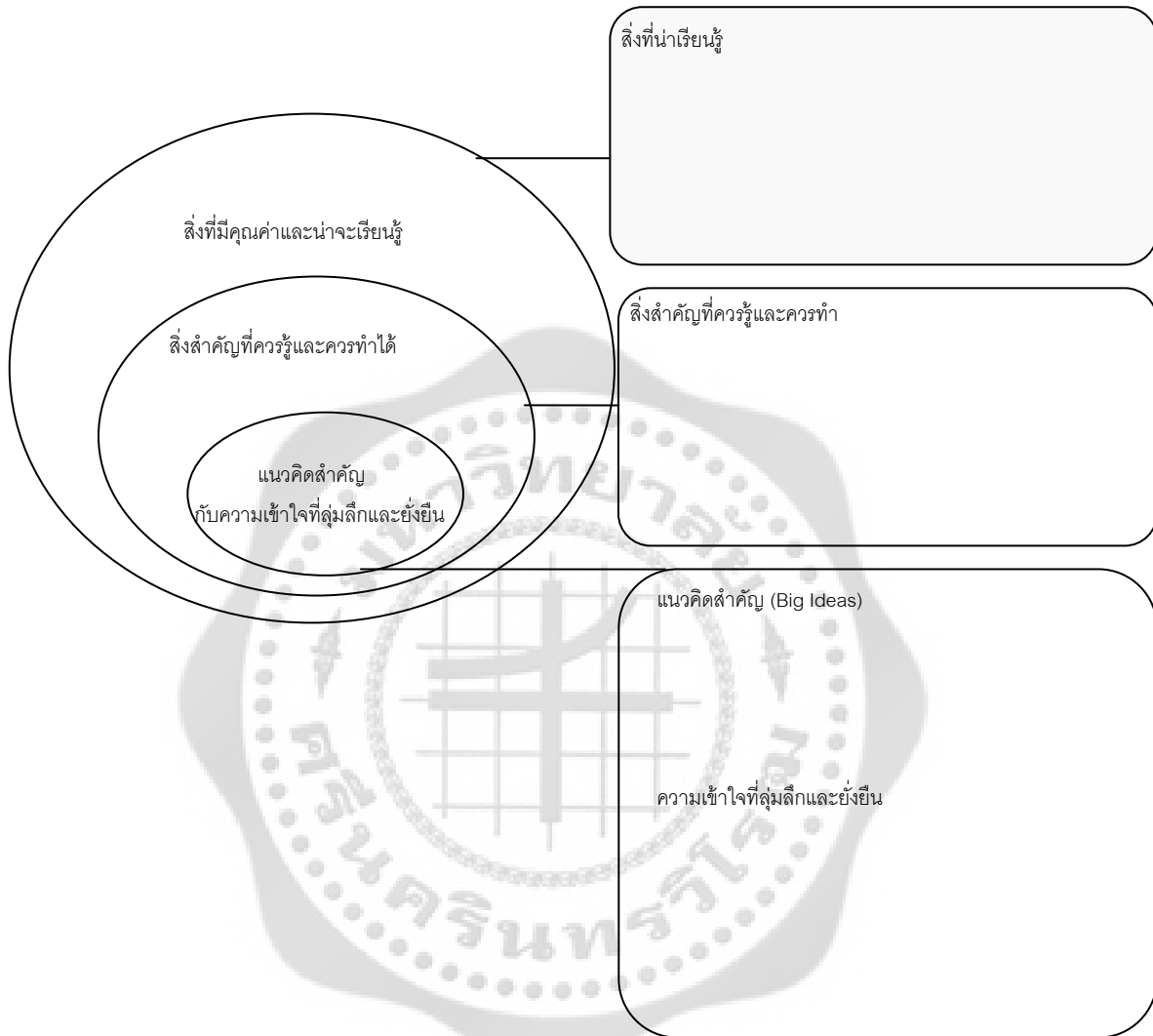
ชุด ข1: การจัดลำดับความสำคัญของสาระหลักสูตร



