Principles and Theories of Classroom Research

Assoc. Prof. Dr. Khajornsak Buaraphan (Aj. JORN)
kbuaraphan@gmail.com

Institute for Innovative Learning, Mahidol University

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Khajornsak Buaraphan (Aj. Jorn)

Senior Fellow (UKPSF)
Fellowship reference: PR301601 (06/02/2025)

Ph.D. (*Science Education*), Kasetsart University (IPST Scholarship)

B.Ed. (*Physics*), Rajabhat University Chiang Rai (MOE Scholarship)

Experiences:
- **Program Director (Ph.D., M.Sc. Science and Technology Education [International])**

Expertise:
- **PCK, TPCK**
- **Professional Development (PD)**
- **Classroom action research**
- **Qualitative research**
- **Metacognition, Integration Curriculum**

Importance of Classroom Research

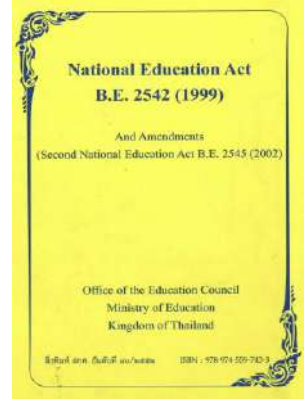
2017 Constitution of the Kingdom of Thailand B.E. 2560

Section 69. The State should provide and promote research and development of various branches of science, technology and disciplines of arts to create knowledge, development and innovation to strengthen the society and to enhance the competence of people in the Nation.

Importance of Classroom Research

1999 National Education Act (Amendments 2002)

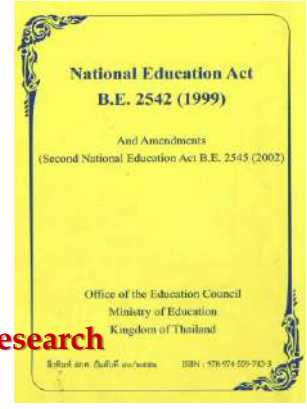
Section 30 Educational institutions shall develop effective learning processes. In so doing, they shall also encourage instructors to carry out research for developing suitable learning for learners at different levels of education.



Importance of Classroom Research

1999 National Education Act (Amendments 2002)

Section 30 Educational institutions shall develop effective learning processes. In so doing, they shall also encourage instructors to carry out research for developing suitable learning for learners at different levels of education.

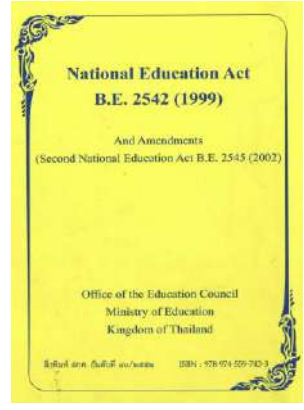


Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation

Importance of Classroom Research

1999 National Education Act (Amendments 2002)

Section 30 Educational institutions shall develop effective learning processes. In so doing, they shall also encourage instructors to carry out research for developing suitable learning for learners at different levels of education.



®Assoc. Prof. Dr. Khajornsak Buaraphan: Institute for Innovative Learning

Importance of Classroom Research

Research to improve the teaching and learning process (e.g., *classroom research*) for greater effectiveness is the responsibility of every teacher/ instructor.

Importance of Classroom Research

"*Great teachers* are not born; they are made through *reflection* and *research*."

Origins of Classroom Research

#1 When I see something beneficial for my students, I want to use it with my students.

Case 01

What is "Journal Writing"?

ความคิดเห็นของนิสิตสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการเขียนอนุทิน

Preservice Science Teachers' Opinions About Journal Writing

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์
Khajornsak Buaraphan

Origins of Classroom Research

Journal writing is beneficial to:

- **Review and examine learning**
- **Link theory with practice**
- **Promote**
  - **Reflection**
  - **Metacognition**
  - **Analytic thinking**
  - **Synthetic thinking**
  - **Problem-solving skills**
  - **Teacher-student interaction**
  - **Students' feedback**

®Assoc. Prof. Dr. Khajornsak Buaraphan: Institute for Innovative Learning

Origins of Classroom Research

Journal writing is beneficial to:

- Review and examine learning
- Link theory with practice
- Promote
  - Reflection
  - Metacognition
  - Analytic thinking
  - Synthetic thinking
  - Problem-solving skills
  - Teacher-student interaction
  - Students' feedback

Weekly Learning Journal

Consists 6 topics

1. Summary of learning
2. Learning result
3. Feeling and experience
4. Problem
5. Solution
6. Guideline for applying knowledge and experience

Origins of Classroom Research

Research Question	Research Design	Sample/ Participants	Data Collection and Analysis	Research Instrument
What are students' *opinions* on journal writing	*Survey* Research	*48* pre-service science teachers 27 (Course: Science process skills) 21 (Course: Measurement and evaluation in science)	*Weekly* Mean and SD	Students' opinions on journal writing *questionnaire*

®Assoc. Prof. Dr. Khajornsak Buaraphan: Institute for Innovative Learning

Origins of Classroom Research

Table 2 Opinions about the purposes of journal writing.

Aspect of purpose	Frequency (%)
Knowledge	
- Summarizing and reviewing things learned	35 (20.23%)
- Verifying learning	16 (9.25%)
- Summarizing and reviewing teaching and learning activities	11 (6.36%)
- Applying knowledge	10 (5.78%)
- Constructing concepts	1 (0.58%)
Self-expression	
- Expressing feelings	23 (13.30%)
- Expressing opinions	8 (4.63%)
- Expressing expectations	1 (0.58%)
Self-improvement	
- Verifying self-improvement	5 (2.89%)
- Helping self-improvement	3 (2.74%)
Teaching and learning improvement	
- Improving teaching and learning	19 (10.98%)
- Giving suggestions to instructor and learners	4 (2.31%)
Problem-solving	
- Identifying problems in teaching and learning	15 (8.67%)
- Giving suggestions for solving teaching and learning problems	13 (7.51%)
Communication	
- Asking questions	7 (4.05%)
- Communicating with instructor	2 (1.16%)

Origins of Classroom Research

Table 4 Feelings in journal writing at the end of semester.

Feeling	Frequency (%)
Negative feeling	
- I have no idea to write in journal	5 (6.25%)
- I don't want to write journal	4 (5.00%)
- Writing journal increases more workload	4 (5.00%)
- I am lazy in writing journal	3 (3.75%)
- I am tired with journal writing	3 (3.75%)
- I am bored with journal writing because I have to submit journal every week	1 (1.25%)
- I am bored with journal writing because topics written are the same	1 (1.25%)
- I am bored with journal writing because there should be better way than journal writing	1 (1.25%)
- I am bored with journal writing, even I realize that journal is useful	1 (1.25%)
Positive feeling	
- I feel good with journal writing because I summarizes and reviews things learned	20 (25.00%)
- I like responses from instructor written in journal	7 (8.75%)
- I write journal better because I understand more about writing journal	6 (7.50%)
- I feel good with journal writing because I identify problem and propose its solution	5 (6.25%)
- I feel good with journal writing because I express my feeling	3 (3.75%)
- I feel good with journal writing because I improve myself	3 (3.75%)
- I feel good with journal writing because I have chance to ask questions	2 (2.50%)
- I feel good with journal writing because I pay more attention in learning	2 (2.50%)
- I feel good with journal writing because I have fun and write it in journal	2 (2.50%)
- I feel good with journal writing because I improve writing skill	1 (1.25%)
- Journal writing is good communication tool between instructor and learner	1 (1.25%)
Neutral feeling	
- I feel neutral with journal writing because I get used to it	5 (6.25%)

65% felt "*Positive*" (+)

93.75% want to *continue* the "Journal writing" activity

®Assoc. Prof. Dr. Khajornsak Buaraphan: Institute for Innovative Learning

Origins of Classroom Research

Table 10 Opinions about obstacles of journal writing

Opinions	Frequency (%)
I have no idea to write journal	19 (24.36%)
I cannot remember teaching and learning activity to write in journal	15 (19.23%)
I have other tasks interfering journal writing	8 (10.26%)
I have problem when printing journal	8 (10.26%)
I have no problem in writing journal	5 (6.41%)
I am lazy in writing journal	5 (6.41%)
I have no time to write journal	5 (6.41%)
I have difficulty in summarizing things learned	5 (6.41%)
I am confused with items of journal	4 (5.13%)
I am bored and do not want to write journal	2 (2.56%)
I dislike expressing feeling and opinions in journal	1 (1.28%)
I forget to write journal	1 (1.28%)

How to help students overcome these obstacles = Feedback to improve course (report in TQF5 ➔ next classroom research?)

Benefits of Classroom Research

- **Increase communication with students**
- **Gain a deeper understanding of students**
- **Assist students in solving problems**
- **Encourage students to practice metacognition**

Origins of Classroom Research

#2 When I want to understand students' content knowledge

Case 02

การสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับฟิสิกส์ของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

Exploring Preservice Physics Teachers' Content Knowledge

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์[1] เพ็ญจันทร์ ชิงห์[2] และวรรณทิพา รอดแรงค้า[3]

Khajornsak Buaraphan, Penchantr Singh and Vantipa Roadrangka

Origins of Classroom Research

Research Question	Research Design	Sample/ Participants	Data Collection and Analysis	Research Instrument
What are students' *physics concepts* before their teaching practicum?	*Survey* Research	33 4th year student teachers from 7 teacher colleges	Before teaching practicum	Physics Concepts Test (42 items covering 6 main topics: mechanics, wave, electromagnetism, heat, thermodynamic atomic and nuclear physics)

®Assoc. Prof. Dr. Khajornsak Buaraphan: Institute for Innovative Learning

6 Types of Students' Conceptions

1. Sound Understanding (SU)
(All components of student's answer are aligned with correct concept)

2. Partially Understanding (PU)
(At least one component of student' s concepts is aligned with correct concept)

3. Specific Misconception (SM)
(Student shows incorrect concept)

➔ **next *classroom research*?**

4. Partially Understanding with Specific Misconception (PU/SM)
(A combination of 2 + 3)

5. No Understanding (NU)
(Student answer is not relevant to the question)

6. No Response (NR)

Benefits of Classroom Research

- **Gained a *deeper understanding* of students' concepts**
- **Led to finding ways to address misconceptions (➔ next classroom research?)**
- **Identified the *impact of the curriculum* on students' concepts**

Origins of Classroom Research

#3 When studying the impact of developed teaching on students' concepts

Case 03

Songklanakarin J. of Social Sciences & Humanities
Vol. 12 No. 1 Jan. - Mar. 2006

Conceptual Development of Force and Motion in Third-Year Preservice Physics Teachers Participating in Constructivist Learning Activities

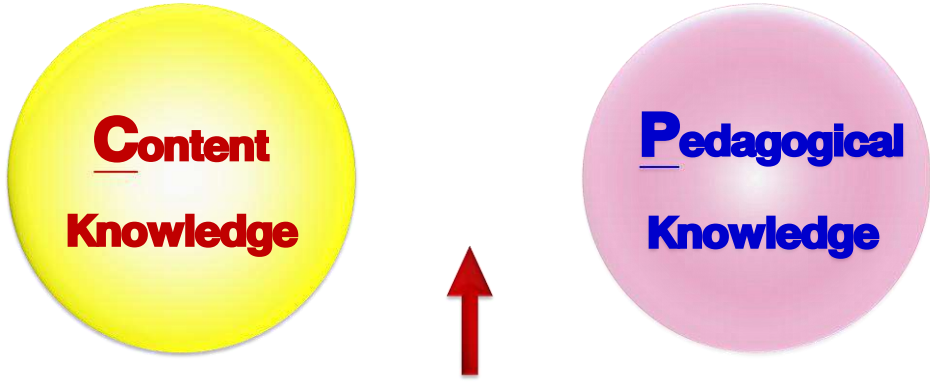
Khajornsak Buaraphan[1], Penchantr Singh[2] and Vantipa Roadrangka[3]
[1]Ph.D. Candidate (Science Education)
The Program to Prepare Research and Development Personnel for Science Education

Origins of Classroom Research

Research Question	Research Design	Sample/ Participant	Data Collection and Analysis	Research Instrument
How and to what extent does the "*PCK Modeling of Force and Motion*" develop students' concepts of force and motion?	*Interpretive* study	4 Pre-service physics teachers	Before and after PCK Modeling	*Interview-about-Instance* (IAI) of Force and Motion

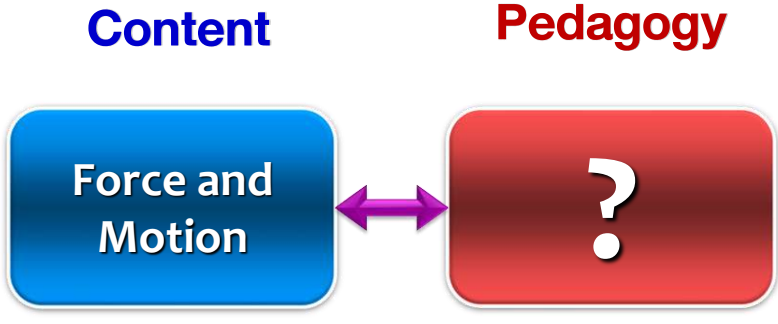
®Assoc. Prof. Dr. Khajornsak Buaraphan: Institute for Innovative Learning

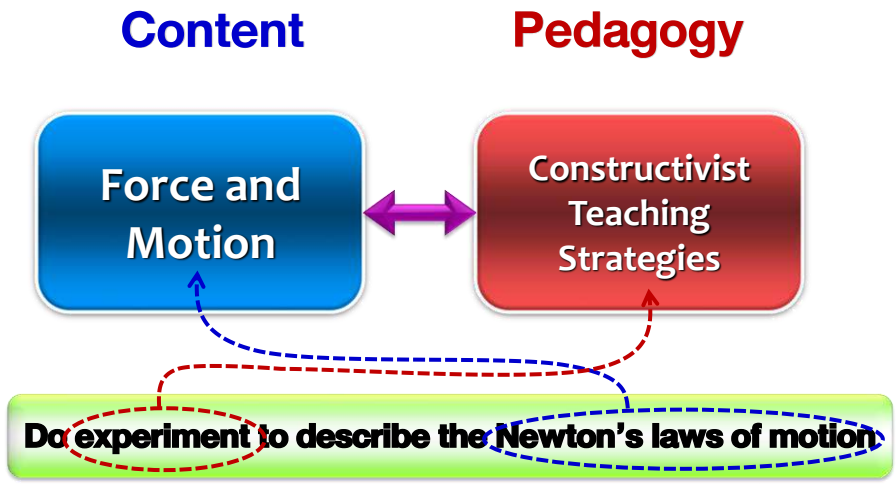
Expert teachers must possess PCK



Pedagogical Content Knowledge

(Shulman, 1987)





Innovative Technique in Data Collection

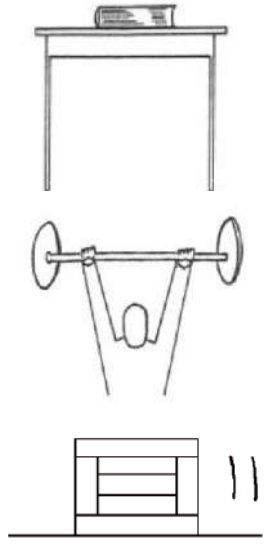
Interview about Instance (IAI)

Instance

is a *simple line drawing*

IAI

is an interview method that uses simple line drawings as a stimulus tool to in-depth explore students' specific concepts.



Benefits of Classroom Research

- Gained a *new technique (IAI)* to in-depth explore students' concepts
- Developed new *constructivist learning activities* based on a new concept (*PCK Modelling*)
- Studied the impact of the new activities (PCK Modelling) in addressing students' *misconceptions*

Origins of Classroom Research

#4 Want to improve the existing course

Case 04

Relationships between Fourth-Year Preservice Physics Teachers' Conceptions of Teaching and Learning Physics and their Classroom Practices during Student Teaching

Khajornsak Buaraphan
Ph.D. (Science Education), Lecturer,

Origins of Classroom Research

Research Question	Research Design	Sample/ Participants	Data Collection and Analysis	Research Instrument
How is the concept of teaching physics related to student teachers' actual *teaching practice*?	*Multisite* case study	• 4 pre-service physics teachers • 2 University supervisors • 4 School mentors	• At the beginning and end of teaching practice • *Observe* twice a month + interview with students, supervisors, teachers	• Classroom observation schedule • Individual interview protocol • Interview after teaching protocol

Benefits of Classroom Research

- Gained an understanding of *students' concepts about science teaching*
- Gained insight into the *relationship* between students' concepts and actual teaching practice
- Developed a *more suitable course* (teaching practice) and teaching process (prepared students' good concepts, practiced and collaborated with mentors and supervisors)

Origins of Classroom Research

#5 I want to study the impact of the new curriculum on students' beliefs about science teaching

Case 05

International Journal of Science Education
Publication details, including instructions for authors and subscription information:
http://www.informaworld.com/smpp/title~content=t713737283

Metaphorical Roots of Beliefs about Teaching and Learning Science and their Modifications in the Standard-Based Science Teacher Preparation Programme

Khajornsak Buaraphan[a]
[a] Institute for Innovative Learning, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand

First published on: 15 December 2010

Q1

IF = 2.518

https://www.tandfonline.com/toc/tsed20/current

Origins of Classroom Research

Research Question	Research Design	Sample/ Participant	Data Collection and Analysis	Research Instrument
How do students in the *new curriculum* develop their *beliefs about science teaching*?	*Interpretive* study	• 110 pre-service teachers did the Metaphor Constructio n Task (MCT) • In-depth interview with 30 participants	Beginning and end of semester	• MCT • Interview Protocol

Innovative Technique in Data Collection

Metaphor Construction Task (MCT)

Appendix. Metaphor Construction Task

Instruction:
In your view, what should teaching and learning science look like? Please construct your own metaphors of teaching and learning science and describe how your metaphor represents teachers, learners, and teaching and learning process.

.....

.....

In addition, please make drawing to illustrate your metaphors of teaching and learning science.

Table 1. Metaphor categories of teaching and learning science

Category	Metaphor	Teaching and learning
1. Teacher as knowledge provider (student as passive recipient of knowledge)	1.01 Sun, 1.02 Candle, 1.03 Tree/Fruit tree, 1.04 Light, 1.05 Flower, 1.06 Computer user, 1.07 Television, 1.08 Book/ Cookbook, 1.09 Pen, 1.10 Spring, 1.11 Jug/Glass, 1.12 Fountain, 1.13 Rain, 1.14 Writer/Poet, 1.15 Shopkeeper, 1.16 Buddha, 1.17 Sky, 1.18 Wind, 1.19 Food, 1.20 Cook	• Teaching is transmission of knowledge from teacher to students. • Learning occurs when students accumulate knowledge transmitted from teacher.
2. Teacher as moulder/ craftsperson (student as raw materials)	2.01 Sculptor, 2.02 Painter, 2.03 Constructor, 2.04 Baker, 2.05 Potter, 2.06 Honeybee, 2.07 Cook, 2.08 Jeweller, 2.09 Tailor, 2.10 Carpenter, 2.11 Architect, 2.12 Miner, 2.13 Weaver, 2.14 Ironworker, 2.15 Contractor, 2.16 Technician, 2.17 Mill, 2.18 Factory, 2.19 Garland maker	• Teaching is producing students as socially useful products. • Learning occurs when students change as teachers intended.
3. Teacher as curer/ repairer (student as defective individual)	3.01 Doctor, 3.02 Medicine, 3.03 Mechanic	• Teaching is diagnosing and fixing students' errors or deficiencies. • Learning occurs when students' errors or deficiencies are fixed.
4. Teacher as superior authoritative figure (student as absolute compliant)	4.01 Shepherd, 4.02 Captain/ Driver, 4.03 Locomotive, 4.04 Brain, 4.05 Vehicle, 4.06 Life, 4.07 Earth, 4.08 Rod, 4.09 Chef, 4.10 Container	• Teaching is totally controlled by teacher. • Learning occurs when students follow instruction.
5. Teacher as change agent (student as object of change)	5.01 Fashion designer, 5.02 Scriptwriter, 5.03 Laundryman	• Teaching is changing students' lives for society's future. • Learning occurs when students are transformed as envisions.

®Assoc. Prof. Dr. Khajornsak Buaraphan: Institute for Innovative Learning

6.	Teacher as entertainer (student as conscious observant)	6.01 Actor/Actress, 6.02 Stand-up comedian, 6.03 Magician, 6.04 Sportsman	• Teaching is acting for fun and to break down students' affective domain barriers. • Learning occurs when students have fun, pay attention, and participate in activities.
7.	Teacher as counsellor (student as significant other)	7.01 Parent, 7.02 Friend, 7.03 Psychologist, 7.04 Companion	• Teaching is advising students to be emotional and psychological well-beings. • Learning occurs when students take advantage from advice.
8.	Teacher as nurturer/ cultivator (student as developing organism)	8.01 Gardener, 8.02 Farmer, 8.03 Soil, 8.04 Chameleon, 8.05 Parent	• Teaching is nourishing student potential capabilities within caring environment. • Learning occurs when students develop in their own paces.
9.	Teacher as facilitator/scaffolder (student as constructor of knowledge)	9.01 Compass, 9.02 Lighthouse, 9.03 North star, 9.04 Flashlight, 9.05 Traffic signs, 9.06 Taxi driver, 9.07 Road map, 9.08 Torch, 9.09 Bridge, 9.10 Ladder, 9.11 Oil	• Teaching is scaffolding student. • Learning occurs when students construct their own knowledge.
10.	Teacher as cooperative/ democratic (student as active participant in community of practice)	10.01 Tour guide, 10.02 Coach, 10.03 Conductor, 10.04 Co-actor/Co-actress	• Teaching is coordinating learning activities in classroom. • Learning occurs when teacher and students collaborate in construction of knowledge together.

Innovative Technique in Data Collection

Metaphor Construction Task (MCT)

Teacher is like a "Gardener"

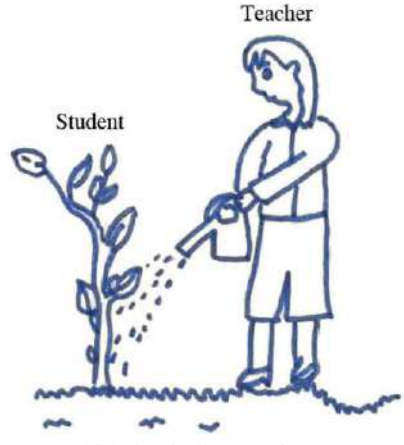


Figure 1. Teachers as a gardener

6.	Teacher as entertainer (student as conscious observant)	6.01 Actor/Actress, 6.02 Stand-up comedian, 6.03 Magician, 6.04 Sportsman	• Teaching is acting for fun and to break down students' affective domain barriers. • Learning occurs when students have fun, pay attention, and participate in activities.
7.	Teacher as counsellor (student as significant other)	7.01 Parent, 7.02 Friend, 7.03 Psychologist, 7.04 Companion	• Teaching is advising students to be emotional and psychological well-beings. • Learning occurs when students take advantage from advice.
8.	Teacher as nurturer/ cultivator (student as developing organism)	8.01 Gardener, 8.02 Farmer, 8.03 Soil, 8.04 Chameleon, 8.05 Parent	• Teaching is nourishing student potential capabilities within caring environment. • Learning occurs when students develop in their own paces.
9.	Teacher as facilitator/scaffolder (student as constructor of knowledge)	9.01 Compass, 9.02 Lighthouse, 9.03 North star, 9.04 Flashlight, 9.05 Traffic signs, 9.06 Taxi driver, 9.07 Road map, 9.08 Torch, 9.09 Bridge, 9.10 Ladder, 9.11 Oil	• Teaching is scaffolding student. • Learning occurs when students construct their own knowledge.
10.	Teacher as cooperative/ democratic (student as active participant in community of practice)	10.01 Tour guide, 10.02 Coach, 10.03 Conductor, 10.04 Co-actor/Co-actress	• Teaching is coordinating learning activities in classroom. • Learning occurs when teacher and students collaborate in construction of knowledge together.

Innovative Technique in Data Collection

Metaphor Construction Task (MCT)

Teacher is like a "Tour Guide"

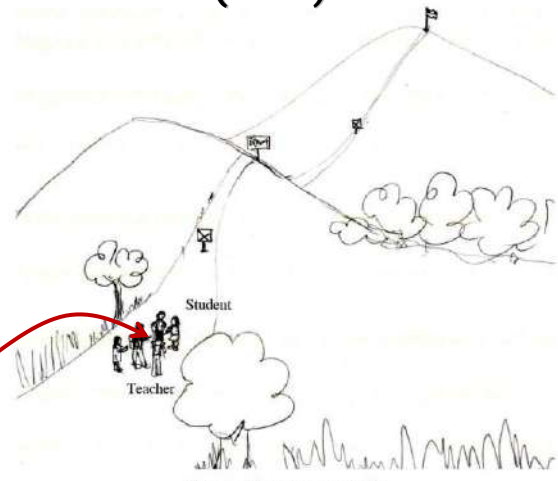


Figure 2. Teachers as a tour guide

Benefits of Classroom Research

- Gained a ***new technique (MCT)*** to collect data on students' beliefs about science teaching
- Studied the impact of the new (Standard-based) curriculum in developing student teachers' beliefs about science teaching

Origins of Classroom Research

#6 I want to explore how to teach new concept (Nature of Science: NOS) in the new curriculum

Case 06

https://www.springer.com/journal/10956

J Sci Educ Technol (2012) 21:353–369
DOI 10.1007/s10956-011-9329-9

Embedding Nature of Science in Teaching About Astronomy and Space

Khajornsak Buaraphan

Q1

IF = 3.419

Published online: 9 July 2011
© Springer Science+Business Media, LLC 2011

Abstract Science teachers need an adequate understanding of nature of science (NOS) and the ability to embed NOS in their teaching. This collective case study ... Nature of science (NOS) has been underscored as a critical

Origins of Classroom Research

Research Question	Research Design	Sample/ Participant	Data Collection and Analysis	Research Instrument
How do elementary school teachers develop an *understanding of NOS* and *teach astronomy and space by integrating NOS*?	*Collective Case Study*	3 Case study of primary teachers	• Before and after the NOS Workshop • Observe class • Interview after teaching • Collect documents	• *Myths of Science Questionnaire (MOSQ)* • Classroom observation protocol • Interview after teaching • Check documents

Innovative Technique in Data Collection

Myths of Science Questionnaire (MOSQ)

Table 4 The Myths of Science Questionnaire (MOSQ)

Statement	Opinion
1. Hypotheses are developed to become theories only	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree
2. Scientific theories are less secure than laws	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree
3. Scientific theories can be developed to become laws	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree
4. Scientific knowledge cannot be changed	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree
5. The scientific method is a fixed step-by-step process	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree
6. Science and the scientific method can answer all questions	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree
7. Scientific knowledge comes from experiments only	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree
8. Accumulation of evidence makes scientific knowledge more stable	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree
9. A scientific model (e.g., the atomic model) expresses a copy of reality	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree
10. Scientists do not use creativity and imagination in developing scientific knowledge	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree
11. Scientists are open-minded without any biases	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree
12. Science and technology are identical	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree
13. Scientific enterprise is an individual enterprise	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree
14. Society, politics, and culture do not affect the development of scientific knowledge	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree

Benefits of Classroom Research

- **Developed elementary school teachers' understanding of *new content (NOS)***
- **Attended a *new workshop* on NOS**
- **Enhanced teachers' teaching by *integrating NOS* more effectively**

Origins of Classroom Research

When you prioritize the learners as the main focus.

https://www.teachingenglish.org.uk/professional-development/teachers/understanding-learners

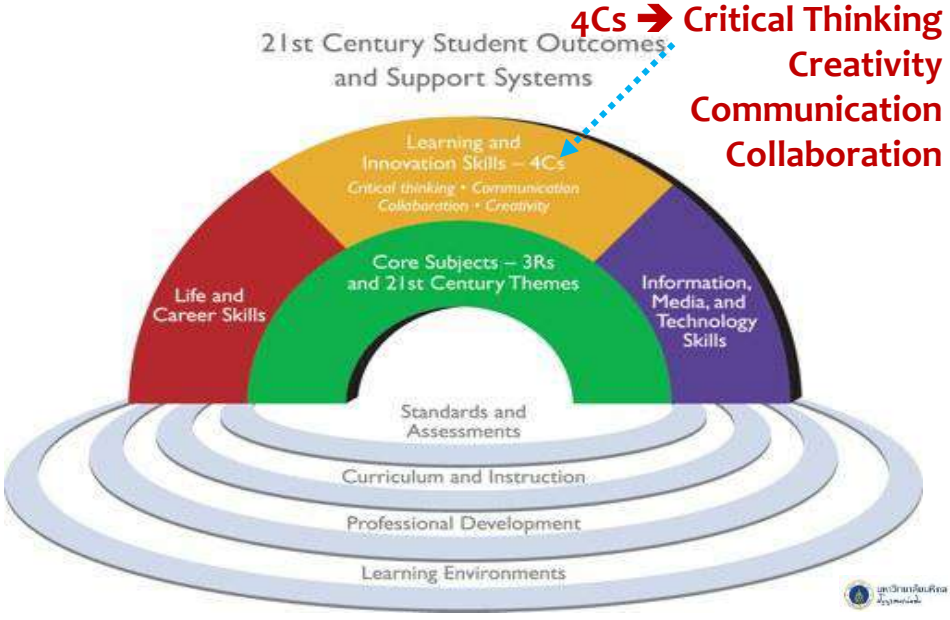
When you aim to provide them (students) with the highest quality education.