รูปที่ 2 การจัดลำดับความสำคัญของสาระหลักสูตร

ที่มา: การพัฒนาการคิด: การออกแบบการเรียนรู้ตามแนว Backward Design

ชุด ข2 แบบฝึกหัด การจัดลำดับความสำคัญของสาระหลักสูตร



บันทึก

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

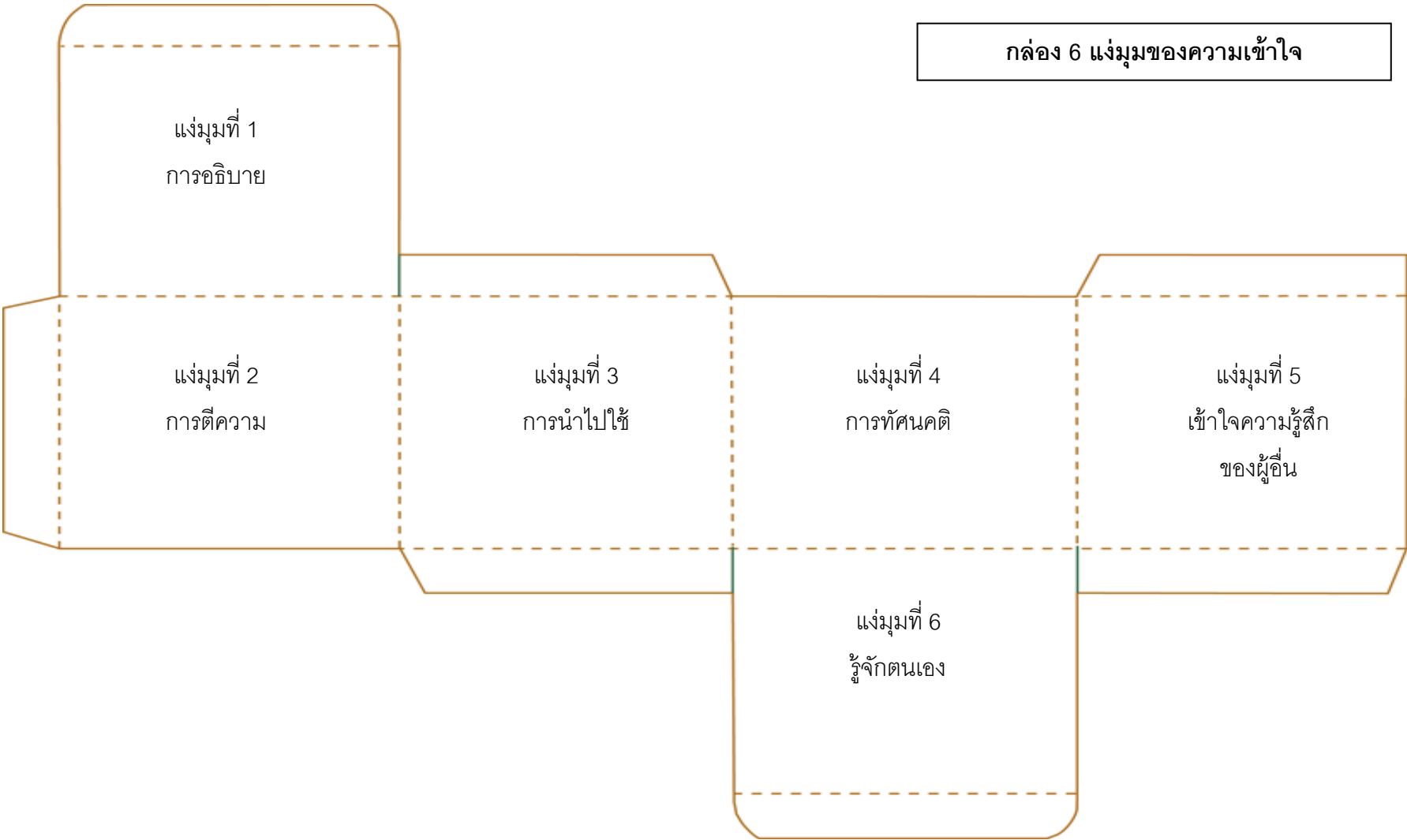
ชุด ค: 6 แง่มุมของความเข้าใจ¹⁰

คำสั่ง จงจับคู่ความหมายของแต่ละแง่มุมที่กำหนดให้

<p>แง่มุมที่ 1-การอธิบาย (Explanation) คู่กับ....</p>	<p>ก. ความสามารถในการใช้ความรู้ที่มีประสิทธิภาพเมื่อต้องเผชิญหน้าต่อสถานการณ์และบริบทที่ต่างจากเดิม มีการตอบคำถามว่า จะนำความรู้ ทักษะ หรือกระบวนการที่ศึกษาไปใช้ในสถานการณ์อื่นใดได้บ้างและอย่างไร จะมีการปรับเปลี่ยนสิ่งที่กำลังศึกษาไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆได้อย่างไร</p>
<p>แง่มุมที่ 2- การตีความ (Interpretation) คู่กับ....</p>	<p>ข. มีการใช้ความคิดวิจารณ์ญาณ แสดงออกถึงแนวคิดที่ลึกซึ้ง ไม่ว่าจะเป็นเป็นแนวคิดจากของตนเองหรือผู้อื่น สามารถแสดงออกถึงเหตุผลที่ทำให้เลือกตัดสินใจแนวคิดนั้นๆ มีหลักฐาน มีเหตุผลวิเคราะห์ถึงจุดเด่น จุดด้อยของแนวคิดที่ต่างกัน วิเคราะห์ข้อจำกัดของแนวคิด เสนอแนวทางใหม่ในการแสดงออกต่อแนวคิดนั้นๆ</p>
<p>แง่มุมที่ 3- การนำไปใช้ (Application) คู่กับ....</p>	<p>ค. มีการเลือกใช้ทฤษฎีในการบรรยายอย่างละเอียดและเหมาะสมในการแสดงถึงแนวคิด การตัดสินใจ หรือความรู้ต่อสิ่งที่กำลังศึกษา โดยสามารถตอบคำถามเช่น ทำไมถึงเป็นเช่นนั้น สิ่งที่ศึกษาส่งผลกระทบต่อสิ่งใด จะมีการพิสูจน์ได้อย่างไรว่าสิ่งที่กล่าวถึงนั้นเป็นจริง</p>
<p>แง่มุมที่ 4- ทิศนคติ (Perspective) คู่กับ....</p>	<p>ง. แสดงออกถึงความสามารถในการหยั่งรู้ความรู้สึก นึกคิดของผู้อื่น สามารถตอบคำถามเช่น ตนเองมีความคิดเห็นต่อสิ่งที่ศึกษาในรูปแบบใด รวมทั้งเสนอได้ว่าอะไรที่ผู้อื่นมองเห็นแต่ตนเองไม่เห็น สามารถตอบตนเองได้ว่ามีความต้องการประสบการณ์ด้านใดเพิ่มเพื่อให้เข้าใจสิ่งนั้นๆ และสามารถเข้าถึงสิ่งที่ผู้อื่นแสดงออกมาว่า ต้องการสื่อสารอะไรให้ตนเองรู้สึก เห็น หรือ พยายามทำอะไร</p>
<p>แง่มุมที่ 5- เข้าใจความรู้สึกของผู้อื่น (Empathy) คู่กับ....</p>	<p>จ. ความสามารถในการรับรู้ของตนเอง โดยจะตอบคำถามเช่น คนอย่างฉันจะแสดงความคิดเห็นอย่างไร สิ่งใดคือข้อจำกัดของการทำความเข้าใจต่อสิ่งที่ศึกษา รู้จุดบอดของตนเอง รู้ถึงสิ่งที่เป็นอุปสรรคในการขัดขวางการเรียนรู้ของตน รู้จักกลยุทธ์และวิธีการเรียนรู้ที่ดีที่สุดและเหมาะสมกับรูปแบบการเรียนรู้ของตนเอง</p>
<p>แง่มุมที่ 6- รู้จักตนเอง (Self-Knowledge) คู่กับ....</p>	<p>ฉ. มีการเล่าเรื่อง แปลความ เปรียบเปรย ใช้ศิลปะในการบรรยายอย่างมีความหมายมีการตอบคำถามเช่น สิ่งที่ศึกษานั้นหมายความว่าอะไร ทำไมถึงสำคัญ สิ่งนั้นสะท้อนถึงสิ่งที่เราเป็นอย่างไร เกี่ยวข้องอย่างไรกับชีวิตเรา</p>

¹⁰ ดัดแปลงจาก Wiggins and McTighe (2005)

กล่อง 6 แง่มุมของความเข้าใจ

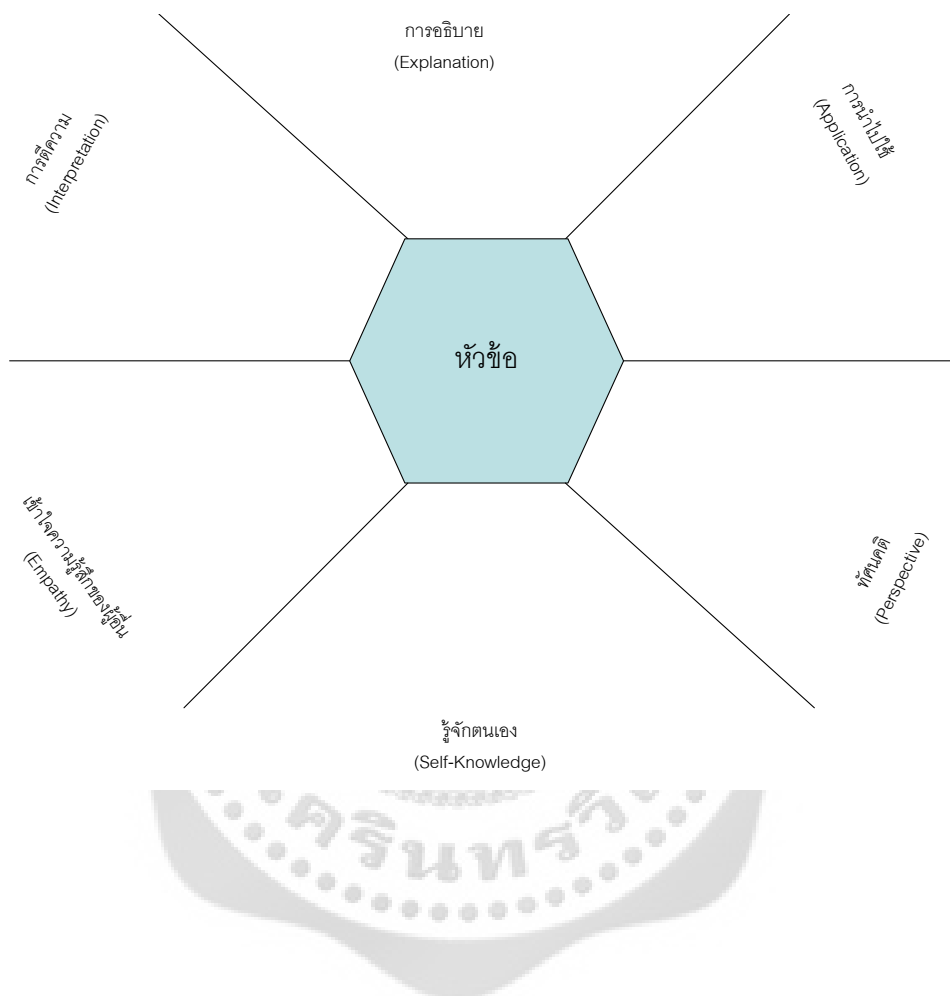


ตัวอย่างแนวคำถามที่แสดงถึงความเข้าใจในแต่ละแง่มุม

<p>การอธิบาย (Explanation)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - อะไรคือแนวคิดสำคัญของเรื่อง..... - จงยกตัวอย่างของ..... - อะไรคือคุณลักษณะและส่วนประกอบของ..... - อะไรคือสาเหตุของ..... อะไรคือผลที่ได้รับจาก..... - เราจะพิสูจน์ ตรวจสอบ หรือตัดสิน..... ได้อย่างไร - มีความเกี่ยวข้องกับ..... อย่างไร - อะไรจะเกิดขึ้นถ้า..... - อะไรคือสิ่งที่คนส่วนใหญ่เข้าใจคลาดเคลื่อนในเรื่อง..... - เรื่อง..... เกิดขึ้นได้อย่างไร และทำไมถึงเป็นเช่นนั้น
<p>การตีความ (Interpretation)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - อะไรคือความหมายของ..... - จงบอกถึงการนำไปใช้ของ..... - ช่วยทำให้ทราบถึง..... - เหมือนดัง..... อย่างไร(เปรียบเทียบ) - มีความเกี่ยวข้องกับเราอย่างไร - มีประโยชน์อย่างไร ทำไมจึงสำคัญ
<p>การนำไปใช้ (Application)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - นำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างไร - ช่วยให้เรา..... ได้อย่างไร - เราจะใช้..... อย่างไรเพื่อให้ผ่านอุปสรรค..... นี้ได้ - เราจะใช้ความรู้และกระบวนการของ..... นี้ได้เมื่อไหร่และอย่างไร
<p>ทัศนคติ (Perspective)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - มีทัศนคติที่แตกต่างกันในแง่มุมใดบ้าง - แตกต่างจากทัศนคติของ..... อย่างไร - เหมือนหรือแตกต่างจาก..... อย่างไร - จงบอกปฏิกิริยาที่อาจเกิดขึ้นจากทัศนคติที่ว่า..... - อะไรคือจุดเด่นหรือจุดด้อยของ..... - อะไรคือข้อจำกัดของ..... - จงแสดงหลักฐานของ..... - หลักฐานที่แสดงนั้นเชื่อถือได้ หรือเพียงพอหรือไม่
<p>เข้าใจความรู้สึกของผู้อื่น (Empathy)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - คุณคิดว่าจะเป็นอย่างไรถ้าคุณเป็น..... - คุณรู้สึกอย่างไรเกี่ยวกับ..... - เราจะทำอย่างไรเพื่อที่จะได้เข้าใจเกี่ยวกับ..... - คุณคิดว่า..... กำลังพยายามทำให้พวกเราารู้สึกหรือเห็นถึงอะไร
<p>รู้จักตนเอง (Self-Knowledge)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - เรา..... ได้อย่างไร - อะไรคือข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในการเรียนรู้เรื่อง..... ของฉัน - ฉันจะแสดงออกถึง..... ได้ดีที่สุดโดยการ..... - ความคิดเห็นของฉันมีรากฐานมาจาก..... (ประสบการณ์ ลักษณะนิสัย พฤติกรรม) - ฉันมีจุดเด่นและจุดด้อยในตัวได้แก่.....

ระดมสมอง: แนวคิดสำหรับการประเมินเพื่อความเข้าใจทั้ง 6 แง่มุม

คำสั่ง จงร่วมกันเสนอแนวคิดเพื่อใช้ในการประเมินเพื่อความเข้าใจในแง่มุมทั้ง 6



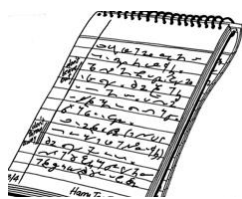
ตัวอย่าง รูปแบบผลงานและการแสดงออกของนักเรียน

การเขียน	✓	ปากเปล่า	✓	ทางการมองเห็น	✓
โฆษณา		บันทึกเทป		ทำโฆษณา	
ชีวประวัติ		สนทนา		เล่นละคร	
รายงาน		ได้อวาทิ		วาดรูป	
แผ่นพับ		อภิปราย		แผนที่	
บทความ		สัมภาษณ์		กราฟ	
บันทึกผลการทดลอง		นำเสนอปากเปล่า		ภาพถ่าย	
รายงานการทดลอง		อ่านบทกลอน		แบบสอบถาม	
จดหมาย		แสดง		วีดิทัศน์	
สมุดบันทึก		บทวิทยุ		เว็บไซต์	
หนังสือพิมพ์		ร้องเพลง		ออกแบบ	
บทละคร		สุนทรพจน์		นำเสนอข้อมูล	
บทกลอน		สอนหน้าชั้น		ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	
เค้าโครง		อื่นๆ		อื่นๆ	
รายงานการวิจัย					
ข้อสอบ					
เว็บไซต์					

รูบริคสำหรับการประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based)

1. รูบริคประเมินการนำเสนอเค้าโครงงานวิจัยปากเปล่า
2. รูบริคประเมินการเขียนเค้าโครงโครงการวิจัย
3. รูบริคประเมินการนำเสนอผลโครงการวิจัยปากเปล่า
4. รูบริคประเมินการเขียนรายงานผลโครงการวิจัย
5. รูบริคประเมินโปสเตอร์โครงการวิจัย
6. รูบริคประเมินการทำงานของผู้เข้าร่วมกลุ่ม

*หมายเหตุ ให้ผู้เข้าอบรมศึกษาได้จากคู่มือการเขียนและการนำเสนอรายงาน



การทำสมุดบันทึกการทดลองที่ดี

การจดบันทึก เป็นการฝึกนิสัยการทำงานที่ดีของนักวิทยาศาสตร์ เพราะในวันหนึ่งๆ เราอาจต้องคิด ต้องทำสิ่งต่างๆ มากมาย จึงอาจทำให้หลงลืมสิ่งต่างๆ ที่เราคิดหรือทำไว้ได้ ดังนั้นหากเรามีการจดบันทึกอย่างเป็นระบบเป็นประจำ ก็จะช่วยให้เราสามารถกลับมาทบทวนสิ่งที่ทำหรือคิดไว้ได้ แม้เวลาจะผ่านไปนานแล้วก็ตาม

การทำสมุดบันทึกช่วยพัฒนาตนเองได้ในหลายๆ ด้าน ได้แก่

1. พัฒนาทักษะด้านการสังเกต
2. พัฒนาความสามารถด้านการจัดเก็บและจัดกระทำข้อมูล
3. พัฒนาความสามารถในการจัดการและติดตามการพัฒนาแนวคิดของตนเอง
4. ช่วยทบทวนขั้นตอนการปฏิบัติงานต่างๆ ได้

สมุดบันทึกควรประกอบด้วย

1. วัน เวลาที่ปฏิบัติ
2. จุดประสงค์
3. บันทึกกระบวนการทำงานและวัสดุ อุปกรณ์
4. ผู้เก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละครั้ง
5. ผลการวิเคราะห์ สถิติ กราฟ รูปภาพ (อาจตัดมาจากการพิมพ์ในคอมพิวเตอร์)
6. คำถาม ปัญหาวิจัย สมมติฐาน แนวคิด การสังเกต รูปภาพ
7. เอกสารอ้างอิง
8. ข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง



10 สิ่งควรรู้ในการทำโครงการ

ในการทำโครงการ¹¹ สมาชิกในกลุ่มอาจประสบกับปัญหาในทุกขั้นตอนของการปฏิบัติ โดยเฉพาะช่วงแรกๆ กล่าวคือสมาชิกต้องตัดสินใจร่วมกันว่าจะเลือกทำอะไรดี เพราะในการวางแผนโครงการนั้น เราจำเป็นต้องคิดและเขียนออกมาให้ได้คร่าวๆก่อนว่า อะไรคือประเด็นหลักที่สนใจ และมีวิธีการดำเนินการอย่างไร ดังนั้นในช่วงแรกของการฝึกหัด ผู้วิจัยอาจรู้สึกที่เราไม่มีความรู้พอ หรือรู้เพียงน้อยนิด ทำให้คิดไม่ออกว่าจะทำอะไรดี ดังนั้นข้อมูลต่อไปนี้จะ เป็น 10 ข้อคิดเพื่อทำความเข้าใจธรรมชาติของการทำโครงการว่าเป็นอย่างไร

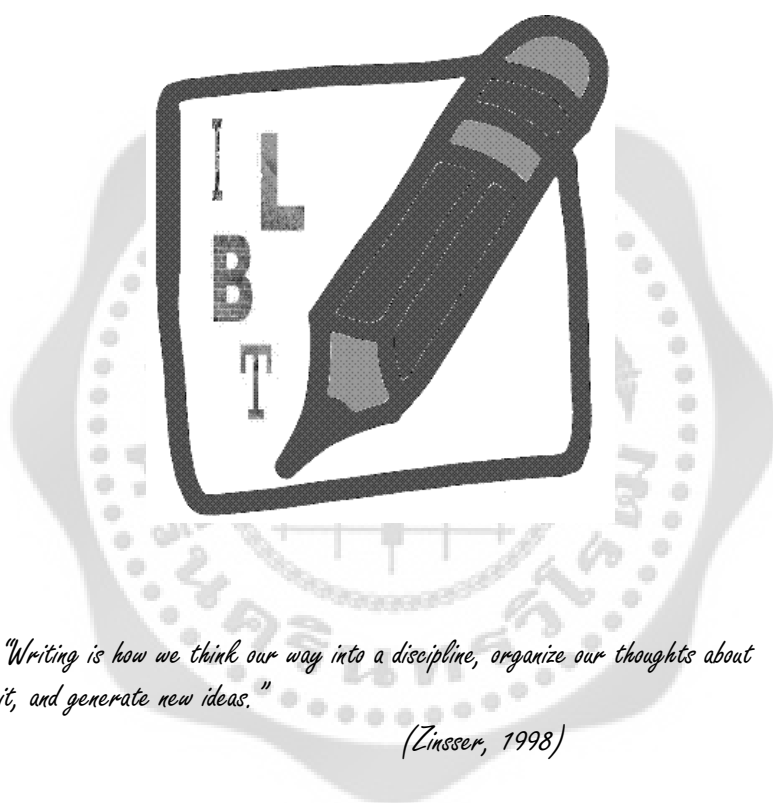
1. **สิ้นสุดไม่มี** ถึงแม้ว่าเราจะกำหนดปัญหาและได้วิธีการทดลองแล้วก็ตาม แต่ในขั้นตอนการปฏิบัติจริง เราอาจจำเป็นต้องปรับหรือเปลี่ยนในบางส่วน บางครั้งอาจปรับมาก บางครั้งอาจปรับน้อย ซึ่งเป็นเรื่องธรรมดาที่เกิดขึ้นได้ ไม่ว่าจะเป็นการวิจัยในระดับใด
2. **หาแผน B ไว้ก่อน** สมาชิกในกลุ่มควรพิจารณาถึงทางเลือกอื่นๆสำรองไว้บ้าง เพราะหาก แผน A ของเราไม่ได้ผล เราก็จะมี แผน B เตรียมรอไว้ ดังนั้นในช่วงต้นๆของการปฏิบัติ เราอาจต้องลองทำการทดลองมากกว่าหนึ่งการทดลองขนานกันไปเพื่อดูแนวโน้มของแต่ละวิธีการก็ได้
3. **อย่าใจร้อนหยุดหืด** สมาชิกในกลุ่มอาจเริ่มรู้สึกท้อใจ เมื่อพบว่าได้ระดมสมองกันแล้ว แต่ยังไม่ได้ข้อตกลงร่วมกัน เมื่อเกิดเหตุการณ์แบบนี้ ขอให้ทุกคนให้กำลังใจกัน อย่าหยุดหืด เพราะในการคิดหรือทำโครงการ บางครั้งเราอาจต้องใช้เวลามากกว่าที่เราคิดว่าเราพยายามแล้ว เพื่อจะให้ได้มาซึ่งปัญหาที่น่าสนใจและมีประโยชน์ที่ตั้งใจ
4. **อย่าคิดสะเปะสะปะ** ในการทำโครงการ เมื่อเราคิดหรือจะทำอะไรก็อาจพบว่ามีผู้อื่นได้ลงมือทำไว้เกือบหมดแล้ว ดังนั้นเราอาจศึกษาและเรียนรู้จากสิ่งที่ผู้อื่นได้ทำไว้ก่อน เพราะธรรมชาติของการทำวิจัยนั้นคือการทำงานที่สานต่อจากผู้อื่นตามข้อเสนอแนะในตอนท้ายของงานวิจัยในอดีต
5. **จงมานะขีดเขียน** การเขียนช่วยให้ผู้วิจัยได้แสดงออกถึงความคิดของตน เพราะก่อนที่จะลงมือเขียนนั้น เราต้องประมวลความคิดก่อน ดังนั้น ผู้วิจัยควรฝึกเขียนความคิดลงไปก่อนที่จะพูดหรือนำเสนอแก่ผู้อื่น
6. **หมุนเวียนเปลี่ยนกันอ่าน** ในช่วงการเขียนโครงร่างแนวคิดเพื่อวางแผนโครงการ เราอาจพบว่า มีหลายสิ่งหลายอย่างที่เราน่าสนใจและอยากทำ ดังนั้นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน จะช่วยให้เราได้รับฟังมุมมองของผู้อื่นในบางมุมมองที่เราอาจคิดไม่ถึงก็ได้