Origins of Classroom Research

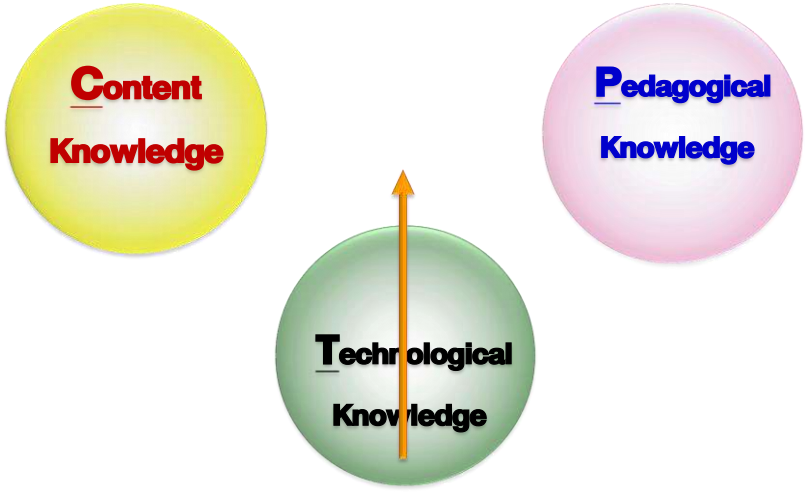
Try to explore new ideas in education

https://www.thejakartapost.com/travel/2016/10/21/google-trips-allows-travelers-to-explore-new-destinations-offline.html

21st century skills

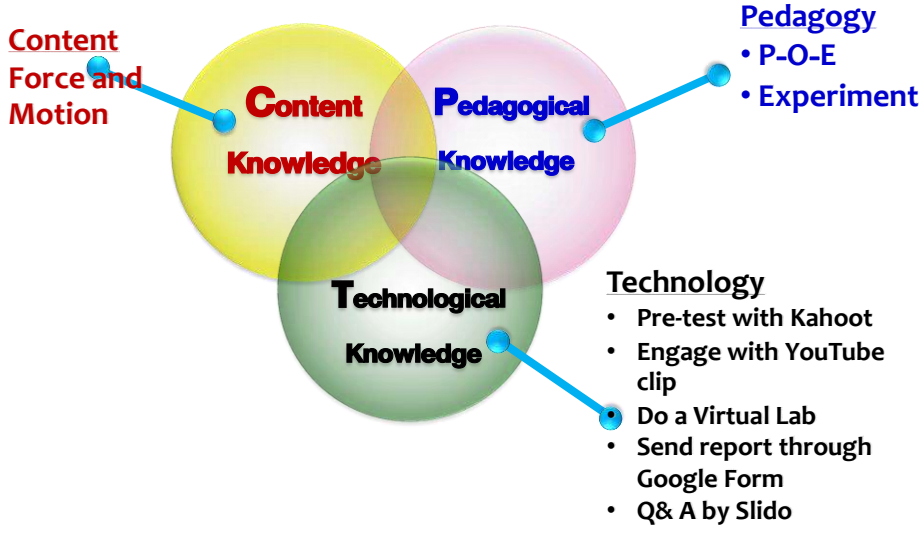


Professional Teachers in the 21st century



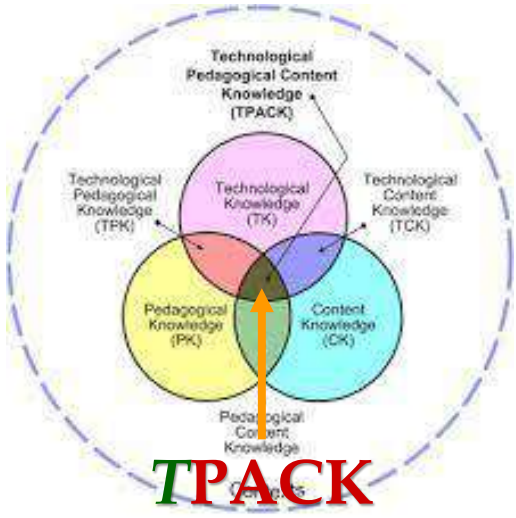
Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK)
(Mishra & Koehler, 2006)

Professional Teachers in the 21st century



TPACK for teaching force and motion

TPACK Framework



Technological Pedagogical and Content Knowledge

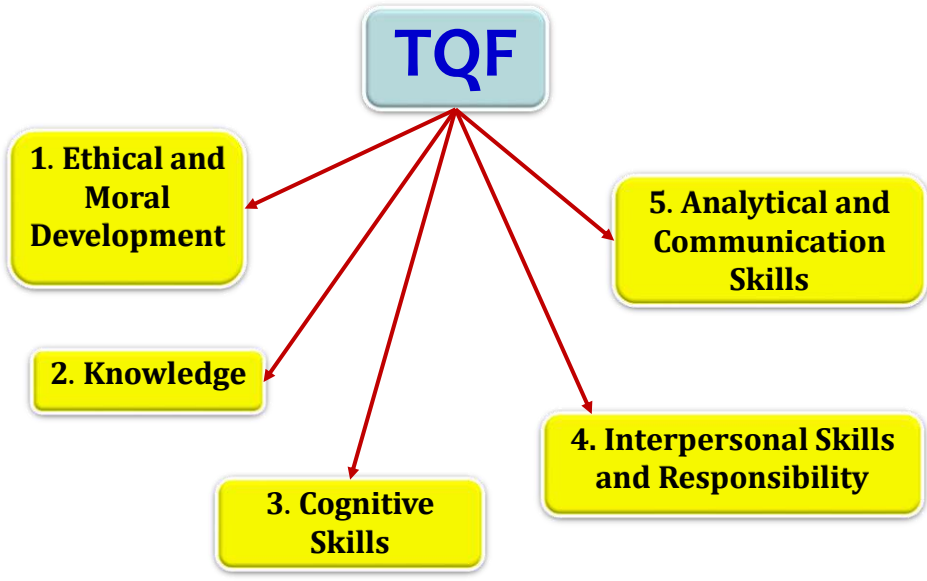
®Assoc. Prof. Dr. Khajornsak Buaraphan: Institute for Innovative Learning

Origins of Classroom Research

TQF

Thai Qualifications Framework for Higher Education (TQF: HEd)

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว



สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

TQF

1. Ethical and Moral Development	▪ Habit of acting ethically and responsibly in personal and public life in ways that are consistent with high moral standards ▪ Ability to resolve value conflicts through application of a consistent system of values

Possible Research Topics:
- **Explore students' beliefs, values or norms**
- **Promote students' abilities to resolve value conflicts or face ethical and moral dilemmas**
- **Explore and promote students' behaviors related to ethics and morality.**

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

TQF

2. Knowledge	▪ Ability to understand, recall and present information including ▪ Knowledge of specific facts, ▪ Knowledge of concepts, principles and theories ▪ Knowledge of procedures.

Possible Research Topics:
- **Explore students' knowledge through innovative methods**
- **Modify students' misconceptions through innovations**

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

TQF

3. Cognitive Skills	▪ Ability to ▪ Apply knowledge and understanding of concepts, principles, theories and procedures when asked to do so; and ▪ Analyze situations and apply conceptual understanding of principles and theories in critical thinking and creative problem solving when face with unanticipated new situations

Possible Research Topics:
- **Explore and find innovative ways to foster students' higher-order thinking (HOT) e.g. critical thinking, creative thinking, analytic thinking, problem-solving**

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

TQF

4. Interpersonal Skills and Responsibility	▪ Ability to: ▪ Work effectively in groups, and exercise leadership; ▪ Accept personal and social responsibility, and ▪ Plan and take responsibility for their own learning

Possible Research Topics:
- **Explore and promote students' team work skills, collaborative skills and leadership**
- **Promote students' self-regulated learning and metacognition**

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

TQF

5. Analytical and Communication Skills	▪ Ability to: ▪ Use basic mathematical and statistical techniques ▪ Communicate effectively in oral and written form, and ▪ Use information and communication technology

Possible Research Topics:
- **Explore and promote students' mathematical skills, research skills and analytic thinking**
- **Promote students' communication skills**
- **Promote students' ICT skills and digital competency**

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Origins of Classroom Research

Course Syllabus

PLO: Program Learning Outcomes

CLO = Course Learning Outcome

GLO = Generic Learning Outcomes

SSLO = Subject Specific Learning Outcomes

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Origins of Classroom Research

รายวิชา	CLOs	ELOs	Skills	
			SSLOs	GLOs
IL666 Mechanics I	CLO1: describe the Newton's law of motion and apply it in calculating or solving the relevant problems.	PLO1: K1	✓	✓

Understand + Apply levels (Revised Bloom's Taxonomy)

Possible classroom research:

- Students' common misconceptions (Survey or Interview?)
- New assessment tool (Effectiveness of Two-tier test?)
- ...???

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

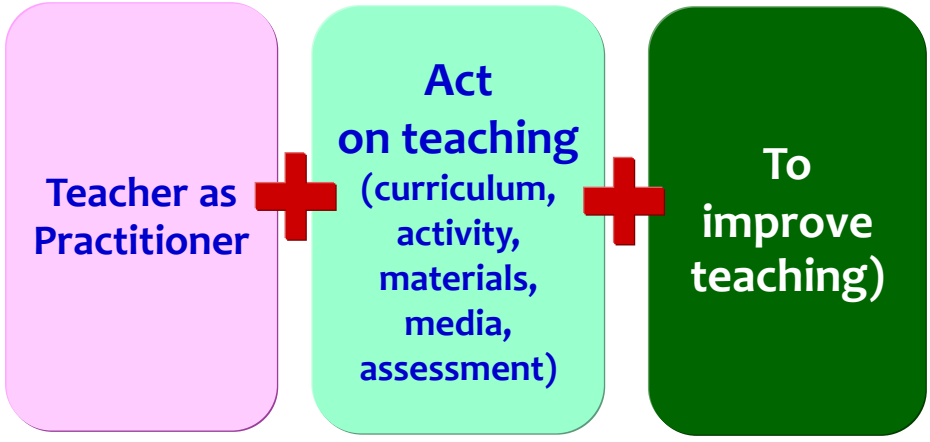
Classroom Research through Action Research Process (PAOR)

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Action Research (AR)

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Classroom Action Research (CAR)



สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Difference between AR v.s. CAR

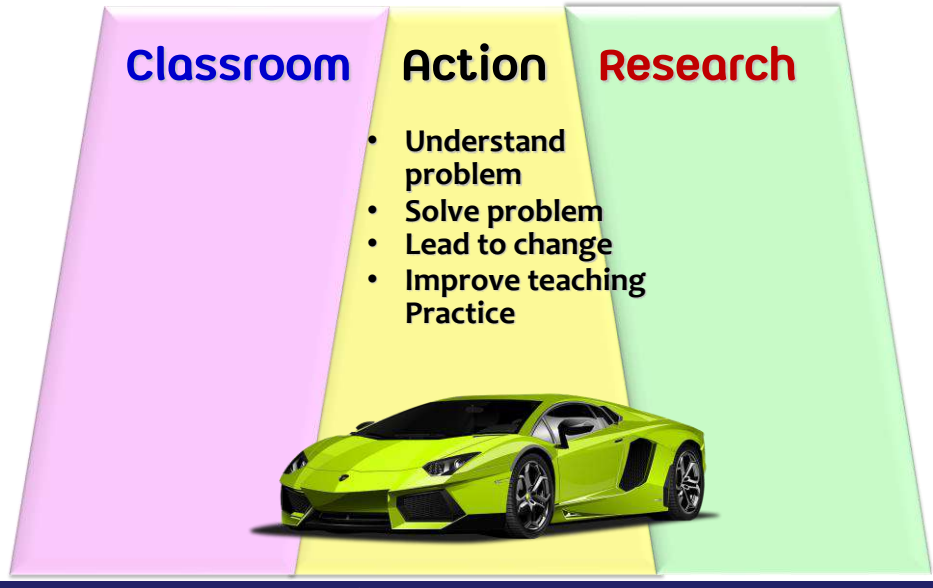
Action Research (AR)

A practitioner is *anyone* who takes action to improve *any* practice.

Classroom Action Research (CAR)

A practitioner is a *teacher* who takes action to improve *teaching* practice.

วิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (CAR)



สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Action Research Process: PAOR

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Classroom Research with PAOR Process

P: Plan

- **Study teaching issues from post-lesson reflections.**
- **Survey, test or interview students to reflect learning outcomes**
- **Analyze students' learning outcome and reflect on those outcomes according to relevant frameworks e.g. the 21st Century Skills, TPACK, TQF, CLOs, etc.**
- **Create/develop/improve curricula, teaching methods, activities, and teaching materials → *innovation* in teaching and learning.**

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Classroom Research with PAOR Process

P: Plan

- **Design and develop teaching method, learning activities, materials, technology and supporting materials.**
- **Review literature to:**
  - **Formulate clear, sharp, and valuable research questions that are totally new.**
  - **Identify methods, media, and innovations to solve problems.**
  - **Develop methods and tools for data collection.**

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Classroom Research with PAOR Process

P: Plan

- **Adopt or Adapt or Create data collection methods and instruments (e.g., test, questionnaire, interview protocol, task assessment)**
- **Check validity and reliability of all instruments (though you adopt from somewhere)**

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Data Collection Instruments

Quantitative Instruments

Variable	Research Instrument
Knowledge	• Concept Test • Concept Survey • Objective test • MCQs
Skills	• Check List
Attitudes	• Survey • Questionnaire

V.S.

Qualitative Instruments

Variable	Research Instrument
Knowledge	• Open-ended question • Interview (individual/ group) (IAI, MCT) • Concept Map
Skills	• Observation Protocol
Attitudes	• Interview (individual/ group)

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Classroom Research with PAOR Process

P: Plan

- **Choose research design that suits research question (or research paradigm)**
  - **One Group Pre-test Post-test Design**
  - **Quasi-experimental Design**
  - **Case Study**
  - **Mixed-method research**
  - **Participatory action research**

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Research Paradigms

Quantitative research	Qualitative research
• Research paradigm: Positivism (focus on control, manipulation)	• Interpretivism (in-depth, meaning, interpretation)
• Data: Numeric data	• Texts
• Data analysis: Descriptive or Inferential statistics	• Thematic analysis, Content analysis, Discourse analysis
• Report: Frequency, %, mean, SD, Sig.	• Interpretation + Supporting evidence e.g. photo, picture, quote, audio tape
• Goal: Generalization from a sample → population, test theory	• Describe in-depth, holistic and generate theory

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Classroom Research with PAOR Process

A: Act

- Follow the planned research steps according to various stages.
- Use developed INNOVATIVE teaching methods, activities, materials, media, technology, etc.
- Collect data (pre- and post-tests, questionnaires, surveys, interviews, observations, skills/ attitude assessments, work evaluations).

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Classroom Research with PAOR Process

O: Observe

- Analyze and interpret the data to write the research findings.
- Quantitative data:
  - Descriptive statistics - frequency, %, min, max, mean, SD.
  - Inferential statistics - t-test, ANOVA, ANCOVA
- Qualitative data:
  - Qualitative analysis e.g. prepare data, break down data, assign codes, categorize, identify key themes.

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

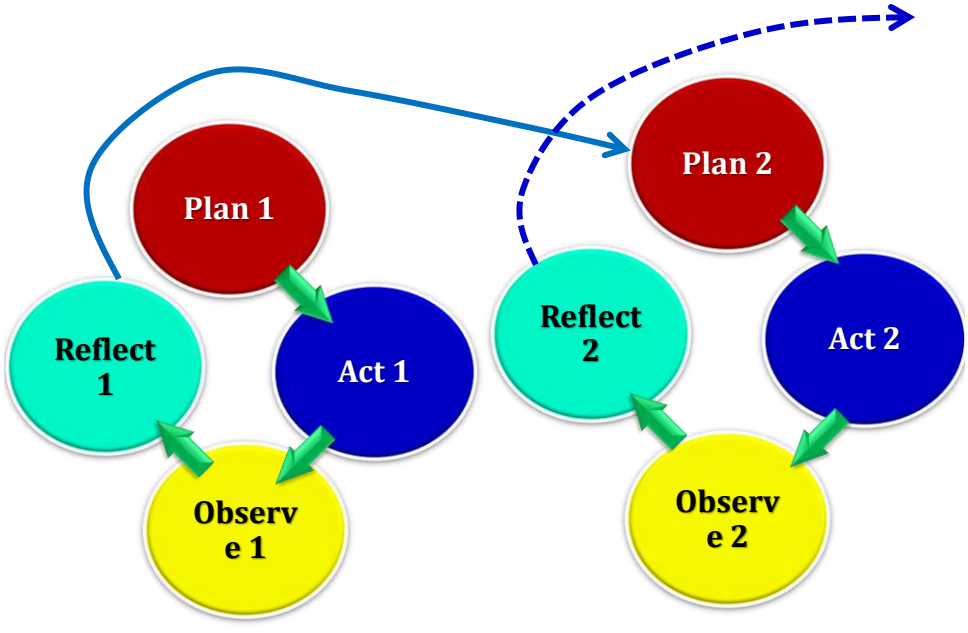
Classroom Research with PAOR Process

R: Reflect

- Reflect on the data collected. (How do you feel, how will you implement it?)
- Critical reflect on *discussion*:
  - Compare for similarities and contrast for differences with findings from other existing research studies.
- Critical reflect on *suggestions or implementation*:
  - For improving practice, for oneself, fellow teachers, and administrators at various levels.
  - For better research in future studies, for oneself and other researchers.

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Dynamic Process of PAOR in Action Research



Publications of Classroom Research

ศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย
Thai-Journal Citation Index Centre

TCI 1

Journal of Education
Prince of Songkla University, Pattani Campus
วารสารศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

TCI 2

วารสารวิจัย มข.
(ฉบับบัณฑิตศึกษา) สาขา
มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์
KKU RESEARCH JOURNAL OF
HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES

https://tci-thailand.org/list%20journal.php

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Publications of Classroom Research

Educational Action Research

SJR Q2

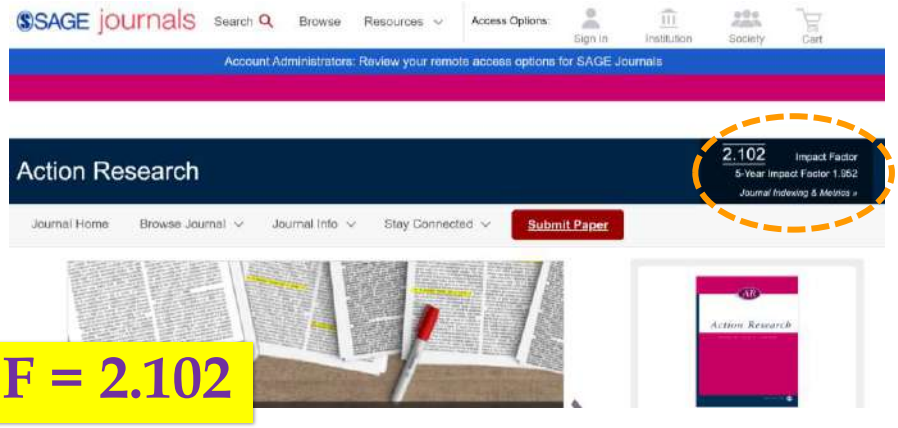
https://www.tandfonline.com/toc/reac20/current

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Publications of Classroom Research

Action Research

SJR Q2



IF = 2.102

https://journals.sagepub.com/home/arj

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Publications of Classroom Research

International Journal of Action Research

SJR Q3

https://www.budrich-journals.de/index.php/ijar

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Publications of Classroom Research

Technology, Pedagogy and Education

SJR Q1

IF = 2.529

https://www.tandfonline.com/toc/rtpe20/current

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Publications of Classroom Research

Journal of Pedagogy

SJR Q3

https://sciendo.com/journal/JPED

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Publications of Classroom Research

Journal of Curriculum and Pedagogy

SJR Q3

https://www.tandfonline.com/toc/ujcp20/current

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

Q & A

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง ลิขสิทธิ์เป็นของเพจ @วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด with Dr. JORN แต่เพียงผู้เดียว

วิทยาสารเกษตรศาสตร์

สาขาสังคมศาสตร์ ๘

KASETSART JOURNAL

Social Sciences

ISSN 0125 - 8370

http://www.rdi.ku.ac.th

ปีที่ ๒๘ ฉบับที่ ๑ มกราคม – เมษายน ๒๕๕๐

January – April 2007 Volume 28 Number 1

แนวคิดเรื่องเซลล์ และกระบวนการของเซลล์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

Student Conceptions on Cells and Cell Processes in Grade 10

อุษา นาคทอง ธีราพร อนันตะเศรษฐกูล และนฤมล ยุตาคม 1

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมในเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนในจังหวัดจันทบุรี

Integrated Science Process Skills on Chemical Equilibrium of High School Students from Schools in Chanthaburi Province

เยาวเรศ ใจเย็น เพ็ญศรี บุญสวรรค์ส่ง และนฤมล ยุตาคม 11

ทัศนคติต่อวิชาชีพคหกรรมศาสตร์ของนิสิตและบัณฑิต สาขาคหกรรมศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Attitude Toward Home Economics Profession of Kasetsart University Students and Graduates in Home Economics Education

โสรฌา เครือเมฆ และ ชีพสุมน รังสยาธร 23

ผลของการฝึกโยคะต่อความยืดหยุ่นของลำตัวส่วนหลังของนักศึกษาเพศหญิง

Effect of the Yoga on Flexibility of the Back Part of Body of Female Students

ชูศรี เลิศผดุงชัย และ จงกล พูลสวัสดิ์ 36

ความคิดเห็นของนิสิตสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการเขียนอนุทิน

Preservice Science Teachers' Opinions About Journal Writing

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ 43

การดำรงชีวิตของนิสิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

Kasetsart University Students' Life Style at Bangkhen Campus

ขวัญใจ ชูกิจคุณ พัชรา ปัทมสิงห์ จันทนา หอมกลุ่น และพัฒนา ชื่นจิตต์ 58

การมีส่วนร่วมของหมู่บ้านและชุมชนในการพัฒนาศักยภาพตนเองโดยผ่านนโยบายของรัฐ

Participation of Village and Community in Capacity Development via Government Policy

ศุภพร ไทยภักดี และพันธ์จิตต์ พรประทานสมบัติ 69

ความคิดเห็นของนิสิตสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการเขียนอนุทิน

Preservice Science Teachers' Opinions About Journal Writing

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์

Khajornsak Buaraphan

ABSTRACT

To explore opinions about journal writing, 48 preservice science teachers were asked to complete the Opinions about Journal Writing Questionnaire. The data revealed that the participants' opinions about purposes of journal writing and their appreciation of journal writing were related to their opinions about advantages of journal writing. The participants expressed positive attitudes toward journal writing because they gained more understanding about journal writing and realized its importance, and appreciated the instructor's feedback. At the end of the semester, nearly all participants supported the integration of a journal writing activity in the courses they attended. Also, they indicated various weaknesses and obstacles of journal writing. Factors potentially influenced the journal writing process were understanding about journal writing, awareness of importance of journal writing, and feedback from an instructor.

Key words: preservice science teachers, opinions about journal writing

บทคัดย่อ

ผู้วิจัยให้นิสิตสาขาการสอนวิทยาศาสตร์จำนวน 48 คน ตอบแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อการเขียนอนุทินพบว่า ความคิดเห็นของนิสิตเกี่ยวกับจุดประสงค์ของการเขียนอนุทินและความพึงพอใจที่มีต่อการเขียนอนุทินมีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์ของการเขียนอนุทิน นิสิตมีเจตคติที่ดีขึ้นต่อการเขียนอนุทินเพราะเข้าใจการเขียนอนุทินมากขึ้น ตระหนักถึงความสำคัญของการเขียนอนุทินและพอใจการเขียนตอบอนุทินของครูผู้สอน นิสิตมีความคิดเห็นที่หลากหลายเกี่ยวกับข้อด้อยและอุปสรรคในการเขียนอนุทิน โดยนิสิตส่วนใหญ่ต้องการให้มีกิจกรรมการเขียนอนุทินต่อไป ส่วนปัจจัยที่ส่งผลต่อการเขียนอนุทินก็คือ ความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนอนุทิน ความตระหนักถึงประโยชน์ของอนุทิน และการเขียนตอบอนุทินของครูผู้สอน

ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

บทนำ

การเขียนอนุทิน (Journal writing) เป็นกิจกรรมที่ใช้อย่างแพร่หลายในวงการศึกษาเนื่องจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องชี้ให้เห็นว่า อนุทินเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ (Good and Whang, 2002) ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสะท้อนความคิด (Reflection) จากประสบการณ์การเรียนรู้ (Hiemstra, 2001; Park, 2003) ตรวจสอบทบทวนการเรียนรู้ (Langer, 2002; Grant *et al.*, 2003; Thorpe, 2004) เชื่อมโยงทฤษฎีสู่การปฏิบัติ (Bain *et al.*, 1999; Conner-Greene, 2000) คิดอภิปัญญา (Metacognition) (Dart *et al.*, 1998) คิดวิเคราะห์ (Maloney and Campbel-Evans, 2002; Chirema, in press 2006) คิดสังเคราะห์ (Grumbacher, 1987 cited in Langer, 2002) คิดแก้ปัญหา (Hiemstra, 2001; Maloney and Campbel-Evans, 2002) ส่งเสริมปฏิสัมพันธ์และการสื่อสารระหว่างครูผู้สอนและผู้เรียน (Langer, 2002; Maloney and Campbel-Evans, 2002) และเป็นช่องทางให้ข้อมูลย้อนกลับระหว่างครูผู้สอนและผู้เรียน (Park, 2003) อย่างไรก็ตาม ปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ส่งผลต่อการเขียนและใช้ประโยชน์อนุทินก็คือ ความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเขียนอนุทิน (Langer, 2002)

ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2549 ผู้วิจัยสอนวิชาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิชาการวัดและประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์แก่นิสิตสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งทั้งสองวิชาผู้วิจัยให้นิสิตเขียนอนุทินรายสัปดาห์ตลอดภาคการศึกษา ประกอบด้วย 6 หัวข้อ คือ 1) สรุปกิจกรรมการเรียนการสอน 2) ผลการเรียนรู้ 3) ความรู้สึกและประสบการณ์ 4) ปัญหาที่พบ 5) แนวทางการแก้ปัญหา และ 6) แนวทางการประยุกต์ใช้ความรู้และประสบการณ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาความคิดเห็นของนิสิตสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการเขียนอนุทิน เพื่อนำข้อค้นพบไปปรับปรุงกิจกรรมการเขียนอนุทินในรายวิชาดังกล่าว และส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากอนุทินให้มากขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อสำรวจความคิดเห็นของนิสิตสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการเขียนอนุทินในวิชาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิชาการวัดและประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสำรวจความคิดเห็นที่มีต่อการเขียนอนุทินของนิสิตสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 48 คน ที่เรียนวิชาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิชาการวัดและประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์ ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2549 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

นิยามศัพท์

ความคิดเห็นที่มีต่อการเขียนอนุทิน หมายถึง ความคิดหรือความรู้สึกของนิสิตสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อจุดประสงค์ ประโยชน์ ข้อด้อย อุปสรรค และความพึงพอใจในการเขียนอนุทิน ความต้องการให้มีกิจกรรมการเขียนอนุทิน และข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงกิจกรรมการเขียนอนุทิน ซึ่งแสดงในแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อการเขียนอนุทิน

วิธีดำเนินการวิจัย

พลวิจัย

พลวิจัย คือ นิสิตสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 48 คน เป็นนิสิตที่เรียนวิชาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 27 คน และนิสิตที่เรียนวิชาการวัดและประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 21 คน ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2549 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

รูปแบบการวิจัย

รูปแบบการวิจัยเป็นงานวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) โดยเป็นการสำรวจความคิดเห็นของนิสิตสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการเขียนอนุทิน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อการเขียนอนุทิน ซึ่งประกอบด้วยคำถามแบบปลายเปิดที่แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 คำถามเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานของนิสิต อาทิ เพศ อายุ และจำนวนวิชาที่เขียนอนุทิน มีทั้งหมด 3 ข้อ

ตอนที่ 2 คำถามเกี่ยวกับความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่อการเขียนอนุทินมีทั้งหมด 8 ข้อในด้านต่อไปนี้ 1) จุดประสงค์ของการเขียนอนุทิน 2) ความรู้สึกต่อการเขียนอนุทิน ณ ตอนต้นและตอนปลายภาคการศึกษา 3) ประโยชน์ของการเขียนอนุทิน 4) ข้อด้อยของการเขียนอนุทิน 5) อุปสรรคในการเขียนอนุทิน 6) ความพึงพอใจต่อการเขียนอนุทิน 7) ความต้องการให้มีกิจกรรมการเขียนอนุทิน และ 8) ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงกิจกรรมการเขียนอนุทิน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในสัปดาห์สุดท้ายของภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2549 ผู้วิจัยให้นิสิตที่เป็นพลวิจัยตอบแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อการเขียนอนุทิน โดยให้เวลาประมาณ 45 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์คำตอบรายข้อ โดยอ่านคำตอบอย่างละเอียด แล้วหาค่าความถี่และร้อยละของแต่ละคำตอบ ซึ่งในบางคำตอบอาจประกอบด้วยคำตอบย่อยหลายคำตอบ

ผลและวิจารณ์

นิสิตสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ที่ตอบแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อการเขียนอนุทินมีทั้งหมด 48 คน เป็นนิสิตชั้นปีที่ 2 จำนวน 23 คน ชั้นปีที่ 3 จำนวน 17 คน และชั้นปีที่ 4 จำนวน 8 คน รายละเอียดดัง Table 1

ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2549 นิสิตได้รับมอบหมายจากครูผู้สอนในคณะศึกษาศาสตร์ให้เขียนอนุทินตั้งแต่ 1 วิชาจนถึง 6 วิชา โดยนิสิตส่วนใหญ่เขียนอนุทินจำนวน 1 วิชา รองลงมา คือ จำนวน 2 วิชา และ 5 วิชา ตามลำดับ เมื่อพิจารณารายชั้นปี พบว่านิสิตชั้นปีที่ 2 ส่วนใหญ่เขียนอนุทินจำนวน 1 วิชา รองลงมา คือ จำนวน 2 วิชา นิสิตชั้นปีที่ 3 ส่วนใหญ่เขียนอนุทินจำนวน 6 วิชา รองลงมา คือ จำนวน 5 วิชา และนิสิตชั้นปีที่ 4 ส่วนใหญ่เขียนอนุทินจำนวน 4 วิชา รองลงมา คือ จำนวน 5 วิชา จะเห็นว่านิสิตชั้นปีที่ 3 และชั้นปีที่ 4 ส่วนใหญ่เขียนอนุทินค่อนข้างมากตั้งแต่จำนวน 4 วิชาจนถึง 6 วิชา

ความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่อจุดประสงค์ของการเขียนอนุทิน

ความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่อจุดประสงค์ของ

Table 1 Number of participants by subjects, gender and year of study.

Subject	2nd year		3rd year		4th year	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Science process skills	3	20	-	-	1	3
Measurement and evaluation in science	-	-	2	15	2	2
Total	3	20	2	15	3	5

การเขียนอนุทินอาจแบ่งได้ 6 ด้าน คือ ความรู้ การแสดงออก การพัฒนาตนเอง การพัฒนาการเรียนการสอน การแก้ปัญหา และการสื่อสาร ซึ่งแสดงได้ดัง Table 2

จาก Table 2 พบว่า คำตอบของนิสิตส่วนใหญ่แสดงจุดประสงค์ของการเขียนอนุทิน คือ สรุปทบทวนสิ่งที่เรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 20.23 รองลงมา คือ ระบายความรู้สึก คิดเป็นร้อยละ 13.30 และปรับปรุงการเรียนการสอน คิดเป็นร้อยละ 10.98 เมื่อพิจารณารายด้านจากคำตอบทั้งหมดพบว่า คำตอบของนิสิตส่วนใหญ่แสดงจุดประสงค์ของการเขียนอนุทินเพื่อประโยชน์ในด้านความรู้ คิดเป็นร้อยละ 42.19 รองลงมา คือ ด้านการแสดงออก คิดเป็นร้อยละ 18.50 ด้านการแก้ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 16.19 ด้านการพัฒนาการเรียนการสอน คิดเป็นร้อยละ 13.30 ด้านการสื่อสาร คิดเป็นร้อยละ 5.20 และด้านการพัฒนาตนเอง คิดเป็นร้อยละ 4.62 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นิสิตส่วนใหญ่เล็งเห็นประโยชน์ของการเขียนอนุทินในด้านความรู้มากกว่าด้านอื่น ๆ โดยเฉพาะการสรุปทบทวนสิ่งที่เรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bain *et al.* (1999) และ Grant *et al.* (2003)

ความรู้สึกของนิสิตที่มีต่อการเขียนอนุทิน

เมื่อให้นิสิตแสดงความรู้สึกที่มีต่อการเขียนอนุทิน ณ ตอนต้นภาคการศึกษา พบว่านิสิตมีความรู้สึกต่อการเขียนอนุทินทั้งทางบวก ทางลบ และเป็นกลาง ดังแสดงใน Table 3

Table 2 Opinions about the purposes of journal writing.