¹¹ ดัดแปลงจาก Harris (2008)

7. **เดินข้ามผ่านภูเขา** ถึงแม้ว่าเราจะตัดสินใจเลือกปัญหาวิจัยและวิธีการทดลองแล้ว เราก็อาจจะพบว่า เรายังต้องมีเรื่องต้องคิด ต้องตัดสินใจต่อไปเรื่อยๆ ในทุกขั้นตอน ซึ่งสิ่งเหล่านี้ก็เป็นเรื่องธรรมดาในการทำโครงการ ซึ่งเปรียบเสมือนกับการเดินขึ้นภูเขา เพราะถึงแม้ว่าเราจะมีแผนที่ในการเดินทาง แต่เราอาจพบเจออะไรต่างๆ อีกมากมายที่ไม่มีบอกไว้ในแผนที่ ดังนั้นจึงต้องคิด วิเคราะห์และตัดสินใจต่อไป
8. **อย่าเฝ้ารอเวลา** ถ้าประสบปัญหาดังข้อ 3 คือยังไม่ได้ข้อสรุปของกลุ่ม ให้แก้ปัญหาด้วยการลงมือทำอะไรไปบ้างตามแนวคิดที่ได้พูดคุยกันไว้ ไม่ควรรอเวลาจนถึงการสรุปร่วมกัน เพราะการทำอะไรไปก่อนบ้าง ก็อาจทำให้เราค้นพบอะไรบางอย่าง ที่จะนำมาสู่ปัญหาที่สนใจร่วมกันได้
9. **อย่านำมาเป็นภาระ** เราจะต้องระลึกไว้อยู่เสมอว่า การทำการวิจัยหรือทดลองนี้ ไม่ใช่เป็นทุกสิ่งทุกอย่างในชีวิต หากการทดลองของคุณมีผิดพลาดไปบ้าง ก็ให้คิดว่ามันเป็นโอกาสที่เราได้เรียนรู้จากความผิดพลาดอย่าเครียดมากจนเกินไป
10. **ฝึกทักษะรับผิดชอบ** การที่คุณได้มีโอกาสวางแผนและทำการทดลองตามที่คุณสนใจถือเป็นโอกาสที่ดีในการฝึกความรับผิดชอบ เพราะ คุณจะต้องคิด เขียน อ่าน และปฏิบัติร่วมกันกับเพื่อนๆ ในกลุ่มของคุณ



คู่มือการเขียน และการนำเสนอรายงาน



"Writing is how we think our way into a discipline, organize our thoughts about it, and generate new ideas."

(Zinsler, 1998)

เอกสารประกอบการเรียนรู้

โครงการพัฒนานิสิตวิชาชีพรู้วิชาเพื่อการสอนโดยเทคนิคสืบเสาะหาความรู้

Inquiry-Based Teaching Program (IBT)

คำนำ

การฝึกทักษะการสื่อสาร ทั้งการฟัง การพูด การอ่าน และการเขียน ถือเป็นทักษะสำคัญที่ผู้สอนควรคำนึงถึงและจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียน เพื่อเตรียมความพร้อมในการดำเนินชีวิตบนโลกของข้อมูลและข่าวสารที่เพิ่มขึ้นในแต่ละวัน ทั้งนี้ผู้เรียนควรได้รับการฝึกทั้งในฐานะผู้สื่อสารและผู้รับสาร

ในสังคมของนักวิทยาศาสตร์ การสื่อสารถือเป็นเรื่องที่เกิดขึ้นอยู่เป็นประจำ เช่น การเขียนผลงานวิจัยเพื่อการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการตามสาขาที่เกี่ยวข้อง การนำเสนอผลงานปากเปล่าในงานประชุมวิชาการ การเข้าร่วมฟังการนำเสนอผลงาน หรือการอ่านบทความวิชาการต่าง ๆ ที่ได้รับการตีพิมพ์หลังจากที่ได้ผ่านการตรวจจากผู้เชี่ยวชาญ (Peer review) แล้ว ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะการสืบเสาะหาความรู้จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สอนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกประสบการณ์ต่าง ๆ ดังกล่าว เพื่อได้เรียนรู้วิธีการทำงานอย่างนักวิทยาศาสตร์

ดังนั้นในคู่มือการเขียนและการนำเสนอรายงานฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียน ได้ศึกษาค้นคว้ารูปแบบของการเขียนและรูปแบบการนำเสนอรายงาน เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้ และรวมทั้งช่วยให้ผู้เรียนมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกสื่อที่จะฟังหรืออ่านด้วย ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่นิสิตผู้เข้าร่วมโครงการเพื่อใช้ประกอบการเรียนรู้และการสอนในอนาคต

ผู้จัดทำ

กมลวรรณ คล้ายวงษ์

นิสิตการศึกษาดุษฎีบัณฑิต วิทยาศาสตร์ศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
1. เขียนกันทำไม	4
• อย่าเป็นโจรโดยไม่รู้ตัว-โจรกรรมทางวรรณกรรม	5
• บทความวิชาการเรื่อง Plagiarism โจรกรรมทางวรรณกรรม	6
2. การเขียนโครงร่างการวิจัย (Research proposal)	10
3. การเขียนรายงานผลโครงการวิจัย	13
• ชื่อเรื่อง (Title)	12
• บทนำ (Introduction)	12
• แบบวิจัยและวิธีวิทยาการวิจัย (design and methodology)	12
• ผลการวิจัย (Results)	12
• อภิปรายผล (Discussion)	13
• การอ้างอิงและบรรณานุกรม (References and Bibliography)	13
• ภาคผนวก (Appendix)	13
4. การให้และรับการป้อนกลับแบบสร้างเสริม (Constructive feedback)	16
• ฐนรคประเมนการเขียนโครงร่างงานวิจัย	17
• ฐนรคประเมนการเขียนรายงาน	19
• ฐนรคประเมนการนำเสนอปากเปล่า	21
• ฐนรคประเมนพฤติกรรมการทำงานของเพื่อนร่วมทีม	25
5. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำเสนอปากเปล่า	26
• การเตรียมสื่อที่ใช้ในการนำเสนอ	27
• การเตรียมโปสเตอร์	28
• การพูดเพื่อนำเสนอปากเปล่า	29
ภาคผนวก	30
หลักเกณฑ์การเขียนต้นฉบับเพื่อลงพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ มศว	31
ตัวอย่างรูปแบบรายงาน	34
บรรณานุกรม	47

หน่วยที่ 1 เขียนกันทำไม



รูปจาก <https://www.glastonburyus.org/staff/ADAMSLF>

ร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยอวัยวะที่ช่วยในการสื่อสาร เช่น ตาไว้อ่านไว้ดู หูไว้ฟัง ปากไว้พูด มือไว้เขียน โดยในทุก ๆ ทักษะถ้าจะใช้ให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เราจะต้องหมั่นฝึกฝน เพราะผู้ที่จะเป็นผู้ฟัง ผู้พูด ผู้อ่าน และผู้เขียนที่ดีได้จะไม่ใช่เป็นเพียงผู้ที่รู้ภาษาเท่านั้น โดยเฉพาะทักษะที่ใช้กระบวนการคิดมากที่สุด ทักษะหนึ่งนั่นก็คือทักษะด้านการเขียน