Aspect of purpose	Frequency (%)
Knowledge	
- Summarizing and reviewing things learned	35 (20.23%)
- Verifying learning	16 (9.25%)
- Summarizing and reviewing teaching and learning activities	11 (6.36%)
- Applying knowledge	10 (5.78%)
- Constructing concepts	1 (0.58%)
Self-expression	
- Expressing feelings	23 (13.30%)
- Expressing opinions	8 (4.63%)
- Expressing expectations	1 (0.58%)
Self-improvement	
- Verifying self-improvement	5 (2.89%)
- Helping self-improvement	3 (2.74%)
Teaching and learning improvement	
- Improving teaching and learning	19 (10.98%)
- Giving suggestions to instructor and learners	4 (2.31%)
Problem-solving	
- Identifying problems in teaching and learning	15 (8.67%)
- Giving suggestions for solving teaching and learning problems	13 (7.51%)
Communication	
- Asking questions	7 (4.05%)
- Communicating with instructor	2 (1.16%)

Note More than 1 answer is possible for each participant.

จาก Table 3 พบว่า เมื่อได้รับมอบหมายให้เขียนอนุทิน ณ ตอนต้นของภาคการศึกษา นิสิตมีความรู้สึกทางลบว่า ทำไมต้องเขียนอนุทิน คิดเป็นร้อยละ 13.51 รองลงมา คือ ไม่อยากเขียนอนุทิน คิดเป็นร้อยละ 11.71 และเบื่อการเขียนอนุทิน คิดเป็นร้อยละ 10.81 ตามลำดับ ซึ่งความรู้สึกในทางลบของนิสิตที่มีต่อการเขียนอนุทินที่พบในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง อาทิ ทำไมต้องเขียนอนุทิน หรือไม่รู้จะเขียนอนุทินอย่างไร (Langer, 2002) เบื่อการเขียนอนุทิน หรือการเขียนอนุทินเป็นการเพิ่มภาระงาน (Cisero, 2006) ไม่รู้จะเขียนอะไร (Maloney and Campbel-Evans, 2002) ไม่ชอบงานเขียน (Chirema, in press 2006) การเขียนอนุทินทำให้เสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์ (Good and Whang, 2002; Chirema, in press 2006) การเขียนอนุทินทำให้อึดอัดใจ (Maloney and Campbel-Evans, 2002; Good and Whang, 2002) จำใจเขียนอนุทินเพราะเห็นว่ามีประโยชน์ (Park, 2003; Chirema, in press 2006)

เมื่อพิจารณาในภาพรวมพบว่า คำตอบส่วนใหญ่ของนิสิตแสดงความรู้สึกทางลบ คิดเป็นร้อยละ 90.09 รองลงมา คือ ความรู้สึกทางบวก คิดเป็นร้อยละ 6.31 และความรู้สึกเป็นกลาง คิดเป็นร้อยละ 3.60 ตามลำดับ ความรู้สึกทางลบของนิสิตที่มีต่อการเขียนอนุทิน ณ ตอนต้นภาคการศึกษา เช่น “ทำไมต้องเขียนอนุทิน” “ไม่รู้จะเขียนอะไร” หรือ “การเขียน

Table 3 Feelings in journal writing at the beginning of semester.

Feeling	Frequency (%)
Negative feeling	
- Why we have to write journal	15 (13.51%)
- I don't want to write journal	13 (11.71%)
- I am bored with journal writing	12 (10.81%)
- Writing journal increases more workload	11 (9.91%)
- I have no idea to write journal	10 (9.01%)
- I don't know how to write journal	10 (9.01%)
- I am confused because I have never been written journal	9 (8.11%)
- I am lazy in writing journal	6 (5.41%)
- I dislike writing	6 (5.41%)
- I am tired with journal writing	3 (2.70%)
- Writing journal is difficult task	3 (2.70%)
- Writing journal is waste of time	1 (0.90%)
- I have to write journal because it is useful	1 (0.90%)
Positive feeling	
- Writing journal is new for me	4 (3.60%)
- Writing journal is fun for me	1 (0.90%)
- Writing journal is good because I can communicate with instructor	1 (0.90%)
- Writing journal is good because it summarizes things learned	1 (0.90%)
Neutral feeling	
- I feel neutral with journal writing because I used to write journals	2 (1.80%)
- I feel neutral with journal writing because I know journal is useful	1 (0.90%)
- I feel neutral with journal writing because it is required task	1 (0.90%)

Note More than 1 answer is possible for each participant.

อนุทินทำให้เสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์" อาจเกิดจากความไม่เข้าใจของนิสิตเกี่ยวกับจุดประสงค์ ประโยชน์ เนื้อหา และวิธีการเขียนอนุทิน โดยเฉพาะนิสิตที่ไม่มีประสบการณ์ในการเขียนอนุทิน ส่วนความรู้สึกทางลบที่มีต่อการเขียนอนุทิน เช่น "เหนื่อย เบื่อกับการเขียนอนุทิน" หรือ "การเขียนอนุทินเป็นการเพิ่มภาระงาน" อาจเกิดจากการที่นิสิตต้องเขียนอนุทินหลายวิชาโดยเฉพาะนิสิตชั้นปีที่ 3 และชั้นปีที่ 4

เมื่อถามนิสิตถึงความรู้สึกที่มีต่อการเขียนอนุทิน ณ ตอนปลายภาคการศึกษา นิสิตแสดงความรู้สึกทั้งทางบวก ทางลบ และเป็นกลาง ดังแสดงใน Table 4

จาก Table 4 พบว่า ณ ตอนปลายภาคการศึกษานิสิตมีความรู้สึกทางบวกต่อการเขียนอนุทิน คือ รู้สึกดีต่อการเขียนอนุทินเพราะได้สรุปทบทวนสิ่งที่เรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 25.00 รองลงมา คือ ชอบการเขียนตอบอนุทินของครูผู้สอน คิดเป็นร้อยละ 8.75 และเขียนอนุทินได้ดีขึ้นเพราะเข้าใจการเขียนอนุทินมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 7.50 ตามลำดับ เมื่อพิจารณา

Table 4 Feelings in journal writing at the end of semester.

Feeling	Frequency (%)
Negative feeling	
- I have no idea to write in journal	5 (6.25%)
- I don't want to write journal	4 (5.00%)
- Writing journal increases more workload	4 (5.00%)
- I am lazy in writing journal	3 (3.75%)
- I am tired with journal writing	3 (3.75%)
- I am bored with journal writing because I have to submit journal every week	1 (1.25%)
- I am bored with journal writing because topics written are the same	1 (1.25%)
- I am bored with journal writing because there should be better way than journal writing	1 (1.25%)
- I am bored with journal writing, even I realize that journal is useful	1 (1.25%)
Positive feeling	
- I feel good with journal writing because I summarizes and reviews things learned	20 (25.00%)
- I like responses from instructor written in journal	7 (8.75%)
- I write journal better because I understand more about writing journal	6 (7.50%)
- I feel good with journal writing because I identify problem and propose its solution	5 (6.25%)
- I feel good with journal writing because I express my feeling	3 (3.75%)
- I feel good with journal writing because I improve myself	3 (3.75%)
- I feel good with journal writing because I have chance to ask questions	2 (2.50%)
- I feel good with journal writing because I pay more attention in learning	2 (2.50%)
- I feel good with journal writing because I have fun and write it in journal	2 (2.50%)
- I feel good with journal writing because I improve writing skill	1 (1.25%)
- Journal writing is good communication tool between instructor and learner	1 (1.25%)
Neutral feeling	
- I feel neutral with journal writing because I get used to it	5 (6.25%)

Note More than 1 answer is possible for each participant.

ในภาพรวมพบว่า คำตอบส่วนใหญ่ของนิสิตแสดงความรู้สึกทางบวก คิดเป็นร้อยละ 65.00 รองลงมา คือ ความรู้สึกทางลบ คิดเป็นร้อยละ 28.75 และความรู้สึกเป็นกลาง คิดเป็นร้อยละ 6.25 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบความรู้สึกของนิสิตที่มีต่อการเขียนอนุทิน ณ ตอนต้นและตอนปลายภาคการศึกษา พบว่านิสิต 38 คนจาก 48 คน (ร้อยละ 79.16) มีความรู้สึกที่ดีขึ้น นิสิต 7 คนจาก 48 คน (ร้อยละ 14.58) มีความรู้สึกเหมือนเดิม (นิสิต 3 คน รู้สึกดีเหมือนเดิม นิสิต 4 คนรู้สึกเบื่อเหมือนเดิม และนิสิต 1 คนรู้สึกเฉยๆ เหมือนเดิม) นิสิต 2 คนจาก 48 คน (ร้อยละ 4.17) มีความรู้สึกทางลบมากขึ้น และนิสิต 1 คนจาก 48 คน (ร้อยละ 2.09) มีความรู้สึกทั้งทางบวกและทางลบโดยกล่าวว่า "รู้สึกเบื่อ แต่ก็เห็นว่าการเขียนอนุทินมีประโยชน์" ความรู้สึกที่ดีขึ้นที่มีต่อการเขียนอนุทินส่วนหนึ่งอาจเกิดจากการที่ครูผู้สอนอธิบายจุดประสงค์ ประโยชน์ เนื้อหา และวิธีการเขียนอนุทินให้นิสิตเข้าใจมากขึ้น กระตุ้นให้เห็นความสำคัญของการเขียนอนุทิน (Thorpe, 2004) และใส่ใจอ่านอนุทินและเขียนตอบเพื่อให้ข้อมูลย้อนกลับที่เป็นประโยชน์ต่อนิสิตในการปรับปรุงตนเองและการเรียนรู้ ซึ่งความรู้สึกหรือเจตคติที่ดีขึ้นของผู้เรียนที่มีต่อการเขียนอนุทินนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Selfe and Arbabi (1986 cited in Langer, 2002) Park (2003) และ Francis (1995)

ความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่อประโยชน์ของการเขียนอนุทิน

ความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่อประโยชน์ของการเขียนอนุทินอาจแบ่งได้ 4 ด้าน คือ ความรู้ สังคม อารมณ์และความรู้สึก และวิชาชีพครู ซึ่งมีรายละเอียดดัง Table 5, 6, 7 และ 8 ตามลำดับ

จาก Table 5 พบว่า คำตอบของนิสิตส่วนใหญ่แสดงประโยชน์ของอนุทินในด้านความรู้ คือ การสรุปทบทวนสิ่งที่เรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 37.50 รองลงมา คือ พัฒนาทักษะการเขียน คิดเป็นร้อยละ 14.29 และระบุปัญหาและเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 8.93 ตามลำดับ ความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่อประโยชน์ของการเขียนอนุทินในด้านความรู้ที่พบสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง อาทิ สรุปทบทวนสิ่งที่เรียนรู้ (Bain *et al.*, 1999; Grant *et al.*, 2003) พัฒนาทักษะการเขียน (Conner-Greene,

Table 5 Opinions about advantages of journal writing in knowledge aspect.

Opinions	Frequency (%)
Summarizing and reviewing things learned	42 (37.50%)
Improving writing skill	16 (14.29%)
Identifying problems and proposing their solutions	10 (8.93%)
Applying knowledge	8 (7.14%)
Understanding and memorizing content	7 (6.25%)
Summarizing teaching and learning activities	6 (5.36%)
Improving thinking skills	6 (5.36%)
Constructing concepts	5 (4.47%)
Paying more attention in learning	4 (3.57%)
Self-improvement and self-understanding	4 (3.57%)
Being circumspect	1 (0.89%)
Being punctual	1 (0.89%)
Being responsible	1 (0.89%)
Being mindful	1 (0.89%)

Note More than 1 answer is possible for each participant.

Table 6 Opinions about advantages of journal writing in social aspect.

Opinions	Frequency (%)
Communicating with instructor	21 (36.21%)
Exchanging reading journals with classmates	10 (17.24%)
Being open-minded for other ideas	8 (13.79%)
Improving group work skills	5 (8.62%)
Understanding more about instructor and classmates	5 (8.62%)
Exchanging knowledge with classmates	3 (5.17%)
Narrowing gap between instructor and learners	3 (5.17%)
Being sacrificial	2 (3.45%)
Journal is friend of learner	1 (1.72%)

Note More than 1 answer is possible for each participant.

Table 7 Opinions about advantages of journal writing in affective aspect.

Opinions	Frequency (%)
Expressing feelings	35 (71.43%)
Expressing opinions	3 (6.12%)
I feel good in improving myself by using suggestions from instructor	3 (6.12%)
I feel good with instructor's feedback written in journal	2 (4.08%)
I appreciate in criticizing teaching and learning	2 (4.08%)
I understand more about my feelings	1 (2.04%)
Developing positive attitude toward course	1 (2.04%)
I feel good because instructor read journal thoroughly and paid attention to it	1 (2.04%)
I want to write journal more	1 (2.04%)

Note More than 1 answer is possible for each participant.

2000) ระบุปัญหาและเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหา (Hiemstra, 2001; Maloney and Campbel-Evans, 2002) ประยุกต์ใช้ความรู้ (Good and Whang, 2002; Chirema, in press 2006) เข้าใจและจดจำเนื้อหาได้ดีขึ้น (Bain *et al.*, 1999, 62; Conner-Greene, 2000) สรุปทบทวนกิจกรรมการเรียนรู้ (Maloney and Campbel-Evans, 2002; Grant *et al.*, 2003) พัฒนาการคิด (Maloney and Campbel-Evans, 2002; Grant *et al.*, 2003) ทำให้ตั้งใจเรียน (Conner-Greene, 2000; Park, 2003) เข้าใจตนเองดีขึ้น (Hiemstra, 2001; Thorpe, 2004) สร้างแนวคิดหรือตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง (Langer, 2002) และสร้างความรับผิดชอบ (Park, 2003)

จาก Table 6 พบว่า คำตอบของนิสิตส่วนใหญ่แสดงประโยชน์ของอนุทินในด้านสังคม คือ ติดต่อสื่อสารกับครูผู้สอน คิดเป็นร้อยละ 36.21 รองลงมาคือแลกเปลี่ยนกับเพื่อนอ่านอนุทิน คิดเป็นร้อยละ 17.24 และ รู้จักรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น คิดเป็นร้อยละ 13.79 ตามลำดับ ความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่อประโยชน์ของการเขียนอนุทินในด้านสังคมที่พบสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง อาทิ ติดต่อสื่อสารกับครูผู้สอน (Langer, 2002; Maloney and Campbel-Evans, 2002) รู้จักรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น หรือลดช่องว่างระหว่างผู้เรียนและครูผู้สอน (Maloney and Campbel-Evans, 2002)

จาก Table 8 พบว่า คำตอบของนิสิตส่วนใหญ่แสดงประโยชน์ของอนุทินในด้านอารมณ์และความรู้สึก คือ ระบายความรู้สึก คิดเป็นร้อยละ 71.43

Table 8 Opinions about advantages of journal writing in professional aspect.

Opinions	Frequency (%)
I will require my students to write journal for improving teaching and learning	16 (45.71%)
Using students' journals as assessment tool	6 (17.14%)
Using students' journals to understand students	5 (14.29%)
Using students' journals to reflect students' problems	2 (5.71%)
Using instructor's responses as example of how to respond to students' journals	2 (5.71%)
Journal writing improving teaching profession	2 (5.71%)
Practicing computer skills	1 (2.86%)

รองลงมา คือ แสดงความคิดเห็น คิดเป็นร้อยละ 6.12 รู้สึกดีที่ได้ปรับปรุงตัวเองตามคำแนะนำของครูผู้สอน คิดเป็นร้อยละ 6.12 และรู้สึกดีจากการเขียนตอบของครูผู้สอน คิดเป็นร้อยละ 4.08 และพอใจที่ได้ติชมกิจกรรมการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 4.08 ตามลำดับ ความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่อประโยชน์ของการเขียนอนุทินในด้านอารมณ์และความรู้สึกที่พบสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง อาทิ ระบายความรู้สึก (Maloney and Campbel-Evans, 2002) พอใจที่ได้ติชมกิจกรรมการเรียนรู้ (Langer, 2002)

จาก Table 8 พบว่า คำตอบของนิสิตส่วนใหญ่แสดงประโยชน์ของอนุทินในด้านวิชาชีพครู คือ ในอนาคตจะใช้อนุทินเพื่อหาแนวทางปรับปรุงการเรียนการสอน คิดเป็นร้อยละ 45.71 รองลงมา คือ ใช้อนุทินเป็นเครื่องมือประเมินผลการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 17.14 และใช้อนุทินทำความเข้าใจผู้เรียน คิดเป็นร้อยละ 14.29 ตามลำดับ ความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่อประโยชน์ของการเขียนอนุทินในด้านวิชาชีพครูที่พบสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง อาทิ ในอนาคตจะใช้อนุทินเพื่อหาแนวทางปรับปรุงการเรียนการสอน (Good and Whang, 2002; Grant *et al*., 2003) และการเขียนอนุทินกระตุ้นให้คิดว่าจะนำความรู้ที่ได้ไปใช้กับการสอนในอนาคตอย่างไร (Dart *et al*., 1998)

เมื่อพิจารณาในภาพรวมจาก Table 5-8 พบว่า คำตอบของนิสิตส่วนใหญ่แสดงถึงประโยชน์ของการเขียนอนุทินในด้านความรู้ คิดเป็นร้อยละ 44.09 ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่อจุดประสงค์ของการเขียนอนุทินด้านความรู้ (Table 2) โดยเฉพาะการสรุปทบทวนสิ่งที่เรียนรู้ รองลงมา คือ ด้านสังคม คิดเป็นร้อยละ 22.84 ด้านอารมณ์และความรู้สึก คิดเป็นร้อยละ 19.29 และด้านวิชาชีพครู คิดเป็นร้อยละ 13.78 ตามลำดับ

ความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่อข้อด้อยของการเขียนอนุทิน

ความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่อข้อด้อยของการเขียนอนุทิน แสดงได้ดัง Table 9

จาก Table 9 พบว่า คำตอบของนิสิตส่วนใหญ่แสดงข้อด้อยของการเขียนอนุทิน คือ การเขียนอนุทินทำให้รู้สึกเบื่อเพราะมีหัวข้อเหมือนเดิม คิดเป็นร้อยละ 17.65 รองลงมา คือ การเขียนอนุทินเป็นการเพิ่มภาระงาน คิดเป็นร้อยละ10.29 และมีการลอกอนุทินกัน คิดเป็นร้อยละ 8.82 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม นิสิตร้อยละ 10.29 เห็นว่าไม่มีข้อด้อยในการเขียนอนุทิน ความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่อข้อด้อยของการเขียนอนุทินที่พบสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง อาทิ การเขียนอนุทินทำให้รู้สึกเบื่อเพราะมีหัวข้อเหมือนเดิม (Cisero, 2006) เขียนอนุทินโดยรักษาน้ำใจของครูผู้สอนหรือคะแนน (Francis, 1995; Chirema, in press 2006) การเขียนอนุทินเป็นสิ่งที่เสียเวลา (Good and Whang, 2002; Chirema, in press 2006) เวลาน้อยทำให้เขียนอนุทินไม่ละเอียด (Grant *et al*., 2003) ไม่รู้จะสื่อสารให้ครูผู้สอนเข้าใจอย่างไร (Chirema, in press 2006) ไม่เข้าใจขอบเขตของ

การเขียนอนุทิน (Maloney and Campbel-Evans, 2002; Langer, 2002) และเสียค่าใช้จ่ายมากในการพิมพ์อนุทิน (Grant *et al.*, 2003)

ความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่ออุปสรรคในการเขียนอนุทิน

ความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่ออุปสรรคในการเขียนอนุทิน แสดงได้ดัง Table 10

จาก Table 10 พบว่า คำตอบของนิสิตส่วนใหญ่แสดงอุปสรรคในการเขียนอนุทิน คือ ไม่รู้ว่าจะเขียนอะไรในอนุทิน คิดเป็นร้อยละ 24.36 รองลงมาคือ นึกกิจกรรมการเรียนการสอนไม่ออก คิดเป็นร้อยละ

Table 9 Opinions about disadvantages of journal writing.

Opinions	Frequency (%)
I am bored because I have to write in same topics	12 (17.65%)
Journal writing have no disadvantages	7 (10.29%)
Writing journal increasing more workload	7 (10.29%)
Learners copying journals from each other	6 (8.82%)
I am lazy in writing journal	5 (7.35%)
I write journal to secure instructor's feeling and scores	5 (7.35%)
Writing journal is waste of time	5 (7.35%)
I am tired in writing journal	3 (4.41%)
I have no time, I write journal roughly	3 (4.41%)
Instructor must give feedback in journal to make it more useful	3 (4.41%)
I have other tasks interfering journal writing	3 (4.41%)
I have to write journal after finished class, nevertheless I forget things learned	2 (2.94%)
Fixed-format journal fix my thinking in writing journal	2 (2.94%)
I am serious in communicating with instructor	2 (2.94%)
I do not understand limitation of journal writing	1 (1.47%)
Cost of printing journal is high	1 (1.47%)

Note More than 1 answer is possible for each participant.

Table 10 Opinions about obstacles of journal writing.

Opinions	Frequency (%)
I have no idea to write journal	19 (24.36%)
I cannot remember teaching and learning activity to write in journal	15 (19.23%)
I have other tasks interfering journal writing	8 (10.26%)
I have problem when printing journal	8 (10.26%)
I have no problem in writing journal	5 (6.41%)
I am lazy in writing journal	5 (6.41%)
I have no time to write journal	5 (6.41%)
I have difficulty in summarizing things learned	5 (6.41%)
I am confused with items of journal	4 (5.13%)
I am bored and do not want to write journal	2 (2.56%)
I dislike expressing feeling and opinions in journal	1 (1.28%)
I forget to write journal	1 (1.28%)

Note More than 1 answer is possible for each participant.

19.23 และมีภาระงานจากวิชาอื่นแทรกแซง และมีปัญหาในการพิมพ์อนุทิน คิดเป็นร้อยละ 10.26 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม นิสิตร้อยละ 6.41 ระบุว่า ไม่มีอุปสรรคในการเขียนอนุทิน ความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่ออุปสรรคในการเขียนอนุทินที่พบสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง อาทิ ไม่รู้จะเขียนอะไรในอนุทิน (Maloney and Campbel-Evans, 2002) มีปัญหาในการพิมพ์อนุทิน หรือไม่มีเวลาเขียนอนุทิน (Grant *et al.*, 2003) และเบื่อไม่อยากเขียนอนุทิน (Cisero, 2006)

ความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการเขียนอนุทินของตนเอง

ความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการเขียนอนุทินของตนเอง แสดงได้ดัง Table 11

จาก Table 11 พบว่า นิสิตส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อการเขียนอนุทิน คือ พึงพอใจมากเพราะสรุปทบทวนสิ่งที่เรียนรู้ได้ดี คิดเป็นร้อยละ 18.75 รองลงมา คือ พึงพอใจมากเพราะเขียนอนุทินอย่างตรงไปตรงมา คิดเป็นร้อยละ 14.58 พึงพอใจมากเพราะตั้งใจเขียนอนุทิน คิดเป็นร้อยละ 12.50 และพึงพอใจมากเพราะเขียนอนุทินดีขึ้น คิดเป็นร้อยละ 8.33 ตามลำดับ โดยสรุปในภาพรวมพบว่า นิสิตพึงพอใจต่อการเขียนอนุทินในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 58.33 ระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 29.17 ระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 6.25 และระดับน้อย คิดเป็นร้อยละ 6.25 ตามลำดับ นอกจากนั้นพบว่า ความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการเขียนอนุทินสอดคล้องกับความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่อประโยชน์ของการเขียนอนุทินดังปรากฏใน Table 5 จึงอาจกล่าวได้ว่า ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเขียนอนุทินเกิดจากการเล็งเห็นประโยชน์ของการเขียนอนุทิน

Table 11 Appreciation of journal writing.

Aspects of appreciation	Frequency (%)
I very appreciate in journal writing because I summarize things learned and identified problems	13 (27.08%)
I very appreciate in journal writing because I express my feelings sincerely	7 (14.58%)
I very appreciate in journal writing because I pay attention in writing journal	6 (12.50%)
I very appreciate in journal writing because I improve writing journal	4 (8.33%)
I appreciate journal writing because I am lazy in writing journal	3 (6.25%)
I appreciate journal writing because I am not good in summarizing things learned	3 (6.25%)
I appreciate journal writing because I rarely submit journal	2 (4.17%)
I appreciate journal writing because I forget some teaching and learning activities	2 (4.17%)
I very appreciate in journal writing because there are good feedback from instructor	1 (2.08%)
I appreciate journal writing because I summarized things learned and identified problems	1 (2.08%)
I appreciate journal writing because I change my journal format	1 (2.08%)
I appreciate journal writing because I write journal in detail	1 (2.08%)
I appreciate journal writing because I write journal concisely and useful	1 (2.08%)
I do not appreciate journal writing because I am lazy in writing journal	1 (2.08%)
I do not appreciate journal writing because I was forced to write journal	1 (2.08%)
I do not appreciate journal writing because I am not good in summarizing things learned and expressing feelings and opinions	1 (2.08%)

ความต้องการของนิสิตให้มีกิจกรรมการเขียนอนุทิน

ความต้องการของนิสิตให้มีกิจกรรมการเขียนอนุทิน แสดงได้ดัง Table 12

จาก Table 12 พบว่า คำตอบของนิสิตส่วนใหญ่แสดงว่า ควรให้มีการเขียนอนุทินต่อไปเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน คิดเป็นร้อยละ 19.00 รองลงมา คือ ควรให้มีการเขียนอนุทินต่อไปเพราะเป็นการสรุปทบทวนสิ่งที่เรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 15.19 และควรให้มีการเขียนอนุทินต่อไปเพราะได้แสดงความรู้สึกและความคิดเห็น คิดเป็นร้อยละ 12.66 ตามลำดับ ซึ่งเหตุผลสนับสนุนกิจกรรมการเขียนอนุทินนี้สอดคล้องกับความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่อประโยชน์ของการเขียนอนุทิน อาทิ สรุปทบทวนสิ่งที่เรียนรู้ (Table 5) ปรับปรุงการเรียนการสอน (Table 7) และระบายความรู้สึก (Table 6) นอกจากนั้น เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่านิสิตถึง 45 คนจาก 48 คน (ร้อยละ 93.75) มีความเห็นว่า ควรมีกิจกรรมการเขียนอนุทินต่อไป นิสิต 1 คนจาก 48 คน (ร้อยละ 2.08) มีความเห็นว่า ไม่ควรมีต่อไป นิสิต 1 คนจาก 48 คน (ร้อยละ 2.08) มีความเห็นว่า มีหรือไม่มีก็ได้ และนิสิต 1 คนจาก 48 คน (ร้อยละ 2.08) มีความเห็นว่า ถ้าเลือกได้จะไม่เขียนอนุทิน (Maloney and Campbel-Evans, 2002)

Table 12 Opinions about integrating journal writing activity in courses.

Opinions	Frequency (%)
Keeping journal writing activity because it is useful in improving teaching and learning	15 (19.00%)
Keeping journal writing activity because it helps summarize things learned	12 (15.19%)
Keeping journal writing activity because I have chance to express my feelings and opinions	10 (12.66%)
Keeping journal writing activity because it helps me improve myself	5 (6.33%)
Keeping journal writing activity because it reflects self-improvement	5 (6.33%)
Keeping journal writing activity because it helps me remember and understand content	5 (6.33%)
Keeping journal writing activity because instructor and learners can exchange opinions	4 (5.06%)
Keeping journal writing activity because it is assessment tool	4 (5.06%)
Keeping journal writing activity because it reflects ways to solve problems	3 (3.80%)
Keeping journal writing activity because it makes learners pay attention in learning	3 (3.80%)
Keeping journal writing activity because it is communication tool	2 (2.53%)
Keeping journal writing activity because it encourages learners' responsibilities	2 (2.53%)
Keeping journal writing activity because it helps improve writing skills	2 (2.53%)
Keeping journal writing activity because it makes learners realize way to apply knowledge	2 (2.53%)
Keeping journal writing activity because it narrows gap between instructor and learners	1 (1.27%)
Keeping journal writing activity because it helps analytical thinking	1 (1.27%)
Cutting journal writing activity because learners copy journals from each other	1 (1.27%)
Writing journal or not is OK for me	1 (1.27%)
If I have choice, I prefer not to write journal	1 (1.27%)

Note More than 1 answer is possible for each participant.

ข้อเสนอแนะของนิสิตเพื่อปรับปรุงกิจกรรมการเขียนอนุทิน

นิสิตมีข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงกิจกรรมการเขียนอนุทินให้ดียิ่งขึ้น แสดงได้ดัง Table 13

จาก Table 13 พบว่า นิสิตส่วนใหญ่มีข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงกิจกรรมการเขียนอนุทิน คือ ไม่ควรกำหนดหัวข้อของอนุทิน ควรให้อิสระในการเขียน คิดเป็นร้อยละ 14.29 รองลงมา คือ ครูผู้สอนควรแนะนำการเขียนอนุทินในคาบแรกเพื่อความเข้าใจที่ถูกต้อง และครูผู้สอนควรให้เขียนอนุทินส่งท้ายคาบเรียน คิดเป็นร้อยละ 9.52 และหัวข้ออนุทินควรหลากหลายแต่ไม่ซ้ำซ้อน คิดเป็นร้อยละ 7.14 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม นิสิตคิดเป็นร้อยละ 23.81 เห็นว่า เท่าที่เป็นอยู่ก็ดีอยู่แล้ว

กล่าวโดยสรุป จากงานวิจัยนี้พบว่า

1. ความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่อจุดประสงค์ของการเขียนอนุทินเน้นด้านความรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสรุปทบทวนสิ่งที่เรียนรู้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับความคิดเห็นที่มีต่อประโยชน์ของการเขียนอนุทิน

2. ณ ตอนปลายภาคการศึกษา นิสิตมีความรู้สึกหรือเจตคติที่ดีขึ้นต่อการเขียนอนุทินเพราะเข้าใจจุดประสงค์ ประโยชน์ เนื้อหา และวิธีการเขียนอนุทินดีขึ้น ตระหนักถึงความสำคัญของการเขียนอนุทิน และพอใจต่อการเขียนตอบอนุทินของครูผู้สอน โดยนิสิตส่วนใหญ่ต้องการให้มีกิจกรรมการเขียนอนุทินต่อไป

3. ความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการเขียนอนุทินมีความสอดคล้องกับความคิดเห็นที่มีต่อประโยชน์ของอนุทิน อาทิ การสรุปทบทวนสิ่งที่เรียนรู้ การพัฒนาทักษะการเขียน และการระบุปัญหาและแนวทางแก้ปัญหา

4. นิสิตเห็นว่าข้อด้อยของการเขียนอนุทินก็คือ การเขียนอนุทินทำให้รู้สึกเบื่อเพราะมีหัวข้อเหมือนเดิม การเขียนอนุทินเป็นการเพิ่มภาระงาน และมีการลอกอนุทินกัน

5. นิสิตเห็นว่าอุปสรรคในการเขียนอนุทินคือ ไม่รู้จะเขียนอะไรในอนุทิน นึกกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อเขียนอนุทินไม่ออก มีภาระงานจากวิชาอื่นแทรกแซง และมีปัญหาในการพิมพ์อนุทิน

6. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเขียนอนุทินของนิสิต คือ ความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนอนุทิน ความตระหนักต่อประโยชน์จากการเขียนอนุทินในการพัฒนาตนเอง

Table 13 Participants' suggestions for improving journal writing activity

Suggestions	Frequency (%)
As it is now, it is OK	10 (23.81%)
Instructor should not fix items, learners should have freedom in writing	6 (14.29%)
Instructor should clearly describe how to write journal in first period	4 (9.52%)
Instructor should let learners write journal at end of each class	4 (9.52%)
Items in journal should be varied, but not redundant	3 (7.14%)
Writing journal should be assigned only in some important weeks	2 (4.76%)
Instructor should not grade journal	2 (4.76%)
Instructor should respond to journal regularly	2 (4.76%)
Instructor should add item "Linkage of prior and new knowledge" and "Others"	2 (4.76%)
Instructor should make journal more interesting and concise	2 (4.76%)
Instructor should fix items in journal	1 (2.38%)
Instructor should assign different items of journal in each class	1 (2.38%)
Instructor should demonstrate example of good journal	1 (2.38%)
Instructor should stimulate learners' eagerness to write journal	1 (2.38%)
Journal should be hand-written to avoid copying journals among learners	1 (2.38%)

และการเรียนการสอน และการเขียนตอบอนุทินของครูผู้สอน

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงกิจกรรมการเขียนอนุทินในวิชาต่าง ๆ ดังนี้

1. ในคาบแรกของการเรียนการสอนครูผู้สอนควรอธิบายให้ผู้เรียนเข้าใจถึงจุดประสงค์ ประโยชน์ เนื้อหา และวิธีการเขียนอนุทิน โดยอาจแสดงตัวอย่างอนุทินประกอบเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจกิจกรรมการเขียนอนุทินดียิ่งขึ้น

2. ครูผู้สอนควรใส่ใจอ่านอนุทินและเขียนตอบเพื่อให้ข้อมูลย้อนกลับที่เป็นประโยชน์แก่ผู้เรียนในการปรับปรุงตนเองและการเรียนรู้ อีกทั้งใช้ประโยชน์จากข้อเสนอแนะของผู้เรียนเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน สิ่งเหล่านี้จะทำให้ผู้เรียนตระหนักถึงความสำคัญของการเขียนอนุทินและการใช้ประโยชน์จากอนุทิน ส่งผลให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเขียนอนุทิน ไม่คิดว่าการเขียนอนุทินเป็นการเพิ่มภาระงานแต่เป็นกิจกรรมที่มีประโยชน์ต่อตนเองและผู้เกี่ยวข้อง

3. เพื่อป้องกันการจำกัดความคิดในการเขียนอนุทิน ครูผู้สอนไม่ควรกำหนดหัวข้ออนุทินตายตัว แต่ควรกำหนดเป็นหัวข้อหลักประมาณ 2-3 หัวข้อ เช่น สิ่งที่เรียนรู้ ความรู้สึกและประสบการณ์ หรือการประยุกต์ใช้ สำหรับหัวข้อนอกเหนือจากนั้นควรให้อิสระแก่ผู้เรียนเขียนเพิ่มเติมเอง

4. ครูผู้สอนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนตระหนักถึงความเป็นเจ้าของอนุทินและการเรียนรู้ มีความซื่อสัตย์ในการสะท้อนความคิด ความรู้สึก รวมทั้งการเรียนรู้ของตนเอง เพื่อป้องกันมิให้ผู้เรียนลอกอนุทินมาส่ง

5. ประเด็นเกี่ยวกับการให้คะแนนหรือไม่ให้คะแนนอนุทินของผู้เรียนว่าส่งผลอย่างไรต่อการเขียนอนุทินและการใช้ประโยชน์จากอนุทินของผู้เรียนยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ ซึ่งอาจนำมาเป็นหัวข้อวิจัยสำหรับผู้ที่สนใจต่อไปได้

เอกสารอ้างอิง

Bain, J. D., R. Ballantyne, J. Packer, and C. Mills. 1999. "Using Journal Writing to Enhance Student Teachers' Reflectivity During Field Experience Placements". *Teachers and Teaching: Theory and Practice* 5(1): 51-73.

Chirema, K. D. 2006. "The Use of Reflective Journals in the Promoting of Reflection and Learning in Post-registration Nursing Students". *Nurse Education Today*. (in press)

Cisero, C. A. 2006. "Does Reflective Journal Writing Improve Course Performance?" *College Teaching* 54(2): 231-236.

Conner-Greene, P. A. 2000. "Making Connections: Evaluating the Effectiveness of Journal Writing in Enhancing Student Learning". *Teaching of Psychology* 27(1): 44-46.

Dart, B. C., B. Boulton-Lewis, J. M. Brownlee, and A. R. McCrindle. 1998. "Change in Knowledge of Learning and Teaching Through Journal Writing". *Research Papers in Education* 13(3): 291-318.

Francis, D. 1995. "The Reflective Journal: A Window to Preservice Teachers' Practical Knowledge. *Teaching and Teacher Education* 11(3): 229-241.

Good, J. M. and P. A. Whang. 2002. "Encouraging Reflection in Preservice Teachers Through Response Journals". *The Teaching Educator* 37(4): 254267.

Grant, A., A. Berlin, and G. K. Freeman. 2003. "The Impact of a Student Learning Journal: A Two-Stage Evaluation Using the Nominal Group Technique". *Medical Teacher* 25(60): 659-668.

Hiemstra, R. 2001. "Uses and Benefits of Journal Writing". *New Directions for Adult and Continuing Education* 9: 19-26.

Langer, A. M. 2002. "Reflecting on Practice: Using

Learning Journals in Higher and Continuing Education". *Teaching in Higher Education* 7(3): 337-351.

Maloney, C. and G. Campbel-Evans. 2002. "Using Interactive Journal Writing as a Strategy for Professional Growth". *Asia-Pacific Journal of Teacher Education* 30(1): 39-50.

Park, C. 2003. "Engaging Students in the Learning Process: the Learning Journal". *Journal of Geography in Higher Education* 27(2): 183-199.

Thorpe, K. 2004. "Reflective Learning Journals: From Concept to Practice". *Reflective Practice* 5(3): 327-343.

THE KASETSART JOURNAL
Social Sciences
Volume 25, Number 2, 2004

ISSN 0125-8370

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารวิทยาสารเกษตรศาสตร์
Factor Related to Research Publishing on Kasetsart Journal
..... อรวรรณ วงษ์วานิช 226
ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวเกี่ยวกับการท่องเที่ยวเชิงเกษตรเลียบคลองมหาสวัสดิ์ อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม
Tourists' Satisfaction on Agrotourism along Mahasawad Canal, Phutthamonthon District, Nakhon Pathom Province
..... ยศวีร์ ยุกตะนันท์ สมศรี ภัทรธรรม กาญจนเศ อรรถวิภาคไพศาลย์ และ ไพโรจน์ สังข์เดช 239
Consumption Behavior of Overnutritional Pupils at Upper Level of Primary School in Kamphaeng Phet Province
..... Lalida Jamjumras and Wiyada Tanvatanagul 248
Factors Affecting High School Students' Emotional Quotient in Chiang Mai Province
..... Marayat Yotongyos and Wiyada Tanvatanagul 254

The Official Journal of Kasetsart University
Published by the Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

วิทยาสารเกษตรศาสตร์

สาขาสังคมศาสตร์

ปีที่ ๒๕ ฉบับที่ ๒
กรกฎาคม – ธันวาคม ๒๕๔๗
ISSN 0125 - 8370

THE KASETSART JOURNAL

Social Sciences

http://www.rdi.ku.ac.th
July – December 2004
Volume 25 Number 2

การเลือกใช้สีกับบุคลิกภาพ และความเครียดของนิสิต นักศึกษา มหาวิทยาลัยของรัฐ ในกรุงเทพมหานคร
Color Preference, Personality, and Stress of Public University Students in Bangkok Metropolis
..... ศาลินา วงษ์ไทย และ สุภาพ ฉัตราภรณ์ 129
การศึกษาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4
A Study of Level 4 Students' Photosynthesis Conceptions
..... สิรินภา กิจเกื้อกูล และ นฤมล ยุตาคม 139
การสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับฟิสิกส์ของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู
Exploring Preservice Physics Teachers' Content Knowledge
..... ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ เพ็ญจันทร์ ชิงห์ และ วรรณทิพา รอดแรงค้า 150
ความคิดเห็นของครูและนักเรียนเกี่ยวกับสภาพการเรียนการสอนวิวัฒนาการ
Opinions of Teachers and Students on the Current Practice of Teaching and Learning of Evolution Concepts
..... พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และ วรรณทิพา รอดแรงค้า 166
สถานภาพการบริหารและการดำเนินงานวิจัยทุนอุดหนุนวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีงบประมาณ 2544
A Status Report on the Institutional Management and Research Implementation of Kasetsart University Research Fund: 2001 Fiscal Year
..... ภัทรา ชูวาธิวัฒน์ 180
การศึกษาเพื่อกำหนดแนวทางส่งเสริมการเข้าสู่ตำแหน่ง "ศาสตราจารย์" ของคณาจารย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
A Study to Identify Ways for Professorship Promotion of Kasetsart University Lecturers
..... สุวรรณา ธุวโชติ และ สุวรรณา สังสิทธยากร 196
บทสะท้อนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ลงพิมพ์ในวารสารวิทยาสารเกษตรศาสตร์
Reflexive of Kasetsart University's Research Works Published in Kasetsart Journal
..... อรวรรณ วงษ์วานิช 206

• วารสารทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับฟิสิกส์ของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

Exploring Preservice Physics Teachers' Content Knowledge

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์[1] เพ็ญจันทร์ ซิงห์[2] และวรรณทิพา รอดแรงค้า[3]

Khajornsak Buaraphan, Penchantr Singh and Vantipa Roadrangka

ABSTRACT

To explore the preservice physics teachers' physics concepts and categorize those concepts with respect to scientific concepts, thirty three preservice physics teachers from seven teacher colleges all over Thailand were asked to complete the Physics Concept Test (PCT). The test is consisted of the following main areas: mechanics, wave, electric and magnetic fields, thermodynamics, electromagnetic wave, and atomic physics and physics nuclear. The results revealed that the preservice physics teachers' concepts varied from scientific concepts, alternative concepts, to incorrect concepts. From this, most of the preservice physics teachers had alternative conceptions on all main areas.

Key words: content knowledge, preservice physics teachers, scientific concept, alternative concept

บทคัดย่อ

เพื่อสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์ และจำแนกแนวคิดดังกล่าวโดยเปรียบเทียบกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ นิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์จำนวน 33 คน จากสถาบันการผลิตครู 7 แห่งทั่วประเทศ ทำแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาในวิชาฟิสิกส์ 6 เรื่องหลัก ได้แก่ กลศาสตร์ คลื่น ไฟฟ้าแม่เหล็ก ความร้อนและอุณหพลศาสตร์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิสิกส์อะตอมและฟิสิกส์นิวเคลียร์ ผลการวิจัยพบว่านิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์มีแนวคิดที่หลากหลายตั้งแต่แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จนถึงแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง

[1] โครงการผลิตนักวิจัยพัฒนาด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
The Program to Prepare Research and Development Personnel for Science Education, Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

[2] ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
Department of Physics, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

[3] ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

โดยพบแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในทุกเรื่องหลัก

บทนำ

การปฏิรูปการเรียนรู้ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 (ONEC, 2000: I) ซึ่งเกี่ยวข้องกับบุคคลหลายฝ่าย ทั้งผู้บริหารสถานศึกษา ครูผู้สอนและบุคลากรทางการศึกษา ผู้ปกครองและนักเรียน แต่บุคคลที่ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการปฏิรูปการเรียนรู้ คือ ครูผู้สอน เพราะว่าครูผู้สอนเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนซึ่งจะเป็นกำลังสำคัญของประเทศชาติต่อไปในอนาคต (Office of Rajabhat Institute Council, 2002; Secretariat of the Teacher Council, 1994; Tuan and Kaou, 1997)

ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ครูวิทยาศาสตร์ถือว่าเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญยิ่งในการส่งเสริม การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนและพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้ที่มีความรอบรู้ในทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (scientific and technological literacy) กล่าวคือ เป็นผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานต่าง ๆ ในทางวิทยาศาสตร์และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ความเข้าใจนั้นในการแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้ สามารถมี ปฏิสัมพันธ์ต่อประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และสังคมได้อย่างเหมาะสม คิดวิเคราะห์ มีวิจารณญาณใน การตัดสินใจประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ได้ (National Research Council, 1995) ซึ่งถือว่าเป็นคุณสมบัติสำคัญที่จำเป็นต้องพัฒนาให้เกิดกับผู้เรียนทุกคนในโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งความรู้ (knowledge based society) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545: 1-2)

จากคุณสมบัติที่พึงประสงค์ของผู้เรียนดังกล่าวนี้เอง กระตุ้นให้เกิดกระแสการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ทั้งในส่วนของครูก่อนประจำการและครูประจำการอย่างเร่งด่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเตรียมความพร้อมของครูก่อนประจำการนั้นเป็นประเด็นที่หลายฝ่ายให้ความสนใจเป็นอย่างยิ่งว่าการพัฒนานิสิตนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์นั้นควรจะเป็นไปในแนวทางใดเพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของประเทศชาติได้

การพัฒนาและเตรียมความพร้อมของนิสิตนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์นั้น เป็นหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงของคณาจารย์ในสถาบันการผลิตครูทั้งในส่วนของสถาบันราชภัฏและมหาวิทยาลัย ซึ่งต้องมีความรู้ความเข้าใจในการจัดประสบการณ์วิชาชีพครูอย่างถ่องแท้ มีการวิเคราะห์หาจุดอ่อน จุดแข็ง โอกาส ปัญหาและอุปสรรคในการจัดประสบการณ์วิชาชีพครูแก่นิสิตนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ ซึ่งความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ (science content knowledge) ของนิสิตนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์นั้นเป็นดัชนีชี้วัดที่สำคัญตัวหนึ่งในการประเมินสภาพปัจจุบัน และให้แนวทางในการวางแผนเพื่อพัฒนากระบวนการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ต่อไปในอนาคต

งานวิจัยนี้จึงเกิดขึ้น เพื่อศึกษาแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ของนิสิตนักศึกษาวิชาเอกฟิสิกส์ของสถาบันการผลิตครูทั่วประเทศ โดยความรู้ในเนื้อหาดังกล่าวครอบคลุม 6 เรื่องหลักในวิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายตามคู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545) อันได้แก่ เรื่อง กลศาสตร์ คลื่น ไฟฟ้าแม่เหล็ก ความร้อนและอุณหพลศาสตร์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และฟิสิกส์อะตอมและฟิสิกส์นิวเคลียร์ ผลการสำรวจจะให้ข้อมูลย้อนกลับแก่คณาจารย์และบุคลากรที่เกี่ยวข้องในการเตรียมความพร้อมด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์แก่นิสิตนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ของสถาบันการผลิตครูต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสำรวจแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับวิชา

ฟิสิกส์ของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์

2. เพื่อเปรียบเทียบแนวคิดของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

3. เพื่อจำแนกแนวคิดพื้นฐานต่าง ๆ ในวิชาฟิสิกส์ของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ในเรื่องกลศาสตร์ คลื่น ไฟฟ้าแม่เหล็ก ความร้อนและอุณหพลศาสตร์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และฟิสิกส์อะตอมและฟิสิกส์นิวเคลียร์ของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์จากสถาบันการผลิตครู 7 แห่ง

นิยามศัพท์

แนวคิดเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ หมายถึง แนวคิดของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์ เกี่ยวกับกลศาสตร์ คลื่น ไฟฟ้าแม่เหล็ก ความร้อนและอุณหพลศาสตร์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และฟิสิกส์อะตอมและฟิสิกส์นิวเคลียร์ซึ่งวัดได้จากแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ (Physics Concept Test)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ให้ข้อมูลแก่คณาจารย์สถาบันการผลิตครูที่เกี่ยวข้องในการเตรียมความพร้อม และให้ความช่วยเหลือนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์ก่อนปฏิบัติงานสอน

2. ให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้บริหาร คณาจารย์ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการพัฒนาหลักสูตรการผลิตครูวิทยาศาสตร์วิชาเอกฟิสิกส์ในด้านการเตรียมความพร้อมด้านเนื้อหาวิชา และแนวทางการพัฒนาหลักสูตรการผลิตครูวิทยาศาสตร์วิชาเอกฟิสิกส์ในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยแบ่งเขตพื้นที่การศึกษาออกเป็น 4 เขต คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ แล้วเลือกจังหวัดที่มีสถาบันการผลิตครูทั้งสถาบันราชภัฏและมหาวิทยาลัยที่มีหลักสูตรการผลิตครูวิทยาศาสตร์ แต่ละเขตพื้นที่ ๆ ละ 1 จังหวัด แต่ถ้าสถาบันราชภัฏหรือมหาวิทยาลัยในจังหวัดที่เลือกไม่มีหลักสูตรการผลิตครูวิทยาศาสตร์ ก็จะคัดเลือกจังหวัดอื่นในเขตพื้นที่เดียวกันที่มีสถาบันราชภัฏหรือมหาวิทยาลัยที่มีหลักสูตรการผลิตครูวิทยาศาสตร์ รวมสถาบันผลิตครูทั้งหมด 7 แห่ง

1. ประชากร

นิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 4 จากสถาบันการผลิตครูดังกล่าวข้างต้น

2. กลุ่มตัวอย่าง

นิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 4 ที่ถูกสุ่มมาร้อยละ 50 จากจำนวนนิสิต นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์ทั้งหมดในแต่ละสถาบันการผลิตครูโดยอาจารย์นิเทศก์ของนิสิต นักศึกษาในสถาบันการผลิตครูนั้น ๆ พบว่ามีสถาบันการผลิตครู 7 แห่ง ที่มีนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์ โดยเป็นมหาวิทยาลัย 4 แห่ง และเป็นสถาบันราชภัฏ 3 แห่ง รวมมีนิสิตนักศึกษาทั้งสิ้น 33 คน

รูปแบบการวิจัย

รูปแบบการวิจัยที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจ โดยผู้วิจัยสำรวจแนวคิดของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์จำนวน 33 คน จากสถาบันการผลิตครูที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในช่วงเดือนพฤษภาคม และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2545

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดแนวคิดเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์แบบคำถามปลายเปิด (open-ended questions) จำนวน 42 ข้อ ครอบคลุมสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คือ สาระการเรียนรู้ที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ และสาระการเรียนรู้ที่ 5 พลังงาน ตามหลักสูตรของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งวัดแนวคิดเกี่ยวกับฟิสิกส์ 6 เรื่องหลัก คือ กลศาสตร์ คลื่น ไฟฟ้าแม่เหล็ก ความร้อนและอุณหพลศาสตร์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และฟิสิกส์อะตอมและฟิสิกส์นิวเคลียร์

แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับฟิสิกส์ของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูนั้น มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารต่าง ๆ ได้แก่ คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หนังสือเรียน คู่มือครูวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อวิเคราะห์แนวคิดพื้นฐานต่าง ๆ ในวิชาฟิสิกส์ และหาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (scientific conception) ของแนวคิดพื้นฐานเหล่านั้น

2. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถาม เพื่อวัดแนวคิดพื้นฐานต่าง ๆ ในวิชาฟิสิกส์

3. นำข้อคำถามที่สร้างขึ้น ตลอดจนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแนวคิดพื้นฐานต่าง ๆ ในวิชาฟิสิกส์ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 2 ท่าน ซึ่งเป็นคณาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งประเด็นที่ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาตรวจสอบมีดังต่อไปนี้

3.1 ความถูกต้องของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแนวคิดพื้นฐานต่าง ๆ ในวิชาฟิสิกส์

3.2 ความเหมาะสมของข้อคำถามในการวินิจฉัยแนวคิด

3.3 การสื่อความหมายของข้อคำถาม และความถูกต้องของคำตอบ

4. แก้ไข ปรับปรุงข้อคำถาม และนำไปทดลองใช้กับกลุ่มนิสิตนักศึกษาขนาดเล็กจำนวน 9 คนที่มีลักษณะเดียวกับนิสิตนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเข้าใจในภาษาและการสื่อความหมายของข้อคำถาม และนำข้อคำถามที่ผ่านการแก้ไขปรับปรุงแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 2 ท่านเดิมอีกครั้ง เพื่อรับข้อเสนอแนะในเรื่องรูปแบบของแบบวัดแนวคิด ความถูกต้องของภาษาที่ใช้ และการสื่อความหมายของข้อคำถาม

5. นำข้อสอบที่ได้ไปเก็บข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ระยะเวลาของการเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละสถาบันการผลิตครูนั้น มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพของแต่ละสถาบัน สำหรับสถาบันที่ส่งนิสิตนักศึกษาออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในภาคต้น ปีการศึกษา 2545 นั้น ผู้ช่วยนักวิจัยซึ่งเป็นอาจารย์นิเทศก์ในสถาบันนั้น ๆ สถาบันละ 1 คน นัดหมายนิสิตนักศึกษาล่วงหน้า 1 สัปดาห์ ในการทำแบบวัดแนวคิดวิชาฟิสิกส์ โดยใช้เวลาทำ 2 ชั่วโมง และทำแบบวัดแนวคิดแล้วเสร็จในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2545 ส่วนสถาบันที่ส่งนิสิตนักศึกษาออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในภาคปลาย ปีการศึกษา 2545 ผู้ช่วยนักวิจัยนัดหมายนิสิตนักศึกษาล่วงหน้า 1 สัปดาห์ ในการทำแบบวัดแนวคิดวิชาฟิสิกส์ และทำแบบวัดแนวคิดแล้วเสร็จในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2545

การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อผู้วิจัยได้รับแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์คืน ผู้วิจัยวิเคราะห์คำตอบรายข้อ โดยอ่านคำตอบอย่างละเอียด เปรียบเทียบคำตอบของนิสิตนักศึกษากับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และแบ่งกลุ่มคำตอบ จากนั้นผู้วิจัยหาค่าความถี่และร้อยละของแต่ละกลุ่ม

คำตอบ สำหรับนิสิตนักศึกษาที่ไม่ตอบ หรือตอบในลักษณะทวนคำถาม หรือตอบนอกประเด็น ถือว่าไม่แสดงคำตอบ จากนั้นผู้วิจัยตีความหมายคำตอบของผู้ตอบตามแนวคิดของ Renner (1990: 35-54) โดยจำแนกแนวคิดของนิสิตนักศึกษาออกเป็น 6 แบบ ตามระดับความสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (sound understanding: SU) หมายถึง นิสิตนักศึกษามีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทุกองค์ประกอบ

2. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (partially understanding: PU) หมายถึง นิสิตนักศึกษามีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

3. แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (specific misconception: SM) หมายถึง นิสิต นักศึกษามีแนวคิดไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏในข้อคำถามนั้น ๆ

4. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (partially understanding with specific misconception: PU/SM) หมายถึง นิสิตนักศึกษามีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ อย่างไรก็ดีนิสิตนักศึกษาได้แสดงข้อความที่บ่งชี้ถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5. แนวคิดที่ไม่ถูกต้อง (no understanding: NU) หมายถึง นิสิตนักศึกษาไม่ใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับข้อคำถามในการตอบข้อคำถามนั้น ๆ

6. ไม่ตอบคำถาม (no response: NR) หมายถึง นิสิตนักศึกษาไม่ตอบคำถามใด ๆ หรือไม่อธิบายคำตอบ หรือตอบในลักษณะทวนคำถาม หรือตอบไม่ตรงประเด็น

เพื่อหาความถูกต้องในการตีความหมายแนวคิดเกี่ยวกับฟิสิกส์ของนิสิตนักศึกษา ผู้วิจัยสร้างแบบลงความคิดเห็นการวิเคราะห์แนวคิดของนิสิตนักศึกษา โดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 2 ท่านลงความคิดเห็นต่อการวิเคราะห์แนวคิดของนิสิตนักศึกษาของผู้วิจัยว่าเห็นด้วยหรือไม่กับการตีความหมายของผู้วิจัย พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะ ภายหลังที่ได้รับผลการลงความคิดเห็น ผู้วิจัยหาค่าความสอดคล้องของการจำแนกแนวคิดระหว่างผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญโดยใช้เกณฑ์ความสอดคล้องที่ร้อยละ 80

ผลและวิจารณ์

จากการตรวจแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับฟิสิกส์ของนิสิตนักศึกษาใน 6 เรื่องหลัก คือ กลศาสตร์ คลื่น ไฟฟ้า แม่เหล็ก ความร้อนและอุณหพลศาสตร์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และฟิสิกส์อะตอมและฟิสิกส์นิวเคลียร์ ผู้วิจัยพบว่าในแต่ละเรื่องนั้น นิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่หลากหลายตั้งแต่แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จนถึงแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง ผู้วิจัยขอนำเสนอผลพร้อมทั้งอภิปรายตามหัวข้อหลักดังต่อไปนี้

เรื่องที่ 1 กลศาสตร์

มีคำถามทั้งหมด 11 ข้อที่ใช้วัดแนวคิดกลศาสตร์ซึ่งแนวคิดที่วัด ได้แก่ ระยะทางและการกระจัด ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดและเวลา กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อ 1 สมดุลต่อการหมุน งาน พลังงานศักย์ โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ การดลและแรงดล การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ กฎแรงดึงดูดระหว่างมวล และแรงกระทำต่อวัตถุในของเหลว ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า เมื่อให้นิสิตนักศึกษาหาระยะทางและการกระจัดของการวิ่งรอบสนามเป็นรูปครึ่งวงกลม 2 วงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกัน พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 82 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระยะทางและการกระจัด สามารถจำแนกได้ว่า ระยะทางคือระยะทั้งหมดของการเคลื่อนที่ ซึ่งก็คือ เส้นรอบวงของครึ่งวงกลม และการกระจัดคือระยะที่สั้นที่สุดของการเคลื่อนที่

ซึ่งก็คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของครึ่งวงกลม นิสิตนักศึกษาร้อยละ 6 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับระยะทางและการกระจัดเนื่องจากใช้สมการจากแนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงมาคำนวณหาระยะทาง และเข้าใจความหมายของระยะทางกับการกระจัดสลับกัน

เมื่อให้นิสิตนักศึกษาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดและเวลาในกรณีวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 91 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ได้ถูกต้อง โดยเขียนกราฟระหว่างการกระจัดกับเวลาที่ได้กราฟเส้นตรงที่มีความชันคงตัว แสดงว่าอัตราการเพิ่มหรือลดของการกระจัดมีค่าคงตัว มีนิสิตนักศึกษาเพียงร้อยละ 3 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะเขียนกราฟไม่ถูกต้องโดยเขียนกราฟเป็นเส้นโค้ง และนิสิตนักศึกษาร้อยละ 3 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนว่า พื้นที่ใต้กราฟการกระจัดและเวลาคือความเร็ว

ในเรื่องกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันกรณีวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัวนั้น พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 76 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถอธิบายได้ถูกต้องว่า เมื่อรถประจำทางแล่นด้วยความเร็วคงตัว แล้วเบรกกระทันหัน ศีรษะผู้โดยสารและลูกโป่งสวรรค์จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเพื่อรักษาสภาพการเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว นิสิตนักศึกษาร้อยละ 6 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง โดยตอบว่าศีรษะผู้โดยสารและลูกโป่งสวรรค์จะเคลื่อนที่ไปข้างหลัง และเมื่อถามเกี่ยวกับกรณีวัตถุอยู่นิ่ง พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 58 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน ในการคำนวณหาแรงตึงในเส้นเชือกทั้งสองด้านที่รับน้ำหนักของคนที่ห้อยอยู่ได้ถูกต้อง และนิสิตนักศึกษาถึงร้อยละ 36 ที่มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะไม่สามารถคำนวณหาแรงตึงในเส้นเชือกทั้งสองด้านที่รับน้ำหนักของคนที่ห้อยอยู่ได้

ในเรื่องสมดุลต่อการหมุนโดยให้คำนวณหาน้ำหนักของคนที่ยืนบนปลายกระดานหกข้างหนึ่งเพื่อให้กระดานหกอยู่นิ่ง พบว่ามีนิสิตนักศึกษาเพียงร้อยละ 24 เท่านั้นที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะคำนวณได้ถูกต้องโดยใช้แนวคิดเกี่ยวกับสมดุลต่อการหมุน คือ โมเมนต์ทวนเท่ากับโมเมนต์ตาม และพบว่านิสิตนักศึกษาถึงร้อยละ 73 ที่มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะไม่ได้พิจารณาถึงโมเมนต์อันเนื่องจากน้ำหนักของคานในการคำนวณ นอกจากนี้ยังพบว่ามีนิสิตนักศึกษาเพียงร้อยละ 3 เท่านั้นมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมดุลต่อการหมุน โดยเข้าใจว่าโมเมนต์เท่ากับน้ำหนักคูณกับระยะทางยกกำลังสอง

เมื่อถามว่าแรงชนิดใดที่กระทำต่อวัตถุแล้วไม่เกิดงาน พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 30 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถตอบได้ถูกต้องว่าแรงสู่ศูนย์กลางกระทำต่อวัตถุแล้วไม่เกิดงานเพราะทิศของแรงตั้งฉากกับแนวการเคลื่อนที่ตลอดเวลา และพบว่านิสิตนักศึกษาถึงร้อยละ 52 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะเข้าใจว่าแรงโน้มถ่วง แรงเสียดทาน และแรงยืดหยุ่น เมื่อกระทำต่อวัตถุแล้วไม่เกิดงาน

สำหรับเรื่องพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์นั้น พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 58 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะอธิบายได้ถูกต้องว่าเมื่อโยนก้อนหินผ่านตำแหน่งยอดเสาไฟฟ้า จะมีทั้งพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ เพราะก้อนหินอยู่สูงจากระดับอ้างอิงคือพื้นโลกเป็นระยะทางที่มีความเร็วค่าหนึ่ง มีนิสิตนักศึกษาเพียงร้อยละ 3 เท่านั้นที่มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะอธิบายพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ไม่ถูกต้อง และนิสิตนักศึกษาร้อยละ 3 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนโดยมีแนวคิดว่า “เมื่อโยนก้อนหินผ่านระดับยอดเสาไฟฟ้าก้อนหินจะมีพลังงานจลน์มากกว่าพลังงานศักย์”