การเขียนเพื่อการสื่อสารถ้าจะเขียนให้ดีขึ้น ผู้เขียนจำเป็นต้องใช้กระบวนการคิด วิเคราะห์ ใคร่ครวญ ไตร่ตรองสาระที่ต้องการสื่อสารให้ดี ซึ่งผู้เขียนที่ยังมีประสบการณ์น้อยอาจต้องใช้เวลาในการเขียนมากกว่าผู้ที่มีความชำนาญแล้ว เพราะการใช้ทักษะการเขียนผู้เขียนจำเป็นต้องมีการจัดระบบและระเบียบการคิดว่าจะเขียนอย่างไรเพื่อสื่อสารให้ผู้อ่านเกิดความเข้าใจสารและสาระที่ต้องการสื่อ ตามวัตถุประสงค์ที่คาดหวัง ด้วยภาษาที่กะทัดรัด ถูกต้องตามหลักภาษา และสละสลวยเหมาะสมตามกลุ่มเป้าหมายที่เป็นผู้อ่าน

การเขียนเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จริงหรือ?

โดยปกติแล้วกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะเกิดขึ้นได้เมื่อคนเราเกิดความสงสัย อยากรู้ อยากเห็น กับบางสิ่งบางอย่างที่เกิดขึ้น จนทำให้เกิดคำถามต่อสิ่งนั้น จากนั้นก็เริ่มหาแนวคิด วิธีการที่จะทำให้ได้มาซึ่งคำตอบ ด้วยการสำรวจตรวจสอบหรือทดลอง และถ้าการทดลองนั้นประสบผลสำเร็จ เกิดเป็นความรู้ใหม่ ๆ นักวิทยาศาสตร์ก็จะสื่อสารข้อค้นพบนั้นต่อสังคมด้วยการเขียนตีพิมพ์ลงในวารสารทางวิชาการ และ/หรือนำเสนอปากเปล่าในงานประชุมทางวิชาการต่าง ๆ พวกเขาจะเขียนบรรยายถึงภูมิหลัง (background) หลักการ และเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (scientific rationale) ของการทดลอง นำเสนอข้อมูล (data) ที่ได้ และสร้างข้อสรุปจากหลักฐาน (evidence) ที่เกิดขึ้นจากการวิจัย

ในขั้นตอนของการสื่อสารด้วยการเขียนเพื่อตีพิมพ์ลงในวารสารจะมีบรรณาธิการ (Editor) เป็นผู้ส่งงานเขียนหรือบทความนั้นไปยังผู้เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้องประมาณ 2-3 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของผลงาน และเพื่อร่วมตัดสินว่าควรยอมรับ (accept) หรือ ปฏิเสธ (reject) การตีพิมพ์ ซึ่งขั้นตอนนี้เรียกกันเป็นภาษาอังกฤษว่า “Peer review”¹²

ผู้เชี่ยวชาญ (Reviewer) ที่ตรวจสอบจะต้องประเมินด้วยคำถามเช่น ผู้เขียนตอบคำถามวิจัยได้ชัดเจนหรือไม่ มีการทดสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้นหรือไม่ วิธีการทดลองถูกต้องเหมาะสมและทำได้จริงอย่างที่ผู้เขียนบรรยายหรือไม่ เทคนิคที่ใช้ในการทดลองเหมาะสมหรือถูกต้องหรือไม่ ข้อมูลที่ได้บอกถึงข้อค้นพบจริงหรือไม่ คณะผู้วิจัยมีการควบคุมตัวแปรหรือไม่ ข้อสรุปที่ได้สร้างขึ้นจากหลักฐานหรือไม่ เป็นต้น ซึ่งบางครั้งผู้เชี่ยวชาญก็จะยอมรับแต่จะเสนอแนะให้แก้ไขในบางประเด็นได้ ซึ่งเมื่อได้ตีพิมพ์แล้วผู้ที่สนใจหรือทำงานในสาขาที่เกี่ยวข้อง

¹² ที่มา <http://stang.sc.mahidol.ac.th/text/peer.htm>

กับชุมชนทางวิทยาศาสตร์ (scientific community) จะประเมินคุณภาพของงานวิจัยอีกครั้งได้ ด้วยการทำการทดลองตรวจสอบหรือต่อยอดงานวิจัยต่อไป ซึ่งผลวิจัยที่ดีมีพื้ก็อาจจะไปกระตุ้นให้เกิดคำถามใหม่ๆ ได้อีกในชุมชนทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก็จะถูกเริ่มต้นได้ใหม่ต่อไป

ข้อควรระวังในการเขียน!!



นิติตเคยได้ยินคำว่า “**โจรกรรมทางวรรณกรรม**” หรือภาษาอังกฤษเรียกว่า Plagiarism หรือไม่ ฟังดูแล้วการโจรกรรมทางวรรณกรรมอาจดูไม่ร้ายแรงอะไร แต่ลองอ่านบทความต่อไปนี่ก่อน แล้วนิติตอาจต้องพิจารณากันเสียใหม่ว่าเราเคยแผลงเป็นโจร โจรกรรมทางวรรณกรรมบ้างหรือไม่

บทความอ่านเสริมเรื่องอย่าเป็นโจรโดยไม่

ให้นิติตศึกษาสถานการณ์สมมติใน ILBT NEWS แล้วอ่านบทความวิชาการเรื่อง “Plagiarism โจรกรรมทางวรรณกรรม” โดย บุษบา มาตระกูล บทความจากวารสาร *ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์* ปีที่ 8(2): 2551

IBT NEWS

"นิติตถูกปรับตกโทษฐานโจรกรรมความคิดเพื่อน!!"



สำนักข่าว IBT รายงานว่านิติตชั้นปีที่ 4 วิทยานิพนธ์ ถูกปรับตกทั้งๆที่ใกล้จะเรียนจบแล้ว สาเหตุเพราะลอกรายงานจากเพื่อน นิติตยังให้การยืนยันว่าตนเองไม่ได้ลอกรายงานเพราะไม่ได้เขียนเหมือนกัน แต่จากการสืบสวนหลักฐานพบว่า ทุกย่อหน้าในวิทยานิพนธ์มีข้อความที่เหมือนกับเพื่อนทุกประการ เพียงแต่ดัดแปลงถ้อยคำให้แตกต่างจากของเพื่อนที่เป็นต้นฉบับ

ที่มา <http://www.dailymail.co.uk/debate/columnists/article-480402/A-library-book-bomb-making-sir-Youll-Religion.html>

ในที่สุดนิติตที่เป็นต้นฉบับก็ยอมรับความจริงและเปิดใจว่าที่ยอมให้เพื่อนลอกเพราะเห็นว่าเพื่อนได้ดัดแปลงถ้อยคำทุกคำจนดูเหมือนว่าแตกต่างกันแล้ว เรื่องนี้จึงเป็นอุทาหรณ์ให้นิติตทั้งมหาวิทยาลัยได้เรียนรู้ว่า ความคิดไม่ใช่สิ่งที่จะลอกกันได้ง่ายๆ ต่อให้เปลี่ยนคำ เปลี่ยนภาษา ผู้อ่านก็สามารถวิเคราะห์ได้ว่าเป็นแนวคิดของผู้เขียนอย่างไรหรือไม่

ดังนั้น คราวหน้าถ้าคิดจะลอกกัน อาจจะต้องโดนปรับตกเหมือนนิติตรายนี้นะ ☺



APPENDIX B

Results of Professional Development Program Evaluation

Criteria of the Professional Development Program Evaluation

1. The appropriateness level of each material is ranged as follows:

The appropriateness level	Scale value (points)
Highest level	5
High level	4
Moderate level	3
Low level	2
Lowest level	1

The data from the draft evaluation form is analyzed by calculating the mean scores and assigned weightings as follows:

Mean scores	Appropriateness level
4.50-5.00	Highest
3.50-4.49	High
2.50-3.49	Moderate
1.50-2.49	Low
1.00-1.49	Lowest

The acceptable score for the level of appropriateness is higher than 3.50.

2. The Content Validity Index (CVI) and Item-Objective Congruence Index (IOC) were analyzed and calculated as follows:

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

The acceptable score for CVI and IOC are higher than 0.5.