ในการอธิบายการดลและแรงดลของไข่ 2 ใบที่มีมวลเท่ากันที่ปล่อยให้ตกลงบนฟองน้ำและไม้เรียบแข็ง พบว่ามีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 39 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะตอบได้ถูกต้องว่า ไข่ทั้งสองจะมีการดลเท่ากันเพราะมีความเร็วต้นและความเร็วปลายเท่ากัน แต่ไข่ที่กระทบไม้เรียบแข็งจะมีแรงดล

มากกว่าไข่ที่กระทบฟองน้ำเพราะใช้เวลาในการกระทบน้อยกว่า และนิสิตนักศึกษาร้อยละ 21 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องโดยอธิบายว่าการดลขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการตกกระทบส่วนแรงดลไม่ขึ้นกับเวลาที่ใช้ในการตกกระทบ และมีนิสิตนักศึกษาถึงร้อยละ 30 ที่ไม่ตอบคำถาม

ในเรื่องการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 64 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถคำนวณหาระยะทางในแนวราบของลูกระเบิดที่ถูกปล่อยจากเครื่องบินได้ถูกต้อง โดยคำนวณการเคลื่อนที่แยกเป็นอิสระ 2 แนวคือ การเคลื่อนที่ในแนวราบและการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง และพบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 15 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะไม่อาศัยหลักของการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ในการคำนวณ และเมื่อถามว่าในการส่งจรวดขึ้นจากดาวเคราะห์ที่มีมวลและเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกันเมื่อเทียบกับโลก ดาวเคราะห์ดวงไหนต้องใช้ความเร็วต้นในการส่งจรวดมากที่สุด พบว่านิสิตนักศึกษาเพียงร้อยละ 9 ที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถตอบได้ถูกต้องว่า เป็นดาวเคราะห์ที่ต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อย ๆ เพราะแรงดึงดูดระหว่างมวลนั้นแปรผกผันกับระยะห่างระหว่างมวลยกกำลังสอง นิสิตนักศึกษาร้อยละ 67 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะไม่เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงดูดระหว่างมวลกับมวลและเส้นผ่าศูนย์กลางของดวงดาว

เมื่อให้นิสิตนักศึกษาอธิบายการเคลื่อนที่ของลูกกลมโลหะที่เคลื่อนที่ในกระบอกแก้วที่มีน้ำมันบรรจุอยู่ พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 52 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถอธิบายได้ถูกต้องว่าในช่วงแรกลูกกลมโลหะจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเนื่องจากน้ำหนักของลูกกลมโลหะมากกว่าผลบวกของแรงหนืดและแรงลอยตัว ส่วนในช่วงท้ายของการเคลื่อนที่ ลูกกลมโลหะจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว เนื่องจากน้ำหนักของลูกกลมโลหะเท่ากับผลบวกของแรงหนืดและแรงลอยตัว เพราะแรงหนืดมีค่ามากขึ้นตามความเร็วของลูกกลมโลหะ นิสิตนักศึกษาร้อยละ 24 มีแนวคิดไม่ถูกต้องเพราะไม่ได้ใช้แนวคิดเรื่องน้ำหนัก แรงหนืด และแรงลอยตัวมาอธิบายการเคลื่อนที่ของลูกกลมโลหะ นอกจากนี้ยังพบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 6 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแรงกระทำต่อวัตถุในของเหลว โดยมีแนวคิดว่า “เมื่อปล่อยลูกกลมโลหะลงในกระบอกแก้วที่มีน้ำมันบรรจุอยู่ ความเร็วของลูกกลมโลหะจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามแรงโน้มถ่วงของโลก ถึงแม้จะมีแรงต้านจากน้ำมัน”

กล่าวโดยสรุปในแนวคิดเรื่องกลศาสตร์นั้นพบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดและเวลามากที่สุด รองลงมา คือ ระยะทางและการกระจัด และกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน กรณีวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว ตามลำดับ ในทางกลับกันพบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับสมดุลต่อการหมุนมากที่สุด รองลงมา คือ กฎแรงดึงดูดระหว่างมวล และงาน ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับงานและแรงที่กระทำต่อวัตถุในของเหลวมากที่สุด รองลงมา คือ สมดุลต่อการหมุน กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดและเวลา และพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Preece (1997) และ Gilbert *et al.* (1982: 63) ที่พบว่านิสิตนักศึกษาครูสาขาวิทยาศาสตร์จำนวนมากยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งทำให้เป็นการยากต่อนิสิตนักศึกษาที่จะทำความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งและสองของนิวตัน

จากแนวคิดที่ไม่ถูกต้องดังกล่าวอาจเนื่องมาจากความเชื่อของนิสิตนักศึกษาวิชาเอกฟิสิกส์ที่ว่าปริมาณทางฟิสิกส์บางอย่าง เช่น น้ำหนัก แรงโน้มถ่วง หรือแรงเสียดทาน จะไม่ปรากฏในสถานการณ์จนกว่าผู้เรียนจะสังเกตเห็นอิทธิพลของปริมาณทางฟิสิกส์เหล่านั้น (Osborne and Gilbert, 1980: 378 และ Gilbert *et al.*, 1982) นิสิตนักศึกษาขาดความเข้าใจ

ขาดจินตนาการ ขาดประสบการณ์ในการนำหลักการทางกลศาสตร์มาลงมือปฏิบัติ ขาดการทดลองที่เป็นรูปธรรม นอกจากนี้ผู้สอนอาจขาดการประยุกต์หลักการพื้นฐานทางกลศาสตร์มาใช้กับสถานการณ์ที่หลากหลายในชีวิตประจำวัน เพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและสนใจที่จะติดตามเนื้อหาที่เรียน(บรรจง, 2528)

เรื่องที่ 2 คลื่น

มีคำถามทั้งหมด 7 ข้อที่ใช้วัดแนวคิดเรื่องคลื่น ซึ่งได้แก่ ความยาวคลื่นและเฟสของคลื่น การสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกที่ปลายตรึงแน่น การแทรกสอดของคลื่น คลื่นและตัวกลางในการเคลื่อนที่ อัตราเร็วของคลื่นเสียงในอากาศ บีตส์ของคลื่นเสียง และปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 39 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถระบุความยาวคลื่นและเฟสของคลื่นสองขบวนที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง โดยวัดความยาวคลื่นจากระยะระหว่างสันคลื่นหรือท้องคลื่นที่อยู่ติดกันหรือระยะที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ครบ 360 องศา และพิจารณาเฟสของคลื่นจากจุดกำเนิดของคลื่นว่ามีจุดกำเนิดต่างกันกี่องศา นอกนั้นมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์

เมื่อให้นิสิตนักศึกษาเขียนรูปและอธิบายการเคลื่อนที่ของคลื่นเส้นเชือกเมื่อสะท้อนกลับจากปลายข้างหนึ่งที่ตรึงแน่น พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 85 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะอธิบายได้ถูกต้องว่าคลื่นสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกที่มีปลายตรึงแน่นจะมีเฟสต่างจากคลื่นตกกระทบ 180 องศา และพบว่ามีนิสิตนักศึกษาเพียงร้อยละ 6 เท่านั้นที่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน โดยมีแนวคิดว่า “คลื่นสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกที่มีปลายตรึงแน่นจะมีทิศทางและเฟสเหมือนกับคลื่นตกกระทบ”

ในการคำนวณหาระยะห่างของแหล่งกำเนิดคลื่นน้ำสองจุดกับแนวปฏิบัพที่ 2 ของการแทรกสอด พบว่ามีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 27 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะใช้สมการการแทรกสอดของคลื่นในการคำนวณ นิสิตนักศึกษาร้อยละ 21 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะไม่ใช้สมการการแทรกสอดของคลื่นในการคำนวณ และนิสิตนักศึกษาร้อยละ 52 ที่ไม่ตอบคำถาม

เกี่ยวกับคลื่นและตัวกลางในการเคลื่อนที่ พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 55 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถอธิบายได้ถูกต้องว่าคลื่นเสียงไม่สามารถเคลื่อนที่ออกมาจากหลอดแก้วสูญญากาศได้ เพราะคลื่นเสียงเป็นคลื่นกลต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ ในขณะที่คลื่นแสงสามารถเคลื่อนที่ออกมาจากหลอดแก้วสูญญากาศได้ เพราะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ นิสิตนักศึกษาร้อยละ 33 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์

เมื่อให้นิสิตนักศึกษาคำนวณหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศ ณ อุณหภูมิที่ต่างกัน พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 76 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถคำนวณหาอัตราเร็วของเสียงได้ถูกต้อง นิสิตนักศึกษาร้อยละ 9 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะไม่สามารถคำนวณได้ และนิสิตนักศึกษาร้อยละ 3 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนว่า “อัตราเร็วของเสียงในอากาศไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ” และเมื่อให้นิสิตนักศึกษาคำนวณหาความถี่บีตส์ของเสียงเปียโนกับส้อมเสียง พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 30 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถคำนวณความถี่บีตส์ได้ถูกต้องทั้งสองค่า โดยใช้ความแตกต่างระหว่างความถี่ของเสียงเปียโนและความถี่ของเสียงจากส้อมเสียง มีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 21 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะไม่สามารถคำนวณได้ถูกต้อง และนิสิตนักศึกษาร้อยละ 30 ที่ไม่ตอบคำถาม

นอกจากนี้ยังพบว่าพบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 33 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถทำนายความถี่เสียงที่ผู้รับฟังสองคนจะได้ยินได้ถูกต้อง โดยทำนายว่าคนที่อยู่กับแหล่งกำเนิดเสียงจะได้ยินเสียงความถี่เท่าเดิม และคนที่เคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียงจะได้ยินเสียงที่มีความถี่ต่ำลงอันเนื่องมา

จากปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ นิสิตนักศึกษาร้อยละ 21 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเนื่องจากไม่ได้อาศัยปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ในการทำนายความถี่ที่ผู้รับฟังจะได้ยิน และมีนิสิตนักศึกษาถึงร้อยละ 39 ที่ไม่ตอบคำถาม

กล่าวโดยสรุปในเรื่องคลื่นนั้น พบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกที่ปลายข้างหนึ่งตรึงแน่นมากที่สุด รองลงมา คือ อัตราเร็วของคลื่นเสียงในอากาศ คลื่นและตัวกลางใน การเคลื่อนที่ ตามลำดับ ในทางกลับกัน พบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการแทรกสอดของคลื่น บีตส์ของคลื่นเสียง และปรากฏการณ์ดอปเปลอร์มากที่สุด รองลงมา คือ อัตราเร็วของคลื่นเสียงในอากาศ และพบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกที่ปลายข้างหนึ่งตรึงแน่นมากที่สุด รองลงมาคืออัตราเร็วของคลื่นเสียงในอากาศ

นิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องในเรื่องคลื่นสอดคล้องกับผลการวิจัยของวงษ์เดือน (2536) ที่พบปัญหาในการเรียนรู้เกี่ยวกับคลื่นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับคลื่นนั้น บรรจง (2528) แสดงความคิดเห็นว่า การที่นิสิตนักศึกษามีประสบการณ์การเรียนรู้ในห้องเรียนที่มีการเรียนการสอนแบบเน้นการท่องจำและจดจำทฤษฎีและการคำนวณมากกว่าความเข้าใจซึ่งมาจากการปฏิบัติและการทดลอง ดังนั้นครูผู้สอนควรเน้นให้นิสิตนักศึกษาเรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ของคลื่นจากการปฏิบัติและการทดลองมากกว่าการท่องจำและจดจำทฤษฎีต่างๆเกี่ยวกับคลื่น ซึ่งแนวคิดเกี่ยวกับคลื่นและปรากฏการณ์คลื่นสามารถทดลองและแสดงให้เห็นได้โดยง่ายจากสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น การสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกที่ปลายข้างหนึ่งตรึงแน่น การแทรกสอดของคลื่นน้ำ การเกิดบีตส์จากการเทียบเสียงของเครื่องดนตรี และการเกิดปรากฏการดอปเปลอร์เมื่อผู้ฟังหรือแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่

เรื่องที่ 3 ไฟฟ้าแม่เหล็ก

มีคำถามทั้งหมด 7 ข้อที่ใช้วัดแนวคิดเรื่องไฟฟ้าแม่เหล็กซึ่งได้แก่เรื่อง กฎของคูลอมบ์ แรงระหว่างประจุไฟฟ้า ทิศของแรงไฟฟ้าและสนามไฟฟ้า ประจุไฟฟ้าและความจุไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้า การเคลื่อนที่ของประจุ ไฟฟ้าในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของเลนซ์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า นิสิตนักศึกษาร้อยละ 55 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถคำนวณหาแรงลัพธ์ทางไฟฟ้าที่เกิดจากประจุสองประจุที่มีแรงกระทำต่อประจุหนึ่ง ๆ ได้ถูกต้องโดยใช้กฎของคูลอมบ์และการหาแรงลัพธ์โดยการบวกเวกเตอร์ มีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 24 ที่มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะไม่สามารถคำนวณได้

ในเรื่องแรงระหว่างประจุไฟฟ้า พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 48 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถอธิบายได้ถูกต้องว่า แรงทางไฟฟ้าที่ประจุทั้งสองกระทำต่อกันจะมีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศตรงข้ามตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน กล่าวคือ แรงกิริยาเท่ากับแรงปฏิกิริยา นิสิตนักศึกษาร้อยละ 3 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะไม่สามารถอธิบายได้โดยใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน นอกจากนี้ยังพบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 18 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนโดยมีแนวคิดว่า “เมื่อวางประจุ A และ B ที่เป็นประจุต่างชนิดกันไว้ใกล้กัน โดยประจุ A มีประจุไฟฟ้าเป็นสองเท่าของประจุ B จะพบว่าประจุทั้งสองจะดึงดูดกัน แต่แรงดึงดูดที่ประจุ A กระทำต่อประจุ B จะมากกว่าแรงดึงดูดที่ประจุ B กระทำต่อประจุ A เพราะประจุ A มีค่ามากกว่าประจุ B สองเท่า” และนิสิตนักศึกษาร้อยละ 30 ที่ไม่ตอบคำถาม

เมื่อให้เขียนรูปและอธิบายทิศของแรงทางไฟฟ้าและสนามไฟฟ้า พบว่านิสิตนักศึกษาเพียงร้อยละ 15 เท่านั้นที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถเขียนรูปและอธิบายได้ถูกต้องว่าแรงทางไฟฟ้าที่ประจุบวกกระทำต่อประจุลบจะเป็นแรงดึงดูดและสนามไฟฟ้าจะมีทิศพุ่งออกจากประจุบวก นิสิตนักศึกษาร้อยละ 12 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะเขียน

รูปและอธิบายไม่ถูกต้อง นิสิตนักศึกษาร้อยละ 24 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน โดยมีแนวคิดว่า “ถ้าให้ประจุ +Q เป็นประจุต้นกำเนิดสนามไฟฟ้า และ –q เป็นประจุทดสอบแล้ว แรงไฟฟ้าจะมีทิศพุ่งเข้าประจุลบ” และมีนิสิต นักศึกษาร้อยละ 30 ที่ไม่ตอบคำถาม

เมื่อให้นิสิตนักศึกษาคำนวณหาความจุไฟฟ้ารวมของตัวเก็บประจุสองตัวที่ต่อกันแบบขนาน และหาประจุ ไฟฟ้าบนตัวเก็บประจุแต่ละตัว พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 42 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการความจุไฟฟ้ารวมของตัวเก็บประจุที่ต่อกันแบบขนาน และใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความจุไฟฟ้าและประจุไฟฟ้า นิสิตนักศึกษาร้อยละ 12 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเนื่องจากใช้สมการความจุไฟฟ้ารวมของตัวเก็บประจุในกรณีที่ต่อกันแบบอนุกรม และมีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 27 ที่ไม่ตอบคำถาม

เมื่อถามเกี่ยวกับความต้านทานไฟฟ้าของเส้นลวดตัวนำ พบว่ามีนิสิตนักศึกษาเพียงร้อยละ 15 เท่านั้นที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะอธิบายได้ถูกต้องว่าเมื่อเส้นลวดตัวนำที่มีความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าความต้านทานไฟฟ้าของเส้นลวดตัวนำจะลดลงครึ่งหนึ่ง เพราะความต้านทานไฟฟ้าแปรผันตรงกับความยาวของเส้นลวดตัวนำและแปรผกผันกับรัศมีของเส้นลวดตัวนำยกกำลังสอง นิสิตนักศึกษาร้อยละ 36 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเนื่องจากใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานไฟฟ้ากับความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลางของลวดตัวนำที่ไม่ถูกต้องในการอธิบาย นิสิตนักศึกษาร้อยละ 15 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน โดยมีแนวคิดว่า “ถ้าความยาวและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นลวดตัวนำที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลมเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ความต้านทานไฟฟ้าของเส้นลวดตัวนำจะไม่เปลี่ยนแปลง” หรือ “ความต้านทานไฟฟ้าของเส้นลวดตัวนำจะเพิ่มขึ้น เพราะความต้านทานไฟฟ้าขึ้นกับพื้นที่ของวัตถุ” หรือ “ความต้านทานไฟฟ้าของเส้นลวดตัวนำจะมากขึ้น เพราะความต้านทานไฟฟ้าแปรผกผันกับพื้นที่หน้าตัด” และมีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 18 ที่ไม่ตอบคำถาม

เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 39 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถเขียนและอธิบายเส้นทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเมื่อเคลื่อนที่เข้าไปในสนามแม่เหล็กได้ถูกต้องว่าอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ในทิศโค้งขึ้นเนื่องจากถูกแรงกระทำจากสนามแม่เหล็กที่มีทิศพุ่งออกจากกระดาษซึ่งเป็นไปตามกฎมือขวา นิสิตนักศึกษาร้อยละ 33 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องโดยเข้าใจว่าแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะโค้งลง ซึ่งขัดกับกฎมือขวา และมีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 27 ที่ไม่ตอบคำถาม

เมื่อถามเกี่ยวกับกฎของเลนซ์ พบว่าไม่มีนิสิตนักศึกษาคนใดมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยสามารถอธิบายได้ถูกต้องว่า เมื่อพุ่งแท่งแม่เหล็กแท่งหนึ่งเข้าไปในขดลวดที่ต่อกับหลอดไฟและแบตเตอรี ความสว่างของหลอดไฟจะลดลงก่อนแล้วจึงเพิ่มขึ้นจนสว่างเท่าเดิมซึ่งเป็นไปตามกฎของเลนซ์ นิสิตนักศึกษาถึงร้อยละ 72 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเนื่องจากไม่ใช้กฎของเลนซ์อธิบายความสว่างของหลอดไฟ เมื่อพุ่งแท่งแม่เหล็กเข้าไปในขดลวดที่ต่อกับหลอดไฟและแบตเตอรี และมีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 24 ที่ไม่ตอบคำถาม

โดยสรุปในเรื่องไฟฟ้าแม่เหล็กนั้น พบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับกฎของคูลอมบ์มากที่สุด รองลงมา คือ แรงระหว่างประจุไฟฟ้า และประจุไฟฟ้าและความจุไฟฟ้า ตามลำดับ ในทางกลับกัน พบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับกฎของเลนซ์มากที่สุด รองลงมา คือ ความต้านทานไฟฟ้าของเส้นลวด ตัวนำ และการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก ตามลำดับ และพบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับทิศของแรงทางไฟฟ้าและสนามไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมา คือ แรงระหว่างประจุไฟฟ้าและความต้านทาน ไฟฟ้าของเส้นลวดตัวนำ ตามลำดับ

ซึ่งแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความต้านทานไฟฟ้าของนิสิตนักศึกษานี้คล้ายคลึงกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนที่พบในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในงานวิจัยของไกรรักษ์ (2537)

การที่นิสิตนักศึกษาส่วนใหญ่มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องในเรื่องไฟฟ้าแม่เหล็กนั้น อาจเนื่องมาจากแนวคิดดังกล่าวเป็นแนวคิดเชิงนามธรรมที่ต้องอาศัยการคิดและจินตนาการเป็นอย่างสูงจากผู้เรียน (Pardhan and Bano, 2001: 315) แต่ผู้สอนขาดการเชื่อมโยงแนวคิดเชิงนามธรรมดังกล่าวกับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวันเพื่อเป็นการฝึกให้ผู้เรียนค่อย ๆ เชื่อมโยงความเป็นนามธรรมเข้ากับความเป็นรูปธรรมให้เกิดความเข้าใจในแนวคิดนั้น ๆ

เรื่องที่ 4 ความร้อนและอุณหพลศาสตร์

มีคำถามทั้งหมด 6 ข้อ ที่ใช้วัดแนวคิดเรื่องความร้อนและอุณหพลศาสตร์ซึ่งได้แก่เรื่อง การเปลี่ยนรูป พลังงานศักย์และพลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ปรากฏการณ์การพาความร้อน ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ สมบัติของแก๊ส และพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุล ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าเมื่อให้นิสิตนักศึกษาคำนวณหาพลังงานความร้อนของลูกกลมเหล็กที่ตกจากที่สูงกระทบพื้นดิน นิสิตนักศึกษาร้อยละ 64 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถคำนวณได้ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานที่ว่า พลังงานไม่สามารถสร้างขึ้นมาใหม่ได้ แต่สามารถเปลี่ยนรูปจากพลังงานรูปหนึ่งไปสู่พลังงานอีกรูปหนึ่งได้ ในที่นี้ลูกกลมเหล็กที่ตกจากที่สูงจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงซึ่งจะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนเมื่อกระทบพื้นดิน นิสิตนักศึกษาร้อยละ 9 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องในการคำนวณหาพลังงานความร้อนของลูกกลมเหล็ก เนื่องจากไม่ใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานอธิบายการเปลี่ยนรูปพลังงานของลูกกลมเหล็ก และมีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 27 ที่ไม่ตอบคำถาม

ในเรื่องเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน พบว่ามีนิสิตนักศึกษาเพียงร้อยละ 9 เท่านั้นที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถอธิบายพลังงานไฟฟ้าของลวดความร้อนที่ถูกตัดให้เหลือความยาวเพียงครึ่งเดียวได้ถูกต้อง โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานไฟฟ้ากับความยาวและพื้นที่หน้าตัดของเส้นลวด และความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับความต่างศักย์ความต้านทานและเวลา มีนิสิตนักศึกษาถึงร้อยละ 51 ที่มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะไม่สามารถอธิบายได้ และมีนิสิตนักศึกษาถึงร้อยละ 33 ที่ไม่ตอบคำถาม

เมื่อให้นิสิตนักศึกษาอธิบายการเกิดไอน้ำออกจากปากขณะพูดคุยกันในฤดูหนาว พบว่าไม่มีนิสิตนักศึกษาคนใดมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยสามารถอธิบายการเกิดไอน้ำออกจากปากขณะพูดคุยกันในฤดูหนาว ในแง่ของปรากฏการณ์การพาความร้อนได้ถูกต้อง นิสิตนักศึกษาเพียงร้อยละ 3 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะไม่ได้ใช้ปรากฏการณ์การพาความร้อนมาอธิบาย นอกจากนั้นพบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 27 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนว่า “การเห็นไอน้ำออกจากปากขณะพูดคุยกันในฤดูหนาวนั้นเป็นเพราะความดันอากาศภายในร่างกายมีค่ามากกว่าความดันอากาศภายนอก จึงมีความร้อนหรือพลังงานถ่ายเทออกมาข้างนอก” และมีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 24 ที่ไม่ตอบคำถาม

เมื่อให้นิสิตนักศึกษาอธิบายสาเหตุที่กระป๋องเปล่าบุบบู้บี้เมื่อถูกเผาให้ร้อนจัดแล้วราดด้วยน้ำในทันทีทันใด พบว่านิสิตนักศึกษาเพียงร้อยละ 18 เท่านั้นที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถอธิบายการบุบบู้บี้ของกระป๋องเปล่าเมื่อถูกเผาให้ร้อนจัดแล้วราดด้วยน้ำในทันทีทันใดได้ถูกต้อง โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน อุณหภูมิ และปริมาตรในการอธิบาย นิสิตนักศึกษาถึงร้อยละ 45 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะไม่สามารถอธิบายโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอุณหภูมิและปริมาตรได้ และมีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 33 ที่ไม่ตอบคำถาม

เมื่อให้นิสิตนักศึกษาเลือกข้อความที่สามารถอธิบายสมบัติของแก๊ส พบว่าไม่มีนิสิตนักศึกษาคนใดมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยสามารถเลือกข้อความได้ถูกต้อง นิสิตนักศึกษาร้อยละ 45 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะไม่สามารถอธิบายสมบัติของแก๊สได้ และมีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 33 ที่ไม่ตอบคำถาม

เกี่ยวกับพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊ส พบว่านิสิตนักศึกษาเพียงร้อยละ 3 เท่านั้นที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถเลือกข้อความที่อธิบายพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สได้ถูกต้อง นิสิตนักศึกษาร้อยละ 64 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊ส และมีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 30 ที่ไม่ตอบคำถาม

โดยสรุปในเรื่องความร้อนและอุณหพลศาสตร์นั้น พบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการเปลี่ยนรูปพลังงานศักย์เป็นพลังงานความร้อนมากที่สุด รองลงมา คือ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิ และพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ตามลำดับ ในทางกลับกัน พบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สมากที่สุด รองลงมา คือ พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิ และสมบัติของแก๊ส ตามลำดับ นอกจากนั้นพบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปรากฏการณ์การพาความร้อนมากที่สุด รองลงมา คือ พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ทั้งนี้ยังพบว่าแนวคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์การพาความร้อน และสมบัติของแก๊สนั้น ไม่มีนิสิตนักศึกษาคนใดมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เลย แนวคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์การพาความร้อนและสมบัติของแก๊สนี้เป็นแนวคิดที่ยากสำหรับนิสิตนักศึกษาในการทำความเข้าใจ อาจเป็นเพราะว่าไม่ค่อยมีการทดลองที่เป็นรูปธรรมแสดงให้เห็นมากนัก และครูผู้สอนมักจะสอนโดยใช้การบรรยาย สิ่งเหล่านี้ทำให้นิสิตนักศึกษาขาดความรู้ความเข้าใจในแนวคิดดังกล่าว (บรรจง, 2528)

เรื่องที่ 5 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

มีคำถามทั้งหมด 5 ข้อที่ใช้วัดแนวคิดเรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งได้แก่เรื่อง การเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การแทรกสอดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การเกิดแถบสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าในเรื่องการเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 18 เท่านั้นที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถเลือกสถานการณ์การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนที่ทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ถูกต้อง โดยเลือกสถานการณ์ที่อิเล็กตรอนมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งหรือความหน่วง นิสิตนักศึกษาร้อยละ 6 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะเลือกสถานการณ์ได้ไม่ถูกต้อง และนิสิตนักศึกษาร้อยละ 9 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าว่า “คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดจากอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว เพราะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่ตั้งฉากกัน” และมีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 24 ที่ไม่ตอบคำถาม

เมื่อให้นิสิตนักศึกษาเรียงลำดับความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากมากไปหาน้อย พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 64 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถเรียงลำดับความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากมากไปหาน้อยได้ถูกต้อง ส่วนนิสิตนักศึกษาร้อยละ 27 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะเรียงลำดับความถี่ได้ไม่ถูกต้อง

ในการคำนวณหาความยาวคลื่นแสงที่ฉายลงบนเกรตติง พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 24 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถคำนวณหาความยาวคลื่นแสงที่ฉายลงบนเกรตติงได้ถูกต้องโดยอาศัยสมการแทรกสอดของคลื่น มีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 42 ที่มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะไม่สามารถคำนวณได้ถูกต้อง

เมื่อให้นิสิตนักศึกษาอธิบายการเกิดแถบสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า พบว่าไม่มีนิสิตนักศึกษาคนใดมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยสามารถอธิบายการเกิดแถบสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ถูกต้อง มีนิสิตนักศึกษาถึงร้อยละ 81 ที่ตอบคำถามแต่ไม่ได้อธิบายการเกิดแถบสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เมื่อให้ระบุว่าสมบัติที่เท่ากันเสมอของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในสูญญากาศ พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 64 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถระบุว่าสมบัติที่เท่ากันเสมอของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในสูญญากาศ คือ ความเร็วได้ นิสิตนักศึกษาร้อยละ 6 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน โดยมีแนวคิดว่า “คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกชนิดที่เคลื่อนที่ในสูญญากาศจะมีความถี่เท่ากัน” และมีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 30 ที่ไม่ตอบคำถาม

โดยสรุปในเรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้น พบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมา คือ การแทรกสอดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และการเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ตามลำดับ ในทางกลับกันพบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมา คือ การแทรกสอดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ตามลำดับ นอกจากนั้นพบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมา คือ สมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทั้งนี้ยังพบว่าแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดแถบสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นไม่มีนิสิตนักศึกษาคนใดตอบถูกเลย ซึ่งแสดงให้เห็นความสำคัญของแนวคิดนี้ที่ต้องได้รับการแก้ไขจากครูผู้สอนอย่างเร่งด่วน จะเห็นได้ว่าแนวคิดในเรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นแนวคิดยากสำหรับผู้เรียน เพราะเป็นแนวคิดเชิงนามธรรมที่ต้องอาศัยการคิดขั้นสูงและการจินตนาการจากผู้เรียน (Pardhan and Bano, 2001: 315)

เรื่องที่ 6 ฟิสิกส์อะตอมและฟิสิกส์นิวเคลียร์

มีคำถามทั้งหมด 6 ข้อที่ใช้วัดแนวคิดเรื่องฟิสิกส์อะตอมและฟิสิกส์นิวเคลียร์ซึ่งได้แก่เรื่อง การทดลองหยดน้ำมันของมิลลิแกน การยิงอนุภาคแอลฟาไปยังแผ่นทองคำ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก สัญลักษณ์นิวเคลียร์ การสลายตัวให้อนุภาคแอลฟาและปฏิกิริยานิวเคลียร์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าเมื่อให้นิสิตนักศึกษาเลือกชนิดประจุของหยดน้ำมันที่สามารถลอยอยู่ในสนามไฟฟ้าได้ นิสิตนักศึกษาร้อยละ 24 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถเลือกชนิดประจุได้ถูกต้อง โดยเลือกหยดน้ำมันที่มีประจุบวกเพราะจะถูกแรงจากสนามไฟฟ้ากระทำในทิศตรงข้ามกับน้ำหนักของหยดน้ำมัน จึงมีโอกาสที่จะลอยอยู่ในสนามไฟฟ้าได้ นิสิตนักศึกษาร้อยละ 45 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะไม่ได้คำนึงถึงทิศทางของแรงเนื่องจากสนามไฟฟ้า นิสิตนักศึกษาร้อยละ 6 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนว่า “เมื่อสนามไฟฟ้ามีทิศขึ้นในแนวดิ่ง หยดน้ำมันที่มีโอกาสลอยอยู่ในสนามไฟฟ้าได้ คือ หยดน้ำมันที่มีประจุบวก เพราะจะถูกสนามไฟฟ้าดูดและผลักไว้” และมีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 24 ที่ไม่ตอบคำถาม