THE RESULT OF EVALUATION ON THE APPROPRIATENESS OF THE DRAFT ACTIVITY
GUIDEBOOK

List of evaluation	N = 5		Level of appropriateness
	Mean	S.D.	
Introduction 1	5.00	0.00	Highest
Introduction 2	5.00	0.00	Highest
Unit 1: Let's make your popcorn!	4.60	0.48	Highest
Unit 2: Blood circulation	5.00	0.00	Highest
Unit 3: Nervous system	4.60	0.48	Highest
Unit 4: Excretory system	5.00	0.00	Highest
Unit 5: UbD Lesson plan	4.60	0.48	Highest

THE RESULT OF EVALUATION ON CONTENT VALIDITY INDEX OF DRAFT ACTIVITY
GUIDEBOOK

The item consideration	N = 5		Interpretation
	CVI	S.D.	
Introduction 1	1.00	0.00	Consensus
Introduction 2	1.00	0.00	Consensus
Unit 1: Let's make your popcorn!	1.00	0.00	Consensus
Unit 2: Blood circulation	1.00	0.00	Consensus
Unit 3: Nervous system	1.00	0.00	Consensus
Unit 4: Excretory system	1.00	0.00	Consensus
Unit 5: UbD Lesson plan	0.80	0.44	Consensus

THE RESULT OF EVALUATION ON ITEM-OBJECTIVE CONGRUENCE OF DRAFT
ACTIVITY GUIDEBOOK

The item consideration	N = 5		Interpretation
	IOC	S.D.	
Introduction 1	1.00	0.00	Consistent
Introduction 2	1.00	0.00	Consistent
Unit 1: Let's make your popcorn!	0.60	0.54	Consistent
Unit 2: Blood circulation	1.00	0.00	Consistent
Unit 3: Nervous system	0.60	0.54	Consistent
Unit 4: Excretory system	1.00	0.00	Consistent
Unit 5: UbD Lesson plan	0.60	0.54	Consistent

THE RESULT OF EVALUATION ON THE APPROPRIATENESS OF DRAFT WRITING AND
PRESENTING MANUAL

List of evaluation	N = 5		Level of appropriateness
	Mean	S.D.	
1. Why do we need to write?	5.00	0.00	Highest
2. Beware of being a robber: Avoiding plagiarism	5.00	0.00	Highest
3. Structure of mini project proposal	5.00	0.00	Highest
4. Structure of mini project report	5.00	0.00	Highest
5. What is constructive feedback?	5.00	0.00	Highest
6. How to make a good presentation?	5.00	0.00	Highest

THE RESULT OF EVALUATION ON CONTENT VALIDITY INDEX OF DRAFT WRITING
AND PRESENTING MANUAL

List of evaluation	N = 5		Interpretation
	CVI	S.D.	
1. Why do we need to write?	1.00	0.00	Consensus
2. Beware of being a robber: Avoiding plagiarism	1.00	0.00	Consensus
3. Structure of mini project proposal	1.00	0.00	Consensus
4. Structure of mini project report	1.00	0.00	Consensus
5. What is constructive feedback?	1.00	0.00	Consensus
6. How to make a good presentation?	1.00	0.00	Consensus

THE RESULT OF EVALUATION ON ITEM-OBJECTIVE CONGRUENCE OF WRITING
AND PRESENTING MANUAL

The item consideration	N = 5		Interpretation
	IOC	S.D.	
1. Why do we need to write?	1.00	0.00	Consistent
2. Beware of being a robber: Avoiding plagiarism	1.00	0.00	Consistent
3. Structure of mini project proposal	1.00	0.00	Consistent
4. Structure of mini project report	1.00	0.00	Consistent
5. What is constructive feedback?	1.00	0.00	Consistent

THE RESULT OF EVALUATION ON THE APPROPRIATENESS OF DRAFT LESSON PLAN

List of evaluation	N = 5		Level of appropriateness
	Mean	S.D.	
Introduction 1	5.00	0.00	Highest
Introduction 2	5.00	0.00	Highest
Unit 1: Let's make your popcorn!	5.00	0.00	Highest
Unit 2: Blood circulation	5.00	0.00	Highest
Unit 3: Nervous system	5.00	0.00	Highest
Unit 4: Excretory system	5.00	0.00	Highest
Unit 5: UbD Lesson plan	4.60	0.48	Highest

THE RESULT OF EVALUATION ON CONTENT VALIDITY INDEX OF DRAFT LESSON PLAN

The item consideration	N = 5		Interpretation
	CVI	S.D.	
Introduction 1	1.00	0.00	Consensus
Introduction 2	1.00	0.00	Consensus
Unit 1: Let's make your popcorn!	1.00	0.00	Consensus
Unit 2: Blood circulation	1.00	0.00	Consensus
Unit 3: Nervous system	1.00	0.00	Consensus
Unit 4: Excretory system	1.00	0.00	Consensus
Unit 5: UbD Lesson plan	1.00	0.00	Consensus

THE RESULT OF EVALUATION ON ITEM-OBJECTIVE CONGRUENCE OF DRAFT LESSON PLAN

The item consideration	N = 5		Interpretation
	IOC	S.D.	
Introduction 1	1.00	0.00	Consistent
Introduction 2	1.00	0.00	Consistent
Unit 1: Let's make your popcorn!	1.00	0.00	Consistent
Unit 2: Blood circulation	1.00	0.00	Consistent
Unit 3: Nervous system	1.00	0.00	Consistent
Unit 4: Excretory system	1.00	0.00	Consistent
Unit 5: UbD Lesson plan	0.60	0.54	Consistent

THE RESULT OF CONTENT VALIDITY INDEX AND ITEM-OBJECTIVE CONGRUENCE (IOC)

The item consideration	N = 3		N = 3		Interpretation (CVI,LA,IOC)
	CVI	S.D.	IOC	S.D.	
1. Profile of Labwork Tasks (PoL) checklist tool	1.0	0.00	1.00	0.00	Consensus, Consistent
2. Attitude towards science inquiry lab questionnaire	1.0	0.00	1.00	0.00	Consensus, Consistent
3. Inquiry Observational Protocol (IOP)	1.0	0.00	1.00	0.00	Consensus, Consistent

The Cronbach alphas coefficient score was 0.77, which means that attitude towards science inquiry lab questionnaire was acceptable.



APPENDIX C

Research Evaluation Tools

Profile of Labwork

(Adapted from Millar, Tiberghien and Marechal. 2002)

Aspect A: Intended learning outcome comparing pre and post lesson plan

Content	identify objects and phenomena and become familiar with them	
	learn a fact (or facts)	
	learn a concept	
	learn a relationship	
	learn a theory/model	
Process	learn how to use a standard laboratory instrument or piece of apparatus	
	learn how to carry out a standard procedure	
	learn how to plan an investigation to address a specific question or problem	
	learn how to process data	
	learn how to use data to support a conclusion	
	learn how to communicate the results of labwork	



Aspect B: Cognitive structure of the task comparing pre and post lesson plan

What students are intended to do with objects and observables (tick one or more boxes)		
Use	an observation or measuring instrument	
	a laboratory device or arrangement	
	a laboratory procedure	
Present or display	an object	
Make	an object	
	a material	
	an event occur	
Observe	an object	
	a material	
	an event	
	a physical quantity (a variable)	
: What students are intended to do with ideas (tick one or more boxes)		
Report observation(s)		
Identify a pattern		
Explore relation between	Objects	
	physical quantities (variables)	
	objects and physical quantities (variables)	
Invent' (or 'discover') a new concept (a physical quantity, or an entity)		
Determine the value of a physical quantity which is not measured directly		
Test a prediction	from a guess	
	from a law	
	from a theory (or model based on a theoretical framework)	
Account for observations	in terms of a given law	
	in terms of a given theory (or model)	
	by proposing a law	
	by proposing a theory (or model)	

Aspect C: The level and nature of student involvement between pre and post lesson plan

Degree of openness/closure (tick one box in each row)			
Aspect of labwork task	specified by teacher	decided by discussion	chosen by students
Question to be addressed			
Equipment to be used			
Procedure to be followed			
Methods of handling data collected			
Interpretation of results			
Nature of student involvement (tick one box)			
Demonstrated by teacher; students observe			
Demonstrated by teacher; students observe and assist as directed			
Carried out by students in small groups			
Carried out by individual students			

Aspect D: The practical context between pre and post lesson plan

Duration of task (tick one box)	
Very short (less than 20 minutes)	
Short (one science lesson, say, up to 80 minutes)	
Medium (2 - 3 science lessons)	
Long (2 weeks or more)	
People with whom the student interacts (tick one or more boxes)	
Other students carrying out the same labwork task	
Other students who have already completed the task	
Teacher	
More advanced students (demonstrators, etc.)	
Others (technician, glassblower, etc.)	
Information sources available to the student (tick one or more boxes)	
Guiding worksheet	
Textbook(s)	
Handbook (on apparatus), data book, etc.	
Computerised database	
Other	
Type of apparatus involved (tick one box)	
Standard laboratory equipment	
Standard laboratory equipment + interface to computer	
Everyday equipment (kitchen scales, domestic materials...)	
Source of data (tick one box)	
Real world: inside laboratory	
Real world: outside laboratory	
Simulation on computer or CD-ROM	
Video recording	
Text	
Tools available for processing data (tick one or more boxes)	
Manual calculation	
Computer	

Aspect E: The PCK comparing pre and post lesson plan

E 1 What teachers do with group work (tick one or more boxes)						
Use ice breaking activity at the beginning of semester						
Discuss about description of group functioning						
Discuss about dealing with hitchhikers and couch potatoes						
Discuss about constructive and destructive group behavior						
Assess students team work ability from teammates group effort analysis						
Others (please indicate)						
E 2 Feedback provided to students by (tick one or more boxes)						
Teachers	Didactic (Tell the answers or comments directly)					
	Ask the questions					
	Open issues to the class (e.g. What do others think?)					
Peers	Didactic (Tell the answer or comment directly)					
	Ask the questions					
	Open issues to the class (e.g. What do others think?)					
E 3 Who reviews or assesses students work? (tick one or more boxes)						
Students work		Teachers only	Peers only	Teachers and Peers		
Proposals						
Lab reports						
Oral presentations						
Posters						
Others (please indicate)						
E 4 Students present (following items) to ... (tick one or more boxes)						
Items		Teachers only	Peers only	Teachers and Peers		
Project ideas presentations (proposal)						
Final projects presentations						
Poster presentations						
E 5 How often do team teachers meet? (tick one box)						
After every class						
Once a week						
Twice a month						
Once a month						
E 6 Team teaching responsibility (tick one box)						
Each teacher has special responsibility and clearly separate the role in and outside classroom (e.g. Announcing, Leading discussion, Setting lab, Collecting students works)						
Each teacher does not clearly separate their responsibilities and roles in and outside classroom						
E 7 Teachers communicate (following items) through... (tick one or more boxes)						
Items	Course Syllabus	Lab or Writing Manual	Writing on Board	Announcement	Email	Others (please indicate)
Goals						
Learning objectives						
Expectations						
Activities						
Assignments						
Hand in date						
E.8 Familiarity with equipments (tick one or more boxes)						
Students	raise the questions <i>before</i> trying out available equipments					
	raise the questions <i>after</i> trying out available equipments					
	try out available equipments as an <i>individual</i> study					
	try out available equipments as a <i>team</i> study					
	raise the questions as <i>ideas driven</i>					
	raise the questions as <i>equipments driven</i>					

ตัวอย่างแบบสังเกตทักษะการจัดการเรียนรู้ที่ยึดแนวทางการสืบเสาะหาความรู้

คำชี้แจง สังเกตและประเมินพฤติกรรมของนักเรียนและครูว่า *มี หรือ ไม่มี* การแสดงออกของพฤติกรรมที่กำหนดให้ โดยขีดเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง

ชื่อกิจกรรม.....		พฤติกรรมที่แสดงออก	
วันที่...../...../..... ชื่อผู้สอน.....ชื่อผู้สังเกตการณ์.....			
รหัส	พฤติกรรมทั่วไปของนักเรียน	มี	ไม่มี
SB1	สำรวจปรากฏการณ์หรือกระบวนการ (Explore phenomena or process)		
SB2	ใช้วิธีการที่หลากหลายในการเรียนรู้ เช่น ใช้สูตร กราฟ รูปภาพ คำศัพท์ แผนผังมโนทัศน์ ผังงาน		
SB3	สำรวจตรวจสอบหรือแก้ปัญหา		
SB4	แสดงปรากฏการณ์ต่างๆโดยใช้เครื่องมือที่หลากหลาย เช่น บัตรคำศัพท์ แบบจำลอง ภาพวาด คำบรรยาย ภาพยนตร์สั้น		
SB5	แสดงการคาดคะเน การประเมิน และ/หรือ การสร้างสมมติฐาน		
SB6	ประดิษฐ์เครื่องมือสำหรับทดสอบการคาดคะเนหรือสมมติฐาน		
SB7	เปรียบเทียบการคาดคะเน วิธีการ สมมติฐาน ผลการทดลองหรือข้อสรุปของการทดลองกับแหล่งความรู้อื่นที่มีอยู่		
SB8	ประเมินการคาดคะเน วิธีการ สมมติฐาน ผลการทดลอง หรือ ข้อสรุปของการทดลอง		
SB9	สร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาหรือวิธีการแปลผลข้อมูลจากหลักฐานที่ได้		
SB10	สื่อสารถึงแนวคิดหรือสิ่งที่ศึกษาให้กับผู้อื่นด้วยการพูดหรือเขียน และ/หรือใช้สื่ออื่นๆประกอบ		
รหัส	พฤติกรรมทั่วไปของครู		
TB1	เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกการคิดเชิงวิพากษ์ เช่น คิดย้อนกลับ (backward logic) ปรับเปลี่ยนวิธีการเพื่อให้ได้รูปแบบใหม่ สร้างสรรค์คำตอบที่หลากหลาย		
TB2	เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ หรือ เรียกร้อง ประเด็น ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในห้องเรียน		
TB3	สนับสนุนนักเรียน ด้วยการแนะแนวทางการฝึกหัด สังเกตการณ์นักเรียนทุกคน		
TB4	ให้คำแนะนำที่เหมาะสมแก่นักเรียน		
TB5	ให้โอกาสนักเรียนแสดงออกในแบบต่างๆ เช่น ถามหรือตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น		
TB6	เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันอย่างมีส่วนร่วม		

ดัดแปลงจาก Inquiry Observational Protocol (Cianciolo; Jennifer; Flory; Luke; and Atwell; Jonathan. 2006)

แบบประเมินโครงการการอบรมเชิงปฏิบัติการ
เรื่อง การพัฒนาวิชาชีพครูสำหรับนักศึกษาครูเพื่อการสอนโดยเทคนิคสืบเสาะหาความรู้

คำชี้แจง แบบประเมินโครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้เข้าร่วมโครงการประเมินหลังจากได้รับการอบรม แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบ

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจต่อโครงการ

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติม

ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบ

เพศ หญิง ชาย

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจต่อโครงการ

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความพึงพอใจตามความรู้สึกที่แท้จริงที่มีต่อโครงการฯ

ประเด็น / หัวข้อ การพิจารณา	ดีเยี่ยม (5)	ดี (4)	ปานกลาง (3)	ควรปรับปรุง (2)	ต้องปรับปรุง (1)
1. ประเด็นด้านกระบวนการ ขั้นตอนการจัดกิจกรรม					
1. มีการชี้แจงวัตถุประสงค์ของโครงการและกิจกรรม					
2. มีขั้นตอนและมีการวางแผนในการจัดกิจกรรม					
3. กระบวนการจัดกิจกรรมตรงกับวัตถุประสงค์ของโครงการ					
4. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีความยืดหยุ่น สามารถปรับให้เหมาะสมกับสถานการณ์ได้					
5. ได้รับความรู้หรือประโยชน์จากกระบวนการจัดกิจกรรมทุกขั้นตอน					
2. ประเด็นความพึงพอใจต่อหัวข้อการฝึกอบรม					
1. กิจกรรมหน่วยนำที่ 1 กิจกรรมละลายพฤติกรรม					
2. กิจกรรมหน่วยนำที่ 2 กิจกรรมเสริมทักษะการปฏิบัติงานกลุ่ม					
3. กิจกรรมหน่วยที่ 1 มาเข้าครัว ทำข้าวโพดคั่วกันเถอะ					
4. กิจกรรมหน่วยที่ 2 ระบบหมุนเวียนเลือดและการหายใจ					
5. กิจกรรมหน่วยที่ 3 ระบบประสาท					
6. กิจกรรมหน่วยที่ 4 ระบบขับถ่ายปัสสาวะและการรักษาสมดุลของร่างกาย					
7. กิจกรรมหน่วยที่ 5 การออกแบบการเรียนรู้ที่เน้นความเข้าใจและการสอนแบบสืบเสาะ					
8. กิจกรรมการฝึกสอนแบบจุลภาค (Micro teaching)					
3. ประเด็นด้านวิทยากร					

ประเด็น / หัวข้อ การพิจารณา	ดีเยี่ยม (5)	ดี (4)	ปานกลาง (3)	ควรปรับปรุง (2)	ต้องปรับปรุง (1)
1. มีความเหมาะสมในการแต่งกาย/บุคลิก/ท่าทาง การให้บริการ					
2. ดำเนินการด้วยความสุภาพ และด้วยไมตรีจิต					
3. มีความกระตือรือร้น รวดเร็ว ฉับไว					
4. มีความรู้ความสามารถ มีเทคนิคในการถ่ายทอด เช่น การตอบคำถาม ชี้แจงข้อสงสัย แนะนำ					
5. มีการสร้างบรรยากาศส่งเสริมการเรียนรู้					
3. ประเด็นด้านสิ่งอำนวยความสะดวก					
1. สถานที่สำหรับการให้บริการมีความเหมาะสม					
2. ครุภัณฑ์ วัสดุ อุปกรณ์ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ระบบภาพและเสียง อื่นๆ ที่ใช้ในการจัดโครงการมีความเหมาะสมเพียงพอ					
3. สื่อที่ใช้ในการจัดกิจกรรมมีความทันสมัย					
4. เอกสารประกอบการอบรมมีความเหมาะสม					
4. ประเด็นด้านคุณภาพโดยรวมของโครงการ					
1. ได้เข้าร่วมโครงการอย่างประทับใจ					
2. ได้เข้าร่วมโครงการตรงตามความต้องการ					
3. ได้เข้าร่วมโครงการที่เป็นประโยชน์					
4. สามารถนำความรู้จากการเข้าร่วมกิจกรรมไปใช้ร่วมกับการเรียนการสอนได้					
5. สามารถนำความรู้จากการเข้าร่วมกิจกรรมไปใช้ร่วมกับชีวิตประจำวัน					
6. ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ในการอบรม					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติม

จุดเด่น/ สิ่งที่น่าสนใจ

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นอื่น

.....