เกี่ยวกับเรื่องการยิงอนุภาคแอลฟาไปยังแผ่นทองคำ พบว่ามีนิสิตนักศึกษาเพียงร้อยละ 6 เท่านั้นที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถอธิบายพลังงานจลน์ของอนุภาคแอลฟา ณ ตำแหน่งที่เข้าใกล้นิวเคลียสของทองคำมากที่สุดได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่าพลังงานจลน์ของอนุภาคแอลฟา ณ ตำแหน่งที่เข้าใกล้นิวเคลียสของทองคำมากที่สุดจะมีค่าเท่ากับศูนย์ เพราะอนุภาคแอลฟาหยุดนิ่ง มีนิสิตนักศึกษาถึงร้อยละ 52 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง โดยอธิบายว่าพลังงานจลน์ของอนุภาคแอลฟา ณ ตำแหน่งที่เข้าใกล้นิวเคลียสของทองคำมากที่สุดจะมีค่าหนึ่งๆ นิสิตนักศึกษาเพียงร้อยละ 3 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนโดยมีแนวคิดว่า “ถ้ายิงอนุภาคแอลฟาผ่านแผ่นทองคำในแนวตรง พลังงานจลน์ของอนุภาคแอลฟา ณ

ตำแหน่งที่เข้าใกล้นิวเคลียสของทองคำมากที่สุด จะมีค่าเท่าเดิม เพราะอนุภาคแอลฟาไม่มีประจุ จึงไม่มีแรงดึงดูดระหว่างประจุเกิดขึ้น" และมีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 39 ที่ไม่ตอบคำถาม

เมื่อให้นิสิตนักศึกษาทำนายผลที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก ในกรณีที่โฟตอนของแสงที่ให้กับโลหะมีค่าเท่ากับฟังก์ชันงาน พบว่ามีนิสิตนักศึกษาเพียงร้อยละ 9 เท่านั้นที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถทำนายผลได้ถูกต้องว่าจะทำให้เกิดโฟโตอิเล็กตรอน ทำให้พลังงานจลน์ของโฟโตอิเล็กตรอนเป็นศูนย์ และทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าในวงจร นิสิตนักศึกษาร้อยละ 21 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเราะไม่สามารถทำนายผลได้ถูกต้อง และมีนิสิตนักศึกษาร้อยละ 6 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน โดยมีแนวคิดว่า "ถ้าโฟตอนของแสงที่ให้กับโลหะมีค่าเท่ากับฟังก์ชันงาน (work function) ของโลหะนั้นจะทำให้อิเล็กตรอนที่หลุดออกมามีค่าเท่ากับปริมาณแสงที่ตกกระทบ และฟังก์ชันงานที่ได้มีค่าคงที่"

ในเรื่องสัญลักษณ์นิวเคลียร์ พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 67 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถระบุจำนวนนิวตรอน โปรตอน และอิเล็กตรอนของอะตอมของ $^{210}_{84}Po$ ได้ถูกต้อง โดยตัวเลขข้างล่างจะแสดงจำนวนโปรตอนหรืออิเล็กตรอนและผลลัพธ์ของตัวเลขข้างบนลบด้วยตัวเลขข้างล่างจะแสดงจำนวนนิวตรอน มีนิสิตนักศึกษา เพียงร้อยละ 3 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะไม่สามารถระบุจำนวนนิวตรอน โปรตอน และอิเล็กตรอนได้ นอกจากนี้ยังพบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 36 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถระบุจำนวนโปรตอนและนิวตรอนของธาตุกัมมันตรังสีที่สลายตัวให้รังสีแอลฟาได้ถูกต้อง โดยธาตุกัมมันตรังสีที่สลายตัวให้รังสีแอลฟาจะมีจำนวนโปรตอนและนิวตรอนลดลงอย่างละ 2 ตัว นิสิตนักศึกษาร้อยละ 18 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะระบุจำนวนโปรตอนและนิวตรอนของธาตุกัมมันตรังสีที่สลายตัวให้รังสีแอลฟาได้ไม่ถูกต้อง และนิสิตนักศึกษาร้อยละ 6 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน โดยมีแนวคิดว่า "เมื่อธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวให้รังสีแอลฟา นิวเคลียสของธาตุนั้นจะมีจำนวนโปรตอนและนิวตรอนลดลงอย่างละ 1 ตัว"

ในเรื่องปฏิกิริยานิวเคลียร์ พบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 42 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถเขียนปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบ (n , γ) ของนิวเคลียส $^{109}_{47}Ag$ ได้ถูกต้อง โดยนิวเคลียส $^{109}_{47}Ag$ ถูกยิงด้วยนิวตรอน จะมีจำนวนนิวตรอนเพิ่มขึ้น 1 ตัว และปล่อยรังสีแกมมาออกมาด้วย นิสิตนักศึกษาร้อยละ 18 มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพราะเขียนปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบ (n , γ) ของนิวเคลียส $^{109}_{47}Ag$ ได้ไม่ถูกต้อง นอกจากนั้นพบว่านิสิตนักศึกษาร้อยละ 12 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ เช่น

...เขียนปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบ (n , γ) ของ $^{109}_{47}Ag$ ได้ดังนี้

$$^{109}_{47}Ag + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{106}_{45}X$$

โดยสรุปในเรื่องฟิสิกส์อะตอมและฟิสิกส์นิวเคลียร์นั้น พบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสัญลักษณ์นิวเคลียร์มากที่สุด รองลงมา คือ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ และการสลายตัวให้อนุภาคแอลฟา ตามลำดับ ในทางกลับกัน พบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการยิงอนุภาคแอลฟาไปยังแผ่นทองคำมากที่สุด รองลงมา คือ การทดลองหยดน้ำมันของมิลลิแกน และปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์มากที่สุด รองลงมา คือ การทดลองหยดน้ำมันของ มิลลิแกน ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก การสลายตัวให้อนุภาคแอลฟา และการยิงอนุภาคแอลฟาไปยังแผ่นทองคำ ตามลำดับ

การที่นิสิตนักศึกษาส่วนใหญ่มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องอาจเป็นเพราะว่าในการเรียนการสอนเรื่องดังกล่าวนี้ นิสิตนักศึกษาจะไม่ได้มีโอกาสทำการทดลองจริง ๆ จะเห็นเพียงแค่ภาพของการทดลองในตำราเท่านั้น (บรรจง, 2528) ดังนั้นนิสิตนักศึกษาจึงพยายามจดจำสมการการคำนวณมากกว่าการทำความ

เข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นครูผู้สอนอาจช่วยนิสิตนักศึกษาเรียนรู้เรื่องนี้ด้วยการให้ลงมือปฏิบัติ ครูผู้สอนควรได้อธิบายแนวคิดพื้นฐานเพื่อให้นิสิตนักศึกษาได้เข้าใจแนวคิดที่ง่ายไปหาแนวคิดที่ยากขึ้นตลอดจนทบทวนความรู้เดิมให้กับนิสิตนักศึกษา

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

ผลการวิจัยนี้บ่งชี้ว่านิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์ยังประสบปัญหาในเรื่องเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ที่สอนอยู่มาก เนื่องจากนิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องและแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในทุกเรื่องหลัก แสดงให้เห็นการที่นิสิตนักศึกษาไม่สามารถประยุกต์ใช้แนวคิดเกี่ยวกับฟิสิกส์ในการอธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันและเชื่อมโยงแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องไว้ด้วยกันได้จากคำถามที่ถาม สิ่งนี้สะท้อนให้เห็นถึงสภาพปัญหาของการเตรียมความพร้อมด้านเนื้อหาของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์ในเรื่อง กลศาสตร์ คลื่น ไฟฟ้าแม่เหล็ก ความร้อนและอุณหพลศาสตร์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และฟิสิกส์อะตอมและฟิสิกส์นิวเคลียร์ ซึ่งครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ นักการศึกษา นักวิทยาศาสตร์ศึกษา และผู้บริหารสถาบันการผลิตครูควรตระหนัก และหาทางป้องกันไม่ให้นิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เพราะหากนิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แล้ว นิสิตนักศึกษาเหล่านั้นอาจถ่ายทอดแนวคิดที่ไม่ถูกต้องหรือแนวคิดที่คลาดเคลื่อนดังกล่าวไปยังนักเรียนที่ตนเองสอนได้ ดังที่ Pardhan and Bano (2001: 315) กล่าวว่า“ข้อค้นพบเกี่ยวกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนนี้ จะช่วยให้นักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้เข้าใจปัญหาของนิสิตนักศึกษา และได้ออกแบบการเตรียมความพร้อมด้านเนื้อหาในโปรแกรมวิชาที่จะช่วยให้นิสิตนักศึกษาที่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เพื่อไม่ให้นิสิตนักศึกษาถ่ายทอดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนนั้นไปยังนักเรียนที่สอน แต่ให้นิสิตนักศึกษาเหล่านั้นได้นำเสนอแนวคิดที่ชัดเจนและและคำอธิบายที่ถูกต้อง”

ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะดังนี้

1. ครูผู้สอนควรสำรวจแนวคิดพื้นฐานก่อนเรียนเรื่องใหม่ของผู้เรียน เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนมีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อนหรือไม่ อย่างไร จะได้หาแนวทางส่งเสริมให้ผู้เรียนเปลี่ยนแนวคิดที่ไม่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อนดังกล่าวเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง อันจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์เรื่องใหม่ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น นอกจากนั้นควรมีการสำรวจแนวคิดของผู้เรียนหลังเรียน เพื่อให้แน่ใจว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเปลี่ยนแปลงแนวคิดแล้ว

2. ครูผู้สอนควรเริ่มสอนเนื้อหาวิชาฟิสิกส์จากแนวคิดที่ง่ายไปสู่แนวคิดที่ยาก เช่น จากแนวคิดเกี่ยวกับกลศาสตร์ค่อย ๆ นำไปสู่แนวคิดเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือฟิสิกส์นิวเคลียร์ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

3. ครูผู้สอนควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีโอกาสลงมือปฏิบัติการทดลองหรือทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดเชิงเชิงรูปธรรมกับแนวคิดเชิงนามธรรมทางฟิสิกส์ได้ นอกจากนั้นครูผู้สอนควรส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดจินตนาการในแนวคิดที่เกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ให้มากขึ้น เพื่อให้การเรียนรู้แนวคิดเชิงนามธรรมในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์เป็นไปได้ดียิ่งขึ้น

4. สถาบันการผลิตครูควรได้ปรับปรุงการเตรียมความพร้อมด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์ในเรื่องกลศาสตร์ คลื่น ไฟฟ้าแม่เหล็ก ความร้อนและอุณหพลศาสตร์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และฟิสิกส์อะตอมและฟิสิกส์นิวเคลียร์ เพื่อให้นิสิตนักศึกษามีความรู้ความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์

อย่างถ่องแท้ นอกจากนั้นควรมีการทดสอบความรู้พื้นฐานในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ก่อนออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูหรือก่อนจบการศึกษา เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูก่อนปฏิบัติงานสอนจริง

เอกสารอ้างอิง

ไกรรักษ์ โชติรัตน์. 2537. *มโนภาพที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องไฟฟ้าของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดสระแก้ว.* กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บรรจง ด่านวัฒนาพงษ์. 2528. *การศึกษาปัญหา สาเหตุของปัญหา และวิธีการแก้ปัญหาการใช้อุปกรณ์การสอนปฏิบัติการวิชาฟิสิกส์ของครูฟิสิกส์ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปีการศึกษา 2527.* มหาสารคาม: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วงษ์เดือน กองแก้ว. 2536. *การศึกษาปัญหาการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ว 421 ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 6.* กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2545. *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

Gilbert, J. K., M. Watts and R. J. Osborne. 1982. "Students' conception of ideas in mechanics". *Physics Education.* 17: 62-66.

Hynd, C., D. Alvermann and G. Qian. 1997. "Preservice elementary school teachers' conceptual change about projectile motion: Refutation text, demonstration, affective factors, and relevance". *Science Education* 81: 1-27.

National Research Council. 1995. *National Science Education Standards.* Washington, DC: National Academy Press.

Office of Rajabhat Institute Council. 2002. *Conceptual Framework to Reform the Teacher and Educational Personnel Preparation and Development.* Available: http://www.rajabhat.ac.th/edu/develop.htm.

Office of the National Education Commission (ONEC). 2000. *Learning Reform: A Learner-Centred Approach.* Bangkok: ONEC.

Osborne, R. J. and Gilbert, J. K. (1980). A technique for exploring students' views of the world. *Physics Education* 15, 376-379.

Palmer, D. 2001. "Students' alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity". *International Journal of Science Education* 23(7): 691-706.

Pardhan, H. and Y. Bano. (2001). "Science teachers' alternate conceptions about direct-currents". *International Journal of Science Education* 23(3): 301-318.

Preece, P. F. W. 1997. "Force and motion: Pre-service and practising secondary science teachers' language and understanding". *Research in Science and Technological Education* 15(1): 123-128.

Renner, J. W. 1990. "Understandings and misunderstandings of eighth graders of four physics concepts found in textbooks". *Journal of Research in Science Teaching* 27(1): 35-54.

Secretariat of the Teacher Council. 1994. *The seminar on "guidelines for shifting teaching profession standards".* Bangkok: Secretariat of the Teacher Council.

Tuan, H. L. and R. C. Kaou. 1997. "Development of a grade eight Taiwanese physical science teachers' pedagogical content knowledge development". *Proceeding of the National Science Council Part D: Mathematics, Science and Technology Education* 7(3): 135-154.

RESEARCH ARTICLE

Conceptual Development of Force and Motion in Third-Year Preservice Physics Teachers Participating in Constructivist Learning Activities

Khajornsak Buaraphan[1], **Penchantr Singh**[2] **and Vantipa Roadrangka**[3]

[1]**Ph.D. Candidate (Science Education)**
The Program to Prepare Research and Development Personnel for Science Education
E-mail address: g4486019@ku.ac.th
[2]**M.Sc.(Nuclear Physics), Associate Professor**
Department of Physics, Faculty of Science
[3]**Ph.D.(Secondary Education), Ed.D.(Science Education), Professor**
Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University

Abstract

This research dealt with the teaching and learning of force and motion at secondary and tertiary levels as well as their conceptual development. Four 3rd-year physics student teachers from a Rajabhat University in Bangkok were interviewed. It was found that at secondary and tertiary levels instructors usually employed lecture-based teaching method and accentuated the memorization of force and motion equations, rather than the mastering of key concepts and their applications for everyday life. As such, students lacked thorough understanding of what was learned and a negative attitude toward learning was developed instead. In contrast, the activities presented during the session of pedagogical content knowledge (PCK) modeling were found to potentially enhance the understanding of force and motion as well as logical reasoning. Additionally, the human-centred viewpoint and the impetus concept are regarded as a stumbling block in learning force and motion.

Keywords: constructivism, force and motion concept, pedagogical content knowledge modeling, preservice physics teacher, scientific concept

Songklanakarin Journal of Social Sciences and Humanities 12(1) Jan. - Mar. 2006: 97-119
รับต้นฉบับ 30 มิถุนายน 2548 ปรับปรุง-แก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ 23 กันยายน 2548
รับลงตีพิมพ์ 20 ธันวาคม 2548

บทความวิจัย

การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 3 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์[1] เพ็ญจันทร์ ชิงห์[2] และวรรณทิพา รอดแรงค้า[3]

[1]นิสิตปริญญาเอกสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา
โครงการผลิตนักวิจัยพัฒนาด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์,
E-mail : g4486019@ku.ac.th

[2]วท.ม.(นิวเคลียร์ฟิสิกส์), รองศาสตราจารย์
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์,

[3]Ph.D.(Secondary Education), Ed.D.(Science Education), ศาสตราจารย์
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการวิจัยเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนรู้ในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษาและการพัฒนาแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์นักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 3 จำนวน 4 คน จากมหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ผลการศึกษาพบว่า ผู้สอนในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษาจัดการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยใช้การบรรยายเป็นหลัก และมุ่งเน้นการท่องจำสมการต่าง ๆ มากกว่าความเข้าใจแนวคิดสำคัญและการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ทำให้ผู้เรียนขาดความเข้าใจอย่างถ่องแท้และมีเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียน ในขณะที่กิจกรรมการเรียนรู้ในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหา ช่วยให้นักศึกษาพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ ตลอดจนการให้เหตุผลได้ดีกว่า ทั้งนี้พบว่ามุมมองที่ยึดตนเองเป็นศูนย์กลางและแนวคิดเกี่ยวกับแรงขับดันภายในของวัตถุเป็นอุปสรรคสำคัญในการเรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ

คำสำคัญ: การแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอน, ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง, นักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์, แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ, แนวคิดทางวิทยาศาสตร์

บทนำ

เนื้อหาเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุถือว่าเป็นเนื้อหาสำคัญอันหนึ่งที่บรรจุไว้ในหลักสูตรการผลิตครูวิทยาศาสตร์ของสถาบันการผลิตครู เพราะตามคู่มือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระการเรียนรู้ที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ ผู้เรียนตั้งแต่ช่วงชั้นที่ 1 ถึงช่วงชั้นที่ 4 ต้องเรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุเพื่อให้เข้าใจแรงชนิดต่าง ๆ และลักษณะของการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบต่าง ๆ ในธรรมชาติ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545, 11) นอกจากนั้นเนื้อหาเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุยังเป็นพื้นฐานต่อการเรียนวิชากลศาสตร์ในระดับอุดมศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ซึ่งหากผู้เรียนขาดความเข้าใจเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุแล้ว ก็อาจประสบปัญหาในการเรียนรู้วิชากลศาสตร์ เสมือนว่ากฎของนิวตันเป็นสิ่งที่ไร้ความหมาย (Hellingman, 1989, 36; Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992, 150) อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นเนื้อหาที่ผู้เรียนซึ่งรวมถึงนักศึกษาครูเป็นจำนวนมากมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดเกี่ยวกับแรงขับดันภายใน (impetus concept) และมุมมองที่ยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง (human–centred viewpoint) ซึ่งแนวคิดดังกล่าวเป็นอุปสรรคในการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เพราะผู้เรียนอาจปรับเปลี่ยนบิดเบือนเนื้อหาในบทเรียน ผลจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ หรือการตีความหมายของผลเหล่านั้นให้สอดคล้องกับกรอบแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองมีอยู่ (Champagne, Gunstone & Klopfer, 1983)

เพื่อช่วยให้ผู้เรียนปรับเปลี่ยนแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุให้เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง การสำรวจความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่แล้วก่อนเรียน เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุของผู้เรียนเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง เพราะตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (constructivism) นั้น ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้ โดยการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่แล้วก่อนเรียนกับความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ทั้งในและนอกห้องเรียน (Colburn, 2000)

งานวิจัยนี้ศึกษาสภาพการจัดการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษา และในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอนในวิชาพฤติกรรมการสอนฟิสิกส์ของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 3 และศึกษาการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุของนักศึกษาจากการเรียนรู้ในช่วงดังกล่าว ซึ่งผลการสำรวจนี้จะเป็นข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้บริหาร คณาจารย์ และบุคลากรที่เกี่ยวข้องในสถาบันการผลิตครูในการเตรียมความพร้อมด้านเนื้อหาและวางแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพการจัดการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษา และในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอนในวิชาพฤติกรรมการสอนฟิสิกส์ของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 3

2. เพื่อศึกษาการพัฒนาแนวคิดของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 3 เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุจากการเรียนรู้ในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอนในวิชาพฤติกรรมการสอนฟิสิกส์

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาสภาพการจัดการเรียนรู้และการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 3 จำนวน 4 คน จากมหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร

นิยามศัพท์เฉพาะ

สภาพการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การใช้สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ

การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ หมายถึง แนวคิดเชิงฟิสิกส์ของนักศึกษาเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปจากแนวคิดเดิมจากการเรียนรู้ในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอนในวิชาพฤติกรรมการสอนฟิสิกส์ ซึ่งได้จากการสัมภาษณ์แบบใช้ภาพเขียนลายเส้นประกอบ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. คณาจารย์ระดับมัธยมศึกษา และคณาจารย์ของสถาบันการผลิตครูได้ทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุของผู้เรียน

2. คณาจารย์สถาบันการผลิตครูได้ทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมความพร้อมด้านเนื้อหาฟิสิกส์และการให้ความช่วยเหลือนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ก่อนปฏิบัติงานสอน

3. ผู้บริหาร คณาจารย์ และบุคลากรได้ทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตรการผลิตครูฟิสิกส์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การเตรียมความพร้อมด้านเนื้อหา และการวางแนวทางพัฒนาหลักสูตรการผลิตครูฟิสิกส์ในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

ประชากร ได้แก่ นักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 3 จำนวน 4 คน เป็นชาย 2 คน หญิง 2 คน จากมหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานครที่ลงทะเบียนเรียนในวิชาพฤติกรรมการสอนฟิสิกส์ ซึ่งดำเนินการสอนโดยผู้วิจัยในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2547

รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงตีความหมาย (interpretive study) (Neuman, 2003, 76) โดยผู้วิจัยในฐานะผู้สอนวิชาพฤติกรรมการสอนฟิสิกส์ดำเนินการสัมภาษณ์และตีความหมายข้อมูลเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนรู้และการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 3

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. การสัมภาษณ์เป็นรายบุคคล

ผู้วิจัยสัมภาษณ์นักศึกษาเป็นรายบุคคลเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษา และในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอน โดยแบ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดผลการเรียนรู้ และปัญหาในการเรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ ดังนี้

- ในระดับมัธยมศึกษา/อุดมศึกษา ครูของท่านสอนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุอย่างไร (วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดผลการเรียนรู้)
- ในระดับมัธยมศึกษา/อุดมศึกษา ท่านพบปัญหาในการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือไม่ อย่างไร
- หลังจากเรียนรู้ในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอน ท่านเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุมากขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด
- วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดผลการเรียนรู้ที่ใช้ในช่วงดังกล่าวช่วยให้ท่านเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุมากขึ้นหรือไม่ อย่างไร
- ท่านพบปัญหาในการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุในช่วงดังกล่าวหรือไม่ อย่างไร

2. การสัมภาษณ์แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยใช้ภาพเขียนลายเส้นประกอบ (interview-about-instance; IAI) (Osborne & Gilbert, 1980)

ผู้วิจัยแสดงภาพเขียนลายเส้นของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ กล่าวคือ วัตถุอยู่นิ่ง วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง และวัตถุเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง แล้วให้นักศึกษาอธิบายแรงที่กระทำต่อวัตถุและการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์นั้น ๆ โดยคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์มีอยู่ทั้งหมด 8 ข้อ

ผู้วิจัยมีขั้นตอนในการสร้างคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุดังนี้

1) ศึกษาเอกสารต่าง ๆ ได้แก่ คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หนังสือเรียนและคู่มือครูวิชาฟิสิกส์ เพื่อวิเคราะห์แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุและหาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแนวคิดเหล่านั้น

2) ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างคำถาม

3) นำคำถามที่สร้างขึ้น ตลอดจนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏในคำถามเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 2 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อให้ตรวจสอบในประเด็นดังต่อไปนี้

3.1) ความเหมาะสมของคำถามในการวินิจฉัยแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ

3.2) ความถูกต้องของภาษาที่ใช้และการสื่อความหมายของคำถาม

3.3) ความถูกต้องของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏในคำตอบ

4) แก้ไข ปรับปรุงคำถาม และนำไปทดลองสัมภาษณ์กลุ่มนักศึกษาขนาดเล็กจำนวน 3 คนซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเข้าใจในภาษา การสื่อความหมายของคำถาม และสำรวจปัญหาที่พบในการสัมภาษณ์ จากนั้นนำคำถามที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วและบันทึกปัญหาที่พบในการสัมภาษณ์เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาอีกครั้ง เพื่อรับฟังข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความถูกต้องของภาษาที่ใช้ การสื่อความหมายของคำถาม และแนวทางการแก้ปัญหาในการสัมภาษณ์

5) นำคำถามที่ได้ไปเก็บข้อมูล

3. กิจกรรมการเรียนรู้ในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอน

การแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอน (pedagogical content knowledge modeling) จัดขึ้นระหว่างสัปดาห์ที่ 7–11 ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2547 ของวิชาพฤติกรรมการสอนฟิสิกส์ ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร โดยผู้วิจัยในฐานะผู้สอนวิชาดังกล่าวได้แสดงแบบอย่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยสมมติบทบาทเป็นครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ แล้วให้นักศึกษาสมมติบทบาทเป็นนักเรียน ซึ่งใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 2 คาบ/สัปดาห์ กิจกรรมการเรียนรู้ในช่วงดังกล่าวแสดงถึงการบูรณาการความรู้ในเนื้อหาและความรู้เกี่ยวกับวิธีสอนของครูผู้สอน ซึ่งนำไปสู่ความเข้าใจว่าควรจัดเรียง ดัดแปลง และนำเสนอเนื้อหาอย่างไรให้สอดคล้องและเหมาะสมกับความสนใจ และความสามารถที่หลากหลายของผู้เรียน (ขจรศักดิ์ และวรรณทิพา, 2548)

กิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดขึ้นในช่วงดังกล่าวอาศัยทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเป็นพื้นฐาน กล่าวคือ ผู้เรียนไม่ได้เปรียบเสมือนกระดาษที่ว่างเปล่าที่รอคอยให้ครูขีดเขียนความรู้ลงไป ตรงกันข้ามผู้เรียนก้าวเข้ามาในห้องเรียนพร้อมกับความรู้และประสบการณ์ ที่มีอยู่แล้วที่หลากหลาย ผู้เรียนไม่ได้มีหน้าที่รอรับความรู้ที่ถ่ายโอนมาจากครูเพียงฝ่ายเดียว ตรงกันข้ามผู้เรียนมีบทบาทเป็นผู้เรียนที่กระตือรือร้น (active learner) มีหน้าที่ในการร่วมอภิปราย วิจารณ์ โต้แย้ง สร้างสมมติฐาน ลงมือสำรวจตรวจสอบ รายงานและอภิปรายผล และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่แล้วกับความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมทั้งในและนอกห้องเรียน (Fox, 2001; Colburn, 2000) ครูผู้สอน มีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก

(facilitator) มีหน้าที่เป็นผู้ส่งเสริม สนับสนุน และชี้แนะแนวทางการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองให้แก่ผู้เรียนภายใต้ประสบการณ์การเรียนรู้ที่จัดไว้อย่างเหมาะสม (Windschitl, 2002) เนื่องจากการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนเกิดขึ้นได้ตลอดกระบวนการเรียนรู้ การวัดผลการเรียนรู้จึงควรบูรณาการอยู่ในกระบวนการเรียนรู้โดยเน้นทั้งกระบวนการและผลผลิตของการสร้างองค์ความรู้ (Duit & Treagust, 1995) โดยจุดมุ่งหมายของการวัดผลไม่ได้อยู่ที่ความสามารถของผู้เรียนในการจดจำหรือระลึกข้อมูล แต่อยู่ที่ว่าผู้เรียนเกิดการพัฒนาความรู้และประสบการณ์ไปจากเดิมมากน้อยเพียงใด (Tynjala, 1999)

สำหรับเนื้อหาเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุในช่วงดังกล่าว คือ แรงและแรงลัพธ์ กฎการเคลื่อนที่ทั้งสามข้อของนิวตัน และความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนตัมและแรงลัพธ์ โดยรายละเอียดของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองในแต่ละสัปดาห์เป็นดังต่อไปนี้

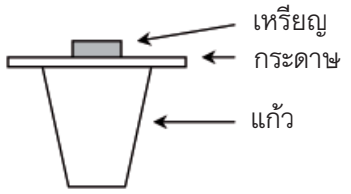
สัปดาห์ที่ 7 แรงและแรงลัพธ์

ผู้สอนใช้วิธีสอนแบบก่อกำเนิดการเรียนรู้ (generative learning model of teaching) (Osborne & Wittrock, 1985) นำเข้าสู่บทเรียนด้วยเกมยิงป้าย ภาพอุบัติเหตุบนท้องถนนจำนวน 4 ภาพ และการปล่อยก้อนดินน้ำมันที่ระดับความสูงต่างกัน แล้วอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแรง ความเร็ว การเปลี่ยนแปลงความเร็ว และการเปลี่ยนรูปร่างของวัตถุ ก่อนให้ผู้เรียนทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุเนื่องจากแรงลัพธ์ นำเสนอผลการทดลอง อภิปรายร่วมกันแล้วทำใบงานเรื่องการหาแรงลัพธ์

สัปดาห์ที่ 8 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน

ผู้สอนใช้วิธีสอนแบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observation–Explanation) นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้ผู้เรียนทำนาย สังเกต และอธิบายสถานการณ์ดังนี้ สถานการณ์ที่ 1 วางเหรียญไว้บนกระดาษแข็งที่วางไว้บนแก้วแล้วดึงกระดาษแข็งออกอย่างรวดเร็ว ดังรูป 1

และสถานการณ์ที่ 2 วางเหรียญไว้บนไม้บรรทัดที่วางโผล่มาจากขอบโต๊ะแล้วปัดไม้บรรทัดอย่างรวดเร็ว ดังรูป 2 แล้วให้อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแรงลัพธ์และการเปลี่ยนแปลงความเร็วของวัตถุ ก่อนให้ผู้เรียนทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงลัพธ์เป็นศูนย์ นำเสนอผลการทดลอง อภิปรายร่วมกันแล้วทำใบงานเรื่องกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน



รูป 1 สถานการณ์ที่ 1 ของกิจกรรมการเรียนรู้ในสัปดาห์ที่ 8

ทิศทางการปัดไม้บรรทัด

รูป 2 สถานการณ์ที่ 2 ของกิจกรรมการเรียนรู้ในสัปดาห์ที่ 8

สัปดาห์ที่ 9 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน

ผู้สอนใช้ขั้นตอนการสอนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (constructivist teaching sequence) (Driver & Oldham, 1980) นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการสาธิตการปล่อยลูกบอลจากความสูงระดับไหล่ และผลักถุงทรายที่วางบนโต๊ะ แล้วอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุขณะก่อนเคลื่อนที่ ขณะเคลื่อนที่ และหยุดนิ่ง ก่อนให้ผู้เรียนทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงลัพธ์ไม่เป็นศูนย์ นำเสนอผลการทดลอง อภิปรายร่วมกัน แล้วทำใบงานเรื่องกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน

สัปดาห์ที่ 10 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน

ผู้สอนใช้ขั้นตอนการสอนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองนำเข้าสู่บทเรียนด้วยกิจกรรมชักเย่อ การดึง

เชือกที่ผูกกับขาโต๊ะ และการสังเกตลูกปิงปองที่กระดอนขึ้นจากโต๊ะ แล้วอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแรงกิริยา–ปฏิกิริยา ก่อนให้ผู้เรียนทำการทดลองเรื่องแรงกิริยา–ปฏิกิริยา นำเสนอผลการทดลองอภิปรายร่วมกันแล้วทำใบงานเรื่องกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน

สัปดาห์ที่ 11 โมเมนตัมและแรงลัพธ์

ผู้สอนใช้วิธีสอนแบบก่อกำเนิดการเรียนรู้นำเข้าสู่บทเรียนด้วยกิจกรรมการรับ–ส่งลูกบาสเกตบอล การรับลูกปิงปอง ลูกเทนนิส ลูกฟุตบอล ลูกเหล็กที่ปล่อยจากความสูงเท่ากัน แล้วอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุขณะก่อนเคลื่อนที่ ขณะเคลื่อนที่และหยุดนิ่ง ก่อนให้ผู้เรียนทำการทดลองเรื่องการหยุดวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ นำเสนอผลการทดลอง อภิปรายร่วมกัน แล้วทำใบงานเรื่องโมเมนตัมและแรงลัพธ์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2547 ก่อนการเรียนรู้ในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอน ผู้วิจัยสัมภาษณ์นักศึกษาเป็นรายบุคคลเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษา พร้อมทั้งสัมภาษณ์แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยใช้การสัมภาษณ์แบบใช้ภาพเขียนลายเส้นประกอบซึ่งใช้เวลาในการสัมภาษณ์คนละประมาณ 90 นาที และในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548 หลังจากเสร็จสิ้นการเรียนรู้ในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอน ผู้วิจัยสัมภาษณ์นักศึกษาเป็นรายบุคคลอีกครั้งหนึ่งเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุในช่วงดังกล่าว พร้อมทั้งสัมภาษณ์แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยใช้การสัมภาษณ์แบบใช้ภาพเขียนลายเส้นประกอบซึ่งใช้เวลาในการสัมภาษณ์คนละประมาณ 90 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยถอดเทปบันทึกการสัมภาษณ์สภาพการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ แล้วจัดกลุ่มคำตอบโดยแบ่งเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การใช้สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้และปัญหาในการเรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ผู้วิจัยถอดเทปบันทึกการสัมภาษณ์แนวคิดของนักศึกษาเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุขณะก่อนและหลังการเรียนรู้ในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอน อ่านคำตอบที่ได้จากการสัมภาษณ์อย่างละเอียด แล้วตีความหมายคำตอบโดยเปรียบเทียบคำตอบที่ได้กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่อจำแนกแนวคิดดังกล่าวของนักศึกษาออกเป็น 3 แบบตามระดับความสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

1. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (scientific conception; SC) หมายถึง นักศึกษามีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทุกองค์ประกอบ

2. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (partial scientific conception; PC) หมายถึง นักศึกษามีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

3. แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (alternative conception; AC) หมายถึง นักศึกษามีแนวคิดไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏในคำถามนั้น ๆ

เพื่อหาความถูกต้องในการตีความหมายแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ ผู้วิจัยสร้างแบบลงความคิดเห็นต่อการวิเคราะห์แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 2 ท่าน ลงความคิดเห็นต่อการวิเคราะห์แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุของผู้วิจัยว่าเห็นด้วยหรือไม่กับการตีความหมายและจำแนกแนวคิดของผู้วิจัย พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะ หลังจากได้รับผลการลงความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ผู้วิจัยหาค่าความสอดคล้องของการตีความหมายและจำแนกแนวคิดระหว่างผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้เกณฑ์ความสอดคล้องที่ร้อยละ 80

เมื่อจำแนกแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุเสร็จแล้ว ผู้วิจัยเปรียบเทียบแนวคิดของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ขณะก่อนและหลังการเรียนรู้ในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอนเพื่อแสดงการพัฒนาแนวคิดของนักศึกษาเกี่ยวกับแรง

และการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ผลและวิจารณ์

ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอผลการวิจัยและอภิปรายออกเป็น 2 ส่วน คือ สภาพการจัดการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ และการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ ในที่นี้เพื่อรักษาสิทธิของพลวิจัย ผู้วิจัยขอใช้นามแฝงแทนชื่อของพลวิจัยดังนี้ ยุทธ วรณ์ จุรี และญา

สภาพการจัดการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ระดับมัธยมศึกษา

นักศึกษาทุกคนกล่าวว่าครูผู้สอนในระดับมัธยมศึกษาของตนสอนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยใช้วิธีสอนแบบบรรยายเป็นหลัก โดยให้นักเรียนจดตามคำบอก หรือจดตามสิ่งที่ครูเขียนบนกระดาน นักศึกษามีประสบการณ์ในการทดลองน้อยมาก เพราะได้ทำการทดลองเพียงเล็กน้อยในบางเนื้อหาเท่านั้น โดยวรณ์กับจุรีกล่าวว่า เคยทำการทดลองเกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองและข้อที่สามของนิวตัน นอกจากนั้นวรณ์กับญากล่าวว่า ครูผู้สอนไม่ได้เน้นการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุเพื่ออธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้ยุทธ วรณ์ และจุรีกล่าวว่า ครูผู้สอนได้มอบหมายให้ทำการบ้าน แบบฝึกหัด และรายงานบ้างเป็นบางครั้ง

นักศึกษาทุกคนกล่าวว่าเนื่องจากครูผู้สอนในระดับมัธยมศึกษาของตนเน้นการสอนแบบบรรยาย จึงไม่ค่อยใช้สื่อในการเรียนการสอนมากนัก สื่อการเรียนรู้หลักที่ใช้ คือ กระดาน หนังสือเรียน และแบบฝึกหัด นอกจากนั้นก็จะเป็นสื่อที่ใช้ในการทดลองเกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองและข้อที่สามของนิวตัน สำหรับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ก็จะเป็นแบบฝึกหัดการบ้าน รายงาน สอบรายจุดประสงค์ สอบกลางภาค และสอบปลายภาค

สำหรับปัญหาที่นักศึกษาทุกคนพบในการเรียนรู้เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุในระดับมัธยมศึกษา ก็คือ ไม่ค่อยเข้าใจกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน โดยมีสาเหตุมาจากการเรียนรู้โดยการฟังบรรยายเป็นหลักทำให้ไม่ค่อยได้มีโอกาสลงมือปฏิบัติ และครูผู้สอนเน้นการท่องจำสมการต่าง ๆ มากกว่าความรู้ความเข้าใจที่แท้จริง ซึ่งนักศึกษาแต่ละคนให้เหตุผลดังนี้ ยุทธกล่าวว่า "การเรียนแบบบรรยายน่าเบื่อ ทำให้ไม่ตั้งใจเรียน จึงไม่เข้าใจในบทเรียน" วรณ์กล่าวว่า "อาจารย์สอนแบบบรรยายมากในเนื้อหาที่มีการทดลอง...เนื้อหายากนักเรียนไม่ค่อยสนใจเรียน" จุรีกล่าวว่า "อาจารย์จะสอนให้จำสมการ $\Sigma F = 0$, $\Sigma F = ma$ แต่ข้อสอบก็จะถามถึงความรู้เรื่องกฎข้อที่ 1 และข้อที่ 2 ของนิวตัน แต่เนื่องจากไม่เข้าใจจึงทำข้อสอบไม่ได้ ส่งผลสืบเนื่องถึงระดับอุดมศึกษา" และญากล่าวว่า "ไม่เข้าใจ เรียนตามไม่ทัน เรียนไม่รู้เรื่องและไม่เข้าใจเลย รู้เนื้อหาเท่าที่จดบนกระดาน เพราะอาจารย์สอนเร็ว ไม่ค่อยได้ทำการทดลอง ครูให้หนังสือมาให้อ่าน"

ระดับอุดมศึกษา

นักศึกษาทุกคนกล่าวว่าครูผู้สอนในระดับอุดมศึกษาของตนสอนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยใช้วิธีสอนแบบบรรยายเป็นหลัก โดยมีแผ่นใสประกอบการบรรยาย นักศึกษาได้มีโอกาสทำการทดลองบ้าง เช่น ในเรื่องโมเมนตัม แต่ก็ต้องศึกษาวิธีทดลองและทำการทดลองเอง นอกจากนั้นก็ได้ทำรายงานและแบบฝึกหัดบ้าง สื่อการเรียนรู้หลักที่ครูผู้สอนในระดับอุดมศึกษาใช้ก็คือ แผ่นใส ส่วนการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนใช้ก็คือ แบบฝึกหัด รายงาน สอบท้ายบท สอบกลางภาค และสอบปลายภาค

สำหรับปัญหาในการเรียนรู้เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุในระดับอุดมศึกษาของนักศึกษาแต่ละคนเป็นดังนี้ ยุทธกล่าวว่า "มีปัญหาในการปรับตัวในการจด lecture เพราะเป็นคนจดช้า...พอจดตามไม่ทันทำให้ไม่อยากเรียน" วรณ์กล่าวว่า "เวลาค่อนข้างจำกัดคือเวลาสอนน้อยมาก อาจารย์มีกิจกรรมมากมาย" จุรีกล่าวว่า "ไม่ค่อยเข้าใจในบทเรียนเพราะความรู้เดิมไม่ค่อยดี และเวลาที่อาจารย์สอนนั้นจะสอนแบบบรรยายโดยใช้แผ่นใส และก็สอนเร็วทำให้ตามไม่ทัน" และญากล่าวว่า "ตอนเรียนมัธยมความรู้ไม่ค่อยแน่น พอมาเรียนระดับอุดมศึกษาอาจารย์จะไม่สอนพื้นฐาน จะสอนตามเนื้อหาไปเลย ทำให้ไม่เข้าใจเนื้อหาที่ยากและซับซ้อน" ซึ่งจะเห็นว่าสาเหตุหลักของปัญหาดังกล่าวมาจากพื้นฐาน

ความรู้เดิมของนักศึกษาไม่ค่อยดี อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากการเรียนรู้ในระดับมัธยมศึกษา และวิธีสอนแบบบรรยายที่ครูผู้สอนใช้

ช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอน

จากการเรียนรู้ในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอน นักศึกษาทุกคนระบุว่า เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุดีขึ้น โดยนักศึกษาแต่ละคนให้เหตุผลสนับสนุน ดังนี้ จุรีกล่าวว่า "เพราะวิธีสอนของอาจารย์เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีการทดลอง การสาธิต การเล่นเกม ทำให้เกิดความเข้าใจมากกว่าจำสูตรกฎแต่ละข้อ" ยุทธกล่าวว่า "เพราะอาจารย์เจาะประเด็นสอนและเน้นเนื้อหาที่สำคัญ อาจารย์จะสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จึงทำให้เข้าใจเนื้อหาเป็นอย่างดี...อธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้ จากที่ไม่เคยอธิบายได้มาก่อน" วรณ์กล่าวว่า "ทำให้เข้าใจมากกว่าเดิมเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ ถ้ามีครูสอนฟิสิกส์อย่างนี้สอนตอน ม.4 ม.5 ก็ดี" ญากล่าวว่า "เพราะอาจารย์สอนตั้งแต่พื้นฐานและมีวิธีสอนที่ทำให้ข้าพเจ้ามีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมทำให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น"

นักศึกษาแต่ละคนมีความคิดเห็นเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่ใช้ในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอนดังนี้ ยุทธกล่าวว่า "อาจารย์จะสอนแบบเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ มีการใช้สื่อที่หลากหลาย ผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติได้เองทำให้เข้าใจได้ด้วยตนเอง อาจารย์จะสอนแบบการถามตอบกระตุ้นความคิดของผู้เรียน ทำให้ไม่ง่วง และไม่น่าเบื่อ ผู้เรียน active อยู่ตลอดเวลา" วรณ์กล่าวว่า "กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้เข้าใจมากขึ้นเกี่ยวกับแรง พอได้ลงมือทำแล้วเข้าใจดีขึ้น และได้เรียนรู้ว่าถ้ากิจกรรมไม่ดีจะทำให้เด็กเบื่อหน่ายกับการเรียน ไม่อยากเรียน กิจกรรมนั้นก็สูญเปล่า สื่อการเรียนรู้ช่วยอย่างมากในการเรียนรู้ เพราะว่าทำให้เราได้ทราบว่าสื่อที่นำมาสาธิตทำให้เกิดภาพที่ชัดเจนกว่าคำพูด เห็นจริง ใกล้ตัวเรา และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ต้องวัดให้ตรงตามจุดประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ และสอดคล้องกับเนื้อหา สอดคล้องกับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วัดครอบคลุมพฤติกรรมทุกด้าน" จุรีกล่าวว่า "ช่วยให้เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุดีขึ้น คือ จากที่เข้าใจว่ากฎ [การเคลื่อนที่ของนิวตัน] แต่ละข้อ เช่น ข้อที่ 1 มีสูตรว่า $\Sigma F = 0$ กฎข้อที่ 2 คือ $\Sigma F = ma$ กฎข้อที่ 3 แรงกิริยาเท่ากับแรงปฏิกิริยา แต่เมื่อได้เรียนรู้แล้วทำให้เข้าใจใจความสำคัญมากขึ้น และอาจารย์ไม่เน้นการจำสูตรแต่เน้นความเข้าใจ" และญากล่าวว่า "กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ข้าพเจ้ามีส่วนร่วมและกระตุ้นให้ข้าพเจ้าคิดตามตลอด สื่อที่ใช้มีความหลากหลายและได้เห็นของจริง การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ทำให้ข้าพเจ้าได้รู้ว่าจะต้องวัดผลอย่างไรตามเนื้อหา"

สำหรับปัญหาที่นักศึกษาแต่ละคนพบในการเรียนรู้เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอนเป็นดังนี้ ยุทธกล่าวว่า "ปัญหาก็คือที่เคยเรียนกับอาจารย์ท่านอื่นจะสอนแบบบรรยาย แต่พอมาเรียนกับอาจารย์จะเน้นนักเรียนเป็นสำคัญเลยทำให้เราตอบคำถามไม่ได้บ้าง ปรับตัวเข้ากับการสอนแบบนี้ยังไม่ได้ แต่ก็ยอมรับว่าวิธีการสอนแบบนี้ทำให้เราเข้าใจบทเรียนดียิ่งขึ้น" วรณ์กล่าวว่า "ปัญหาส่วนมากมีน้อยมากเนื่องจากการสาธิต การสอนเป็นกระบวนการขั้นตอนดีมาก อาจารย์สอนดีจึงไม่มีปัญหาเท่าไร ปัญหาคือเรื่องเวลา" จุรีกล่าวว่า "เพราะว่ามีความรู้และความเข้าใจในกฎข้อที่ 1, 2 และ 3 น้อยมาก ทำให้เรียนรู้ได้ช้า แต่เมื่อพยายามทำความเข้าใจก็ทำให้ได้เรียนรู้ดีขึ้นและมีความเข้าใจมากขึ้น" และญากล่าวว่า "ทำแบบฝึกหัดบางอย่างไม่เข้าใจ เพราะไม่เข้าใจโจทย์ปัญหาที่ถาม ทำให้ทำผิด" ซึ่งจะเห็นว่าสาเหตุหลักของปัญหาดังกล่าวคือ พื้นฐานความรู้เดิมของนักศึกษาไม่ค่อยดี และการปรับตัวเนื่องจากต้องเรียนในรูปแบบการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองซึ่งแตกต่างจากรูปแบบการเรียนรู้แบบถ่ายโอนความรู้ (เช่น การสอนแบบบรรยาย) ที่นักศึกษาคุ้นเคย

กล่าวโดยสรุป นักศึกษาได้สะท้อนให้เห็นสภาพปัญหาของการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษาที่ครูผู้สอน

เน้นการสอนแบบบรรยายเป็นหลัก ขาดการใช้สื่อการเรียนรู้และการปฏิบัติทดลอง อีกทั้งเน้นให้นักเรียนจดจำสมการต่าง ๆ มากกว่าความรู้ความเข้าใจในแนวคิดสำคัญเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุและการประยุกต์ใช้แนวคิดดังกล่าวกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน สิ่งเหล่านี้ส่งผลให้นักเรียนขาดความเข้าใจแนวคิดสำคัญเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุและการประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนไม่เห็นคุณค่าและเบื่อหน่ายกับการเรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นอุปสรรคต่อนักเรียนในการเรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุในระดับชั้นที่สูงขึ้น หากอธิบายตามแนวคิดของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองก็คือ เนื่องจากผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองด้วยการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่แล้วเข้ากับความรู้และประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับจากการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ในบทเรียน ดังนั้นหากผู้เรียนขาดความรู้และประสบการณ์ที่เป็นพื้นฐานในการเชื่อมโยงสู่การเรียนรู้เนื้อหาใหม่ในบทเรียน ก็ยากที่ผู้เรียนจะประสบผลสำเร็จในการเรียนรู้เนื้อหานั้น (Alesandrini & Larson, 2002) จึงเป็นหน้าที่ของครูผู้สอนที่ควรปรับพื้นฐานความรู้ของผู้เรียนให้พร้อมต่อการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ในบทเรียน นอกจากนั้นครูผู้สอนควรส่งเสริมให้ผู้เรียนประเมินแนวคิดที่ได้เรียนรู้ ด้วยการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ หรือการอธิบายปรากฏการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเห็นคุณค่าของแนวคิดที่ได้เรียนรู้อันจะทำให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้มากขึ้น (Driver & Oldham, 1986)

เมื่อนักศึกษาได้เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอน ซึ่งเป็นกิจกรรมที่มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง นักศึกษาต้องปรับตัวจากความเคยชินกับรูปแบบการเรียนรู้แบบเดิมคือการเรียนรู้จากการฟังบรรยาย มาเป็นการลงมือปฏิบัติกิจกรรมและการทดลองด้วยตนเอง ซึ่งทำให้นักศึกษาบางคนรู้สึกอึดอัดบ้างในระยะแรก แต่เมื่อได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมและการทดลองภายใต้การชี้แนะจากครูผู้สอน นักศึกษาก็มีเจตคติที่ดีขึ้น เพราะกิจกรรมต่าง ๆ เหล่านั้นช่วยให้นักศึกษาเข้าใจแนวคิดสำคัญเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุมากขึ้น มากกว่าการพยายามทำความเข้าใจโดยการท่องจำสมการต่าง ๆ นอกจากนั้นนักศึกษายังเห็นคุณค่าและความสำคัญของแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุมากขึ้นจากความสามารถในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ทำให้นักศึกษารู้สึกสนุกกับการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมากขึ้น ผู้วิจัยเชื่อว่าสิ่งเหล่านี้น่าจะส่งเสริมให้นักศึกษานำวิธีสอนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองไปใช้กับนักเรียนที่จะสอนในอนาคตแทนที่จะใช้การสอนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียว จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า นักศึกษาครูมีแนวโน้มจะจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบหรือวิธีการที่เคยมีประสบการณ์การเรียนรู้ในรูปแบบหรือวิธีการดังกล่าว มากกว่าจะจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบหรือวิธีการที่ครูผู้สอนในสถาบันการผลิตครูต้องการ (Duit & Treagust, 1995) ดังนั้นหากต้องการให้นักศึกษาครูใช้วิธีสอนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองในการสอน ครูผู้สอนในสถาบันการผลิตครูก็ควรใช้วิธีสอนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักศึกษาครูได้รับประสบการณ์จากการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Tatto, 1999) ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ การแสดงแบบอย่างการสอนด้วยวิธีสอนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากครูผู้สอนในสถาบันการผลิตครู จึงเป็นแนวทางหนึ่งสามารถส่งเสริมให้นักศึกษาครูใช้วิธีสอนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองในการสอนในอนาคตได้

การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ

จากการตีความหมายและเปรียบเทียบแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุของนักศึกษาก่อนและหลังเรียนรู้ในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอน ผู้วิจัยขอนำเสนอผลพร้อมทั้งอภิปรายโดยแยกตามลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ปรากฏในคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ กล่าวคือ วัตถุอยู่นิ่ง วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง และวัตถุเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง ดังนี้

กรณีวัตถุอยู่นิ่ง

กรณีวัตถุอยู่นิ่งปรากฏในคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ข้อที่ 1 – 3 ดังนี้

คำถามข้อที่ 1 หนังสือวางนิ่งบนโต๊ะ

เมื่อให้นักศึกษาระบุแรงที่กระทำต่อหนังสือที่วางนิ่งบนโต๊ะ ดังรูป 3

รูป 3 ภาพเขียนลายเส้นประกอบคำถามสัมภาษณ์ข้อที่ 1

พบว่าจากเดิมที่ยุทธมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อหนังสือได้ถูกต้อง คือ น้ำหนักของหนังสือและแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อหนังสือ เขาก็ยังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เช่นเดิม แต่ได้พัฒนาการให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมว่า "การที่หนังสือวางนิ่งอยู่บนโต๊ะได้เพราะแรงทั้งสองมีขนาดเท่ากัน"

จากเดิมที่วรณ์มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะไม่ระบุแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อหนังสือ เขาได้พัฒนาแนวคิดดังกล่าวเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อหนังสือได้ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "หนังสือวางนิ่งบนโต๊ะได้เพราะมีแรงที่โต๊ะกระทำต่อหนังสือในทิศตรงกันข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลกทำให้หนังสือไม่หล่นลงมาเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน" ซึ่งตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์การที่หนังสือวางนิ่งบนโต๊ะได้เป็นเพราะแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อหนังสือและแรงปฏิกิริยาที่โต๊ะกระทำต่อหนังสือมีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศตรงข้ามกัน ทำให้แรงลัพธ์ที่กระทำต่อหนังสือเป็นศูนย์ หนังสือจึงรักษาสภาพอยู่นิ่งซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน

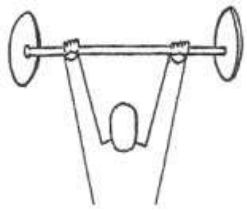
จากเดิมที่จุรีมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะไม่ระบุแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อหนังสือ เธอได้พัฒนาแนวคิดดังกล่าวเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยระบุแรงที่กระทำต่อหนังสือได้ถูกต้อง และได้พัฒนาการให้เหตุผลจากเดิมว่า "การที่หนังสืออยู่นิ่งเพราะเราไม่ได้ออกแรงกระทำต่อหนังสือ" ไปเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันมากขึ้นดังนี้ "หนังสือวางนิ่งบนโต๊ะได้เพราะแรงลัพธ์ที่กระทำต่อหนังสือเป็นศูนย์"

จากเดิมที่ญามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะไม่ระบุแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อหนังสือ เธอได้พัฒนาแนวคิดดังกล่าวเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยระบุแรงที่กระทำต่อหนังสือได้ถูกต้อง และยังให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมว่า "การที่หนังสือวางนิ่งบนโต๊ะได้เพราะแรงที่กระทำกับหนังสือมีขนาดเท่ากัน"

จากคำถามข้อที่ 1 โดยสรุปพบว่ายุทธยังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เช่นเดิมแต่พัฒนาการให้เหตุผลที่ละเอียดมากขึ้น วรณ์พัฒนาจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์มาเป็นแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจเป็นเพราะเข้าใจสับสนระหว่างกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันและข้อที่สามของนิวตัน ส่วนจุรีและญาพัฒนาจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์มาเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และพัฒนาการให้เหตุผลที่ละเอียดมากขึ้น

คำถามข้อที่ 2 นักยกน้ำหนักยกคานน้ำหนักให้อยู่นิ่ง

เมื่อให้นักศึกษาระบุแรงที่กระทำต่อคานน้ำหนักที่ถูกยกให้อยู่นิ่งโดยนักยกน้ำหนัก ดังรูป 4



รูป 4 ภาพเขียนลายเส้นประกอบคำถามสัมภาษณ์ข้อที่ 2

พบว่าจากเดิมที่ยุทธมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะไม่ระบุแรงจากการยก เขาได้พัฒนาแนวคิดดังกล่าวเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อคานน้ำหนักได้ถูกต้อง คือ แรงจากการยกและน้ำหนักของคานน้ำหนัก และให้เหตุผลที่เป็น

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมว่า "การที่คานน้ำหนักอยู่นิ่งได้เพราะแรงทั้งสองมีขนาดเท่ากัน"

จากเดิมที่วรณ์มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อคานน้ำหนักได้ถูกต้อง แต่ไม่ให้เหตุผลว่าทำไมคานน้ำหนักจึงอยู่นิ่ง เขายังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เช่นเดิม แต่ให้เหตุผลที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ดังนี้ "การที่คานน้ำหนักอยู่นิ่งได้เพราะแรงทั้งสองมีทิศทางตรงข้ามกันและมีขนาดของแรงเท่ากันเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน คือ แรงกิริยาเท่ากับแรงปฏิกิริยา" ซึ่งตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์การที่คานน้ำหนักอยู่นิ่งได้ เพราะแรงจากการยกและน้ำหนักของคานน้ำหนักมีขนาดเท่ากันแต่มีทิศตรงข้ามกัน ทำให้แรงลัพธ์ที่กระทำต่อคานน้ำหนักเป็นศูนย์ คานน้ำหนักจึงรักษาสภาพอยู่นิ่ง ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน

จากเดิมที่จุรีมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อคานน้ำหนักได้ถูกต้อง เธอยังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เช่นเดิมและได้พัฒนาแนวคิดดังกล่าวโดยให้เหตุผลเพิ่มเติมที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งแสดงความเข้าใจเกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันมากขึ้นว่า "การที่คานน้ำหนักอยู่นิ่งได้เพราะแรงลัพธ์ที่กระทำต่อคานน้ำหนักมีค่าเป็นศูนย์ จึงทำให้วัตถุรักษาสภาพอยู่นิ่งได้ เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน"

จากเดิมที่ญามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะไม่ระบุแรงจากการยก เธอได้พัฒนาแนวคิดดังกล่าวเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และให้เหตุผลเพิ่มเติมที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "การที่คานน้ำหนักอยู่นิ่งได้เพราะแรงทั้งสองเท่ากัน"

จากคำถามข้อที่ 2 โดยสรุปพบว่า ยุทธและญาพัฒนาจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์มาเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และพัฒนาการให้เหตุผลที่ละเอียดมากขึ้น วรณ์ยังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แต่ให้เหตุผลคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจเป็นเพราะเข้าใจสับสนระหว่างกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันและข้อที่สามของนิวตัน ส่วนจุรียังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เช่นเดิมและพัฒนาการให้เหตุผลที่แสดงถึงความเข้าใจเกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันมากขึ้น

รูป 5 ภาพเขียนลายเส้นประกอบคำถามสัมภาษณ์ข้อที่ 3

คำถามข้อที่ 3 ผลักลังไม้แต่ลังไม้ไม่เคลื่อนที่

เมื่อให้นักศึกษาระบุแรงที่กระทำต่อลังไม้ที่ถูกผลักแต่ไม่เคลื่อนที่ ดังรูป 5

พบว่าจากเดิมที่ยุทธมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะไม่ระบุแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลังไม้ เขายังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์แต่ระบุน้ำหนักของลังไม้เพิ่มเติมขึ้นมา ซึ่งตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แรงที่กระทำต่อลังไม้ที่ถูกผลักแต่ไม่เคลื่อนที่ คือ แรงผลัก แรงเสียดทานสถิต แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลังไม้ และน้ำหนักของลังไม้ และพบว่าจากเดิมที่ยุทธให้เหตุผลที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "ลังไม้ไม่เคลื่อนที่เพราะคนออกแรงน้อยกว่าน้ำหนักของลังไม้" เขาได้พัฒนาการให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ดังนี้ "การที่ลังไม้ไม่เคลื่อนที่เพราะแรงที่คนออกแรงผลักมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับแรงเสียดทาน"

จากเดิมที่วรณ์มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะไม่ระบุแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลังไม้และแรงเสียดทาน เขายังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะไม่ระบุแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลังไม้และน้ำหนักของลังไม้ และพบว่าจากเดิมที่วรณ์ให้เหตุผลที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "การที่ลังไม้ไม่เคลื่อนที่เพราะว่ามวลของลังไม้มากกว่าแรงที่ผลัก" เขายังคงให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ดังนี้ "การที่ลังไม้ไม่เคลื่อนที่เพราะแรงเสียดทานของลังไม้เท่ากับแรงที่คนผลักลังทำให้ลังไม้ไม่เคลื่อนที่เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน" ซึ่งตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ การที่ลังไม้ไม่เคลื่อนที่เป็นเพราะแรงจากการผลักมีขนาดเท่ากับแรงเสียดทานสถิตที่พื้นกระทำต่อลังไม้ แต่มีทิศ

ตรงข้ามกัน ทำให้แรงลัพธ์ที่กระทำต่อลังไม้เป็นศูนย์ ลังไม้จึงรักษาสภาพอยู่นิ่ง ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน

จากเดิมที่จุรีมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะไม่ระบุแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลังไม้ เธอยังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เช่นเดิม และจากเดิมที่ให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "การที่ลังไม้ไม่เคลื่อนที่เพราะแรงที่ใช้ผลักน้อยกว่าแรงเสียดทานเพราะพื้นมีความฝืด" ได้พัฒนาการให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งแสดงถึงความเข้าใจเกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันมากขึ้นดังนี้ "การที่ลังไม้ไม่เคลื่อนที่เพราะแรงลัพธ์ที่กระทำต่อลังไม้เป็นศูนย์ ลังไม้จึงพยายามรักษาสภาพอยู่นิ่ง"

จากเดิมที่ญามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะไม่ระบุแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลังไม้และน้ำหนักของลังไม้ เธอยังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เช่นเดิม แต่ได้พัฒนาการให้เหตุผลเพิ่มเติมที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "การที่ลังไม้ไม่เคลื่อนที่เพราะแรงที่คนกระทำกับลังไม้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับแรงเสียดทาน"

จากคำถามข้อที่ 3 โดยสรุปพบว่ายุทธยังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เช่นเดิม แต่พัฒนาการให้เหตุผลที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาเป็นการให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ วรณ์ยังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เช่นเดิม และให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จุรียังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เช่นเดิม แต่พัฒนาการให้เหตุผลซึ่งแสดงถึงความเข้าใจเกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันมากขึ้น ส่วนญายังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เช่นเดิม แต่พัฒนาการให้เหตุผลที่ละเอียดมากขึ้น