.....

.....

Example of qualitative data

Impress of the program

จุดเด่น/ สิ่งประทับใจ
 ได้ทำกิจกรรมที่จำง่ายไปสอนได้จริง มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย

จุดเด่น/ สิ่งประทับใจ
 ทำให้นักทำใจถึงที่เรามาได้เรียนรู้จากทบทวนกิจกรรม เช่น การสอนนักเรียน
 ได้ทดสอบก่อนจะออกฝึกจริง ทำให้นักผู้ฝึกสอนได้รู้ถึงขั้นตอนและสิ่งที่ต้องไป
 ปรับแก้ได้ทันก่อนทำการจริง

ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นอื่น
 ฝึกใช้เวลาและใช้เวลามากกว่านี้จะดีอีกในทบทวน

จุดเด่น/ สิ่งประทับใจ
 - ได้ทบทวนการสอน
 - ได้รู้ความถูกต้องของวิธีสอน
 - ได้ความสนุกสนานของวิธีสอน

จุดเด่น/ สิ่งประทับใจ
 - ได้รับคำแนะนำด้าน การสังเกต : ๑. และเทคนิคด้าน การสังเกตการสอน
 - มีการฝึกปฏิบัติ และ สามารถนำไปใช้กับสถานการณ์จริงได้

จุดเด่น/ สิ่งประทับใจ
 ได้รู้ ได้เรียนรู้ อะไรที่ไม่รู้มาก่อน ประทับใจที่คอยให้คำแนะนำที่ดีๆ ทำให้ได้
 ทดสอบก่อน ก่อนออกไปสอนจริง ก่อนดูผลสัมฤทธิ์ เราสามารถทำเรื่องได้

ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นอื่น
 ถ้ามีโอกาสควรได้สอนที่อื่น อีกนะค่ะ

จุดเด่น สิ่งประทับใจ

โมเดลชีวิตของ วิทจงานาทำให้นับแยกแยะในทฤษฎีที่มี ความสนุก ไม่น่าเบื่อ
กิจกรรมที่จำที่มีความสุข สนุก และ สามารถนำไปใช้ในชีวิตได้
เห็น ความรู้ที่ใส่ที่ น่าสนใจใจ

ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นอื่น

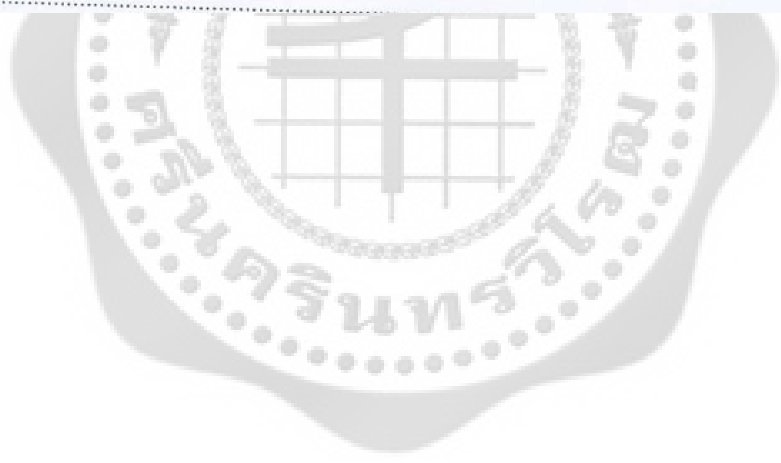
เวลาที่ใส่ในทฤษฎีแยกแยะไว้มากกว่านี้

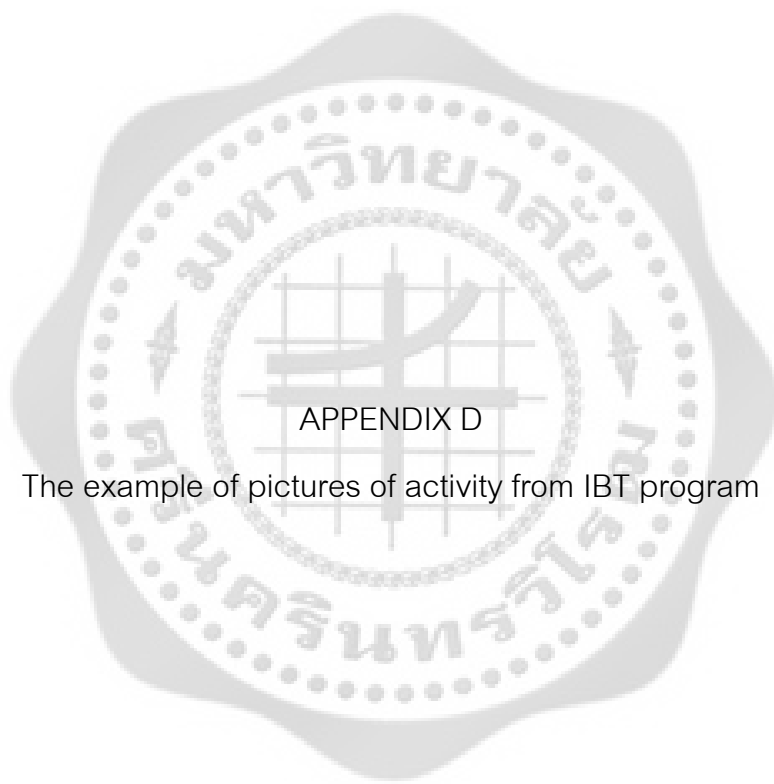
จุดเด่น สิ่งประทับใจ

ผู้จัดอบรมมีความเข้าใจในเนื้อหาที่นำมากล่าวถึง เป็นอย่างดี พร้อมสื่อ
อบรมที่พร้อมทักท้วง สอดตามความเข้าใจและความต้องการที่อบรม

ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นอื่น

ควรมีการดำเนินการอบรมต่อที่มีมากขึ้น หากมีเวลาว่าง และ สามารถทำ
ได้ในอนาคต





APPENDIX D

The example of pictures of activity from IBT program

The example of pictures of activity from IBT program

1) Pre-microteaching



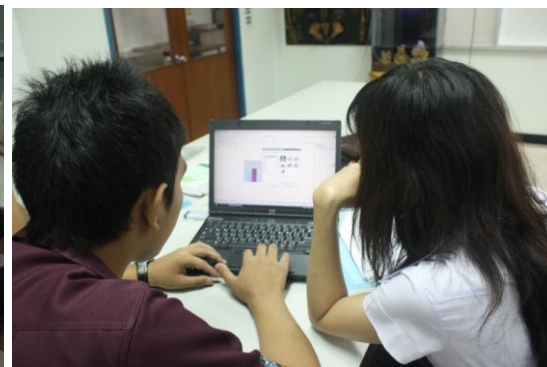
2) Let's make your popcorn



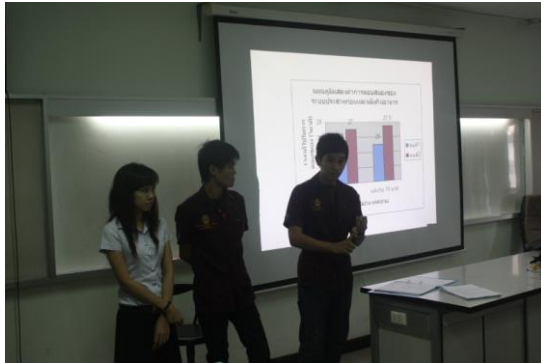
3) Blood circulation



4) Nervous system



4) Oral presentation



5) Kidney Function Simulation



6) Giving feedback in microteaching from peers and researcher



7) Post-microteaching





VITAE

Name: Kamonwan Klaiwong
Date of Birth: December 6, 1982
Place of Birth: Nakhonprathom, Thailand
Address: 583/133 City Home, Ratchadapisek Hauw Khwang
Bangkok, 10310 Thailand

Educational Background:

2000 Samsen Wittayalai School, Bangkok
2004 Bachelor of Science (B.Sc.), Biology,
Srinakharinwirot University, Bangkok
2006 Graduate Diploma (Grad. Dip.), Teaching Profession,
Srinakharinwirot University, Bangkok
2009 Completed the Program to Promote Research Method
in Science Education,
University of Wisconsin-Madison, USA
2011 Doctor of Education (Ed.D.), Science Education (English Program)
Srinakharinwirot University, Bangkok