กล่าวโดยสรุป กรณีวัตถุอยู่นิ่ง พบว่านักศึกษาที่จากเดิมมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อยู่แล้วก็ยังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เช่นเดิม แต่ได้พัฒนาการให้เหตุผลที่ละเอียดมากขึ้น ส่วนนักศึกษาที่จากเดิมมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ได้พัฒนาแนวคิดดังกล่าวมาเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และพัฒนาการให้เหตุผลที่ละเอียดมากขึ้น ยกเว้นในกรณีของวรรณ์ในคำถามข้อที่ 1 ที่พบว่าพัฒนาจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์มาเป็นแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และให้เหตุผลที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจเป็นเพราะเข้าใจสับสนระหว่างกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันและข้อที่สามของนิวตัน และไม่เข้าใจเกี่ยวกับแรงกิริยา–ปฏิกิริยาตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน โดยวรรณ์มีแนวคิดว่า แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยากระทำต่อวัตถุก้อนเดียวกัน แต่มีทิศตรงข้ามกัน จึงหักล้างกันเป็นศูนย์ ซึ่งตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แล้ว แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยากระทำต่อวัตถุคนละก้อน จึงไม่สามารถหักล้างกันเป็นศูนย์ได้ สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าวรรณ์ยังคงใช้การอุปมาแบบขัดแย้ง (conflict metaphor) ที่ว่า "แรงสองแรงที่มีขนาดเท่ากัน กระทำต่อวัตถุเดียวกันแต่อยู่ในทิศตรงข้ามกันเป็นแรงกิริยา–ปฏิกิริยา ยกตัวอย่างเช่น แรงกิริยาคือน้ำหนักของวัตถุในทิศลง และแรงปฏิกิริยาคือแรงที่พื้นดันวัตถุในทิศขึ้น" ซึ่งเป็นแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Hestenes et al., 1992, 144–145) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Terry and Jones (1986, 295) ที่พบว่าผู้เรียนจำนวนมากไม่สามารถระบุได้ว่า "เมื่อแรงกิริยาคือ น้ำหนักของวัตถุหรือแรงที่โลกดึงดูดวัตถุ จะมีแรงปฏิกิริยาคือแรงที่วัตถุดึงดูดโลก"

นอกจากนั้นพบว่า นักศึกษาส่วนมาก (3 จาก 4 คนในคำถามข้อที่ 1 และทุกคนในคำถามข้อที่ 3) ยังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เช่นเดิม เพราะละเลยแรงบางชนิด เช่น น้ำหนัก แรงเสียดทาน และ/หรือแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ ซึ่งอาจเป็นเพราะนักศึกษายังมีมุมมองที่ยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง นั่นคือมองว่าแรงบางชนิด (เช่น น้ำหนัก แรงเสียดทาน หรือแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ) ไม่ปรากฏอยู่ในสถานการณ์ที่ศึกษา จนกว่าจะสังเกตเห็นอิทธิพลของแรงเหล่านั้นอย่างชัดเจนเสียก่อน (Gilbert, Watts & Osborne, 1982)

กรณีวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว

กรณีวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัวปรากฏในคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ข้อที่ 4–5 ดังนี้

รูป 6 ภาพเขียนลายเส้นประกอบคำถามสัมภาษณ์ข้อที่ 4

คำถามข้อที่ 4 ผลักลังไม้ให้เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว

เมื่อให้นักศึกษาระบุแรงที่กระทำต่อลังไม้ที่ถูกผลักให้เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว ดังรูป 6

พบว่าจากเดิมที่ยุทธมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะไม่ระบุแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลังไม้ เขายังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะไม่ระบุแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลังไม้และน้ำหนักของลังไม้ ซึ่งตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แรงที่กระทำต่อลังไม้ที่ถูกผลักให้เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว คือ แรงผลัก แรงเสียดทานสถิต แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลังไม้ และน้ำหนักของลังไม้ และพบว่าจากเดิมที่ยุทธให้เหตุผลที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "แรงผลักต้องมากกว่าน้ำหนักของลังไม้ แล้วลังไม้ถึงจะเคลื่อนที่ได้" ก็ยังคงให้เหตุผลที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "การที่ลังไม้เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัวเพราะแรงที่คนกระทำกับลังไม้มากกว่าแรงเสียดทาน และคนผลักด้วยอัตราเร็วคงตัว" ซึ่งตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์การที่ลังไม้เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัวเป็นเพราะคนออกแรงผลักลังไม้เท่ากับแรงเสียดทานจลน์

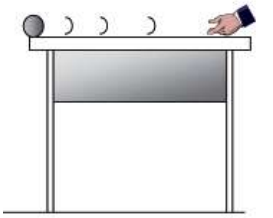
จากเดิมที่วรณ์มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะไม่ระบุแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลังไม้และแรงเสียดทาน เขายังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะไม่ระบุแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลังไม้ และจากเดิมที่ให้เหตุผลที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "การที่ลังเคลื่อนที่เพราะว่าแรงที่ผลัก (F) มากกว่าแรงที่ลังต้าน (–F)" ก็ยังคงให้เหตุผลที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "การที่ลังไม้เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัวเพราะมีแรงเสียดทานจลน์ที่มีทิศตรงข้ามกับแรงผลักของคนซึ่งมีมากทำให้ลังไม้เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว"

จากเดิมที่จุรีมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะไม่ระบุแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลังไม้ เธอยังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เช่นเดิม แต่ได้พัฒนาการให้เหตุผลจากเดิมที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "การที่ลังไม้เคลื่อนที่ได้ เพราะว่าแรงที่ใช้ผลักเท่ากับหรือมากกว่าน้ำหนักของลังไม้" มาเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "การที่ลังไม้เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัวตลอดไปเพราะแรงลัพธ์จากภายนอกที่กระทำต่อลังไม้เป็นศูนย์"

จากเดิมที่ญามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะไม่ระบุแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลังไม้ แรงเสียดทาน และน้ำหนักของลังไม้ เธอยังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะไม่ระบุแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลังไม้และน้ำหนักของลังไม้ และจากเดิมที่ญาให้เหตุผลที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "ลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว เพราะเราออกแรงผลักเท่าเดิมตลอด" ก็ยังคงให้เหตุผลที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "การที่ลังไม้เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัวเพราะคนออกแรงผลักมากกว่าแรงเสียดทาน"

คำถามข้อที่ 5 ลูกบอลเคลื่อนที่บนโต๊ะเรียบและลื่นด้วยอัตราเร็วคงตัว

เมื่อให้นักศึกษาระบุแรงที่กระทำต่อลูกบอลที่ถูกผลักให้เคลื่อนที่บนโต๊ะเรียบและลื่นด้วยอัตราเร็วคงตัว ดังรูป 7



รูป 7 ภาพเขียนลายเส้นประกอบคำถามสัมภาษณ์ข้อที่ 5

พบว่าจากเดิมที่ยุทธมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุว่าแรงที่กระทำต่อลูกบอล คือ แรงผลักจากมือและน้ำหนักของลูกบอล ซึ่งตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แรงที่กระทำต่อลูกบอล

คือ แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลูกบอลและน้ำหนักของลูกบอล และเมื่อลูกบอลเคลื่อนที่พ้นจากมือแล้ว ถือว่าอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างมือกับลูกบอลก็สิ้นสุดลง จึงไม่มีแรงจากมือกระทำต่อลูกบอลอีกต่อไป เขาก็ยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เช่นเดิม แต่ได้พัฒนาการให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "การที่ลูกบอลเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัวเพราะพื้นเป็นพื้นราบลื่นวัตถุจึงเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่สม่ำเสมอ"

จากเดิมที่วรณ์มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุว่ามีแรงกระทำต่อลูกบอล คือ แรงผลักจากมือและน้ำหนักของลูกบอล เขาก็ยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุว่าแรงที่กระทำต่อลูกบอล คือ แรงผลักจากมือ แรงเสียดทาน และน้ำหนักของลูกบอล และให้เหตุผลที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "การที่ลูกบอลเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัวเพราะมีแรงต้านหรือแรงเสียดทานทำให้แรงผลักเท่ากับแรงต้าน" ซึ่งตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันการที่ลูกบอลเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัวเพราะแรงลัพธ์ที่กระทำต่อลูกบอลเป็นศูนย์ กล่าวคือ น้ำหนักของลูกบอลเท่ากับแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลูกบอล โดยไม่มีแรงเสียดทานกระทำต่อลูกบอลเพราะพื้นโต๊ะเรียบและลื่น

จากเดิมที่จุรีมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุว่ามีแรงกระทำต่อลูกบอล คือ แรงผลักจากมือและน้ำหนักของลูกบอล เธอก็ยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เช่นเดิม แต่ได้พัฒนาการให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแสดงถึงความเข้าใจเกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันมากขึ้นว่า "การที่ลูกบอลเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัวเพราะแรงลัพธ์จากภายนอกที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ ทำให้ลูกบอลรักษาสภาพการเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว"

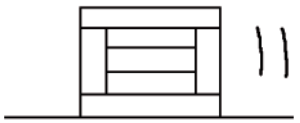
จากเดิมที่ญามีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุว่ามีแรงกระทำต่อลูกบอล คือ แรงผลักจากมือ เธอก็ยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุว่ามีแรงกระทำต่อลูกบอล คือ แรงผลักจากมือและแรงเสียดทาน แต่ได้พัฒนาการให้เหตุผลเพิ่มเติมว่า "การที่ลูกบอลเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัวเพราะพื้นโต๊ะที่เรียบและลื่นทำให้ลูกบอลเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว"

กล่าวโดยสรุปกรณีวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัวพบว่า นักศึกษาทุกคนยังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เกี่ยวกับแรงที่กระทำต่อลังไม้ที่ถูกผลักให้เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว เพราะไม่ได้ระบุน้ำหนัก แรงเสียดทาน และ/หรือแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลังไม้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักศึกษายังคงมีมุมมองที่ยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง นั่นคือมองว่าแรงบางชนิด (เช่น น้ำหนัก แรงเสียดทาน หรือแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ) ไม่ปรากฏอยู่ในสถานการณ์ที่ศึกษาจนกว่าจะสังเกตเห็นอิทธิพลของแรงเหล่านั้นอย่างชัดเจนเสียก่อน (Gilbert et al., 1982)

นอกจากนั้นพบว่านักศึกษาทุกคนยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "มีแรงจากมือกระทำต่อลูกบอล แม้ว่าลูกบอลเคลื่อนที่พ้นจากมือไปแล้วก็ตาม" แนวคิดนี้สอดคล้องกับแนวคิดที่พบในงานวิจัยว่า "มีแรงจากผู้ให้แรงกระทำ (active agent) อาศัยหรือแฝง (embed) อยู่ในวัตถุเพื่อทำให้วัตถุเคลื่อนที่ต่อไปได้หลังจากวัตถุเคลื่อนที่พ้นจากผู้ให้แรงกระทำไปแล้ว" ซึ่งเรียกว่า แนวคิดเกี่ยวกับแรงขับดันภายในของวัตถุ ตามแนวคิดนี้แรงขับดันภายในของวัตถุได้รับการถ่ายทอดมาจากการกระทำของผู้ให้แรงกระทำ เช่น การผลัก การดึง การปล่อย การตี การโยน หรือการชน เป็นต้น (Heywood & Parker, 2001; Jimoyiannis & Komis, 2003) แนวคิดเกี่ยวกับแรงขับดันภายในนี้พบบ่อยมาก เมื่อให้ผู้เรียนอธิบายแรงที่กระทำต่อวัตถุเมื่อวัตถุเคลื่อนที่พ้นจากผู้ให้แรงกระทำไปแล้ว (Kruger, Summers & Palacio, 1990, 92) แนวคิดเกี่ยวกับแรงขับดันภายในของวัตถุนี้ไม่สอดคล้องกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันกรณีวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว เพราะขณะวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว แรงลัพธ์ภายนอกที่กระทำต่อวัตถุจะเป็นศูนย์

กรณีวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง

กรณีวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งปรากฏในคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ข้อที่ 6–7 ดังนี้



รูป 8 ภาพเขียนลายเส้นประกอบคำถามสัมภาษณ์ข้อที่ 6

คำถามข้อที่ 6 ผลักลังไม้แล้วปล่อยให้เคลื่อนที่ตามพื้นราบแล้วลังไม้เคลื่อนที่ช้าลง

เมื่อให้นักศึกษาระบุแรงที่กระทำต่อลังไม้ที่ถูกผลักแล้วปล่อยให้เคลื่อนที่ตามพื้นราบแล้วลังไม้เคลื่อนที่ช้าลง ดังรูป 8

พบว่าจากเดิมที่ยุทธมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อลังไม้ คือ แรงเสียดทานและแรงผลัก ซึ่งตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แรงที่กระทำต่อลังไม้ คือ แรงเสียดทาน แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลังไม้ และน้ำหนักของลังไม้ และเมื่อลังไม้เคลื่อนที่พ้นจากมือไปแล้วถือว่าอันตรกิริยาระหว่างมือกับลังไม้ก็สิ้นสุดลง จึงไม่มีแรงจากมือกระทำต่อลังไม้อีกต่อไป เขาก็ยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เช่นเดิม และจากเดิมที่ให้เหตุผลที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "เราผลักแล้วปล่อย มันก็จะค่อย ๆ หยุด แรงเสียดทานพยายามต้านการเคลื่อนที่ แรง F ที่ผลักไป ที่คนให้กับวัตถุมันหมด มันก็หยุด ถ้าเป็นพื้นลื่นมันจะลื่น ไม่มีแรงเสียดทาน มันจะเคลื่อนที่ไปเรื่อย ๆ แต่ถ้ามีแรงเสียดทานต้านอยู่ทำให้เคลื่อนที่ช้าลงจนหยุด" ก็ยังคงให้เหตุผลที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "การที่ลังไม้เคลื่อนที่ช้าลงเพราะแรงจากการผลักค่อย ๆ ลดลงในขณะที่แรงเสียดทานมีขนาดเท่าเดิม"

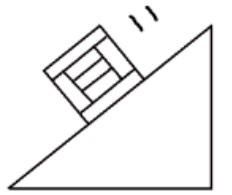
จากเดิมที่วรณ์มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อลังไม้ คือ แรงผลักและน้ำหนักของลังไม้ ก็ยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อลังไม้ คือ แรงผลักและแรงเสียดทาน และจากเดิมที่ให้เหตุผลที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "ลังไม้เคลื่อนที่ช้าลงเพราะความเร็วของลังไม้น้อยกว่าแรงผลัก" ได้พัฒนาการให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ดังนี้ "การที่ลังไม้เคลื่อนที่ช้าลงเพราะมีแรงเสียดทานที่มีทิศต้านการเคลื่อนที่"

จากเดิมที่จุรีมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อลังไม้ คือ แรงเสียดทาน แรงผลัก และน้ำหนักของลังไม้ เธอได้พัฒนาแนวคิดดังกล่าวเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อลังไม้ คือ แรงเสียดทานและน้ำหนักของลังไม้ และจากเดิมที่ให้เหตุผลที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "การที่ลังไม้เคลื่อนที่ช้าลงเพราะเราไม่ได้ผลักตลอด เราผลักแล้วปล่อย แรงผลักจะลดลงเรื่อย ๆ" ได้พัฒนาการให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งแสดงถึงความเข้าใจเกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันมากขึ้นดังนี้ "การที่ลังไม้เคลื่อนที่ช้าลงเพราะแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุไม่เป็นศูนย์ จึงทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงความเร็ว นั่นคือ เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ทำให้ลังไม้เคลื่อนที่ช้าลง"

จากเดิมที่ญามีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อลังไม้ คือ แรงผลักและแรงปฏิกิริยาในทิศตรงข้ามกับทิศการผลัก เธอก็ยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อลังไม้ คือ แรงผลักและแรงเสียดทาน แต่ได้พัฒนาการให้เหตุผลจากเดิมว่า "พอออกแรงไปถึงจุด ๆ หนึ่ง จะมีแรงต้านทำให้กล่องใบนี้ช้าลง" เป็นการให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "การที่ลังไม้เคลื่อนที่ช้าลงเพราะมีแรงเสียดทานที่พื้น"

คำถามข้อที่ 7 ลังไม้เคลื่อนที่ลงตามพื้นเอียงด้วยความเร่ง

เมื่อให้นักศึกษาระบุแรงที่กระทำต่อลังไม้ที่ถูกปล่อยให้เคลื่อนที่ลงตามพื้นเอียงด้วยความเร่ง ดังรูป 9



รูป 9 ภาพเขียนลายเส้นประกอบคำถามสัมภาษณ์ข้อที่ 7

พบว่าจากเดิมยุทธมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อลังไม้ คือ แรงปล่อย แรงเสียดทาน และน้ำหนักของลังไม้ ซึ่งตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แรงที่กระทำต่อลังไม้ที่ถูกปล่อยให้เคลื่อนที่ลงตามพื้นเอียง คือ แรงเสียดทาน แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลังไม้ และน้ำหนักของลังไม้ และเมื่อลังไม้เคลื่อนที่พ้นจากมือแล้ว ถือว่าอันตรกิริยาระหว่างมือกับลังไม้สิ้นสุดลง จึงไม่มีแรงจากมือกระทำต่อลังไม้อีกต่อไป เขาพัฒนาแนวคิดดังกล่าวเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อลังไม้ คือ แรงโน้มถ่วงและแรงเสียดทาน และจากเดิมที่ให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่า "การที่ลังเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเป็นเพราะพื้นเอียง ถ้าชันมากลังก็ไหลเร็ว ถ้าชันน้อยก็ไหลช้าหรืออาจจะไม่ไหล" ก็ยังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เช่นเดิมว่า "การที่ลังไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร่งเพราะพื้นมีความเอียง" ซึ่งตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์การที่ลังไม้เคลื่อนที่ลงตามพื้นเอียงด้วยความเร่ง เป็นเพราะองค์ประกอบของน้ำหนักของลังไม้ในแนวขนานกับพื้นเอียง ($mg\sin\theta$) มีขนาดมากกว่าแรงเสียดทานจลน์ที่พื้นกระทำต่อลังไม้ (f_k)

จากเดิมที่วรณ์มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อลังไม้ คือ แรงเสียดทานและน้ำหนักของลังไม้ เขาได้พัฒนาแนวคิดดังกล่าวเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อลังไม้ที่ถูกปล่อยให้เคลื่อนที่ลงตามพื้นเอียงได้ถูกต้อง และจากเดิมที่ให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่า "การที่ลังไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร่งเป็นเพราะความชันของพื้นเอียง" ก็ยังคงให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่า "การที่ลังไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร่งเพราะลังไม้เคลื่อนที่อย่างอิสระลงตามพื้นเอียงมีแรงเสียดทานน้อยทำให้เคลื่อนที่ด้วยความเร่งและขึ้นอยู่กับมวลวัตถุนั้นด้วย"

จากเดิมที่จุรีมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อลังไม้ คือ แรงจากการปล่อย แรงเสียดทาน และน้ำหนักของลังไม้ เธอก็ยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เช่นเดิม และจากเดิมที่ให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่า "การที่ลังไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร่งเป็นเพราะความชันของพื้นเอียง" ได้พัฒนาเป็นการให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงถึงความเข้าใจเกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันดังนี้ "การที่ลังไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร่งเพราะแรงลัพธ์ที่กระทำต่อลังไม้ไม่เป็นศูนย์ จึงทำให้ลังไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เปลี่ยนแปลงนั่นคือเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อสองของนิวตัน"

จากเดิมที่ญามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อลังไม้ คือ น้ำหนักของลังไม้ เธอก็ยังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อลังไม้ คือ น้ำหนักของลังไม้และแรงเสียดทาน และจากเดิมที่ให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่า "การที่ลังไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร่งเป็นเพราะมุมของพื้นเอียงทำให้เกิดแรงดึงดูด" ก็ยังให้เหตุผลที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่า "การที่ลังไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร่งเพราะมุมของพื้นเอียงทำให้ลังไม้เคลื่อนที่ลงตามพื้นเอียงและมีแรงเสียดทานน้อยกว่า ทำให้ลังไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง"

กล่าวโดยสรุปในกรณีวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง พบว่านักศึกษาส่วนมาก (ทุกคนในคำถามข้อที่ 6 และ 2 จาก 4 คนในคำถามข้อที่ 7) ยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "มีแรงจากการผลักกระทำต่อลังไม้ แม้ว่าลังไม้เคลื่อนที่พ้นจากมือไปแล้วก็ตาม" (ส่วนที่ขีดเส้นใต้แสดงแรงขับดันภายในของลังไม้) ซึ่งเรียกว่า แนวคิดเกี่ยวกับแรงขับดันภายในของวัตถุ นอกจากนั้นพบว่ายุทธยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า เมื่อลังไม้เคลื่อนที่พ้นจากมือ แรงจากการผลักจะลดลงเพราะพื้นมีแรงเสียดทาน ทำให้ความเร็วของลังไม้ลดลง ซึ่งเป็นแนวคิดเกี่ยวกับการสูญเสียแรงขับดันภายในของวัตถุที่สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Kruger et al. (1990, 92), Trumper and Gorsky (1996) และ Shelley and Marjan (2000) ที่พบว่าผู้เรียนจำนวนมากเชื่อว่า "การสูญเสียแรงขับดันภายในจะเกิดขึ้นในระหว่างที่วัตถุเคลื่อนที่ เมื่อแรงขับดันภายในลดลง วัตถุจะเคลื่อนที่ช้าลง และเมื่อแรงขับดันภายในสูญเสียหมด วัตถุจะหยุดนิ่ง" สำหรับ

แนวคิดเกี่ยวกับการสูญเสียแรงขับดันภายในของวัตถุอันเนื่องมาจากอิทธิพลของแรงเสียดทานที่พบนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Thijs (1992) ที่พบว่าผู้เรียนจำนวนมาก มีแนวคิดว่าอิทธิพลของแรงภายนอก เช่น แรงเสียดทาน ทำให้วัตถุสูญเสียแรงขับดันภายในได้

แนวคิดเกี่ยวกับแรงขับดันภายในของวัตถุและการสูญเสียแรงขับดันภายในของวัตถุที่พบในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับทฤษฎีแรงขับดันภายในของนักวิทยาศาสตร์และนักปรัชญาในสมัยโบราณ เช่น ทฤษฎีแรงขับดันภายในของ John Philoponus ในศตวรรษที่ 6 และทฤษฎีแรงขับดันภายในของ Jean Buridan ในศตวรรษที่ 14 (Wandersee, Mintzes & Novak, 1994; Halloun & Hestenes, 1985, 105) นั่นเป็นเพราะแนวคิดเกี่ยวกับแรงขับดันภายในของวัตถุเป็นแนวคิดที่เกิดจากประสบ–การณ์การสังเกตการเคลื่อนที่ของวัตถุในชีวิตประจำวัน (McCloskey, 1983, 119)

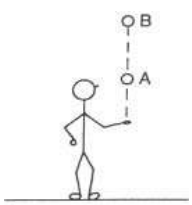
นอกจากนั้นยังพบว่านักศึกษาทุกคนไม่ได้คำนึงถึงน้ำหนัก แรงเสียดทาน และ/หรือแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อลังไม้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักศึกษายังคงมีมุมมองที่ยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง นั่นคือมองว่าแรงบางชนิด (เช่น น้ำหนัก แรงเสียดทาน หรือแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ) ไม่ปรากฏอยู่ในสถานการณ์ที่ศึกษาจนกว่าจะสังเกตเห็นอิทธิพลของแรงเหล่านั้นอย่างชัดเจนเสียก่อน (Gilbert et al., 1982)

กรณีวัตถุเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง

กรณีวัตถุเคลื่อนที่ในแนวดิ่งปรากฏในคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ข้อที่ 8 ดังนี้

คำถามข้อที่ 8 โยนลูกบอลขึ้นในแนวดิ่ง

เมื่อให้นักศึกษาระบุแรงที่กระทำต่อลูกบอลที่ถูกโยนขึ้นในแนวดิ่งจนถึงจุดสูงสุด ดังรูป 10



รูป 10 ภาพเขียนลายเส้นประกอบคำถามสัมภาษณ์ข้อที่ 8

พบว่าจากเดิมที่ยุทธมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อลูกบอลที่ถูกโยนขึ้นในแนวดิ่งจนถึงจุดสูงสุด คือ แรงจากการโยนและน้ำหนักของลูกบอล ซึ่งตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แรงที่กระทำต่อลูกบอลที่ถูกโยนขึ้นในแนวดิ่งจนถึงจุดสูงสุด คือ น้ำหนักของลูกบอล และเมื่อลูกบอลเคลื่อนที่พ้นจากมือแล้ว ถือว่าอันตรกิริยาระหว่างมือกับลูกบอลก็สิ้นสุดลง จึงไม่มีแรงจากมือกระทำต่อลูกบอลอีกต่อไป เขาก็ยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เช่นเดิม

จากเดิมที่วรณ์มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อลูกบอลคือแรงจากการโยนและน้ำหนักของลูกบอล เขาก็ยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เช่นเดิม

จากเดิมที่จุรีมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อลูกบอลคือแรงจากการโยนและน้ำหนักของลูกบอล เธอได้พัฒนาแนวคิดดังกล่าวเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถระบุแรงที่กระทำต่อลูกบอลได้ถูกต้อง

จากเดิมที่ญามีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อลูกบอลคือแรงจากการโยนและน้ำหนักของลูกบอล เธอก็ยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพราะระบุแรงที่กระทำต่อลูกบอลคือ แรงจากการโยน

นอกจากนั้นพบว่ายุทธ วรณ์ และญามีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า แรงจากการโยนค่อย ๆ ลดลงเมื่อลูกบอลเคลื่อนที่ขึ้น และเมื่อลูกบอลเคลื่อนที่ไปจนถึงจุดสูงสุด แรงจากการโยนจะเป็นศูนย์

กล่าวโดยสรุปในกรณีวัตถุเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง พบว่านักศึกษา 3 คนจาก 4 คนยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า "เมื่อลูกบอลเคลื่อนที่พ้นจากมือแล้ว ยังคงมีแรงจากการโยนกระทำต่อลูกบอล" (ส่วนที่ขีดเส้นใต้แสดงแรงขับดันภายในของลูกบอล) ซึ่งเป็นแนวคิดเกี่ยวกับแรงขับดันภายในของวัตถุ (Heywood & Parker, 2001; Jimoyiannis & Komis, 2003) และนักศึกษา 3 คนจาก 4 คนมีแนวคิดเกี่ยวกับการสูญเสียแรงขับดันภายใน

ตาราง 1 การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 3

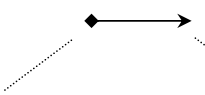
พลวิจัย	แนวคิด	ลักษณะการเคลื่อนที่							
		อยู่นิ่ง			มีอัตราเร็วคงตัว		มีความเร่ง		แนวดิ่ง
		ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8
ยุทธ	SC	→			→				
	PC		↗	→					
	AC					→	↗	→	→
วรณ์	SC		→						
	PC	↘		→	→		↗		
	AC					→		→	→
จุรี	SC		↗	→					
	PC	↗		→	→				
	AC					→	→	↗	↗
ญา	SC		↗	→					
	PC	↗		→	→		→		
	AC					→		→	→

หมายเหตุ

SC (scientific conception) หมายถึง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์

PC (partial scientific conception) หมายถึง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์

AC (alternative conception) หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์



หางลูกศร แสดงแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่**ก่อน**การเรียนรู้ในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอน

หัวลูกศร แสดงแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่**หลัง**การเรียนรู้ในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอน

ของวัตถุว่า แรงจากการโยนของลูกบอลจะลดลงเรื่อย ๆ จนเป็นศูนย์ ที่จุดสูงสุดของการเคลื่อนที่ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัย ของ Kruger et al. (1990, 92), Trumper and Gorsky (1996) และ Shelley and Marjan (2000)

เมื่อพิจารณาในภาพรวม การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 3 แยกตามลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ปรากฏในคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ กล่าวคือ วัตถุอยู่นิ่ง วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง และวัตถุเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง สามารถแสดงได้ดังตาราง 1

จากตาราง 1 กล่าวโดยสรุป กิจกรรมการเรียนรู้ในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอนช่วยให้นักศึกษาพัฒนาความรู้ความเข้าใจและการให้เหตุผลที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุในกรณีวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งมากที่สุด รองลงมา คือ กรณีวัตถุอยู่นิ่ง และกรณีวัตถุเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง ตามลำดับ โดยนักศึกษาที่มีการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุมากที่สุด คือ จุรี รองลงมา คือ ยุทธและญา และวรณ์ตามลำดับ ทั้งนี้ถึงแม้ว่าในบางข้อคำถามนักศึกษาจะไม่ได้ปรับเปลี่ยนแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ แต่นักศึกษาได้พัฒนาการให้เหตุผลที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ ทั้งนี้พบว่ามุมมองที่ยึดตนเองเป็นศูนย์กลางและแนวคิดเกี่ยวกับแรงขับดันภายในของวัตถุเป็นอุปสรรคสำคัญในการเรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ และเป็นแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับเปลี่ยนได้ยาก

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 3 ที่พบในงานวิจัยนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมุมมองที่ยึดตนเองเป็นศูนย์กลางและแนวคิดเกี่ยวกับแรงขับดันภายในของวัตถุ มีความสอดคล้องกับแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุที่พบในงานวิจัยในต่างประเทศ แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนที่มีความแตกต่างด้านอายุ เพศ ความสามารถ และวัฒนธรรม มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุที่สอดคล้องและคล้ายคลึงกัน (Smith, diSessa & Roschelle, 1993)

การที่นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุและไม่สามารถประยุกต์ใช้แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุอธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้ บ่งชี้ว่าสถาบันการผลิตครูยังมีปัญหาในการเตรียมความพร้อมด้านเนื้อหาแก่นักศึกษา โดยเฉพาะนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 3 ซึ่งผ่านการเรียนรู้ในรายวิชากลศาสตร์มาแล้ว ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Dykstra, Boyle and Monarch (1992) ที่พบว่าผู้เรียนจำนวนมากผ่านการเรียนในรายวิชากลศาสตร์โดยปราศจากความเข้าใจเกี่ยวกับกรอบแนวคิดของนิวตัน (Newtonian framework) สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นแนวคิดที่เปลี่ยนแปลงได้ยาก จากการสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุก่อนและหลังการเรียนรู้ในช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหาและวิธีสอนในงานวิจัยนี้ แสดงให้เห็นว่ามุมมองที่ยึดตนเองเป็นศูนย์กลางและแนวคิดเกี่ยวกับแรงขับดันภายในของวัตถุเป็นแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เปลี่ยนแปลงได้ยาก ซึ่ง Champagne et al. (1983, 177), Hestenes et al. (1992, 142) และ Jimoyiannis and Komis (2003) ให้เหตุผลไว้ว่า เป็นเพราะแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้ผู้เรียนสามารถตีความหมาย ทำนาย และอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันได้ดี ทำให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจ ในขณะที่แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไม่ให้คำอธิบายที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน ยกตัวอย่าง เช่น ในการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ ผู้สอนมักจะให้ผู้เรียนละเลยอิทธิพลของความเสียดทาน โดยถือว่าอิทธิพลของความเสียดทานมีน้อยมากในขณะที่เหตุการณ์ที่ศึกษาปรากฏอิทธิพลจากความเสียดทาน

อย่างชัดเจน (Jimoyiannis & Komis, 2003; Enderstein & Spango, 1996, 489)

แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 3 ที่พบในงานวิจัยนี้เป็นสิ่งกระตุ้นให้ครูผู้สอน ผู้บริหาร และบุคลากรที่เกี่ยวข้องในสถาบันการผลิตครูตระหนักและหาแนวทางเตรียมความพร้อมด้านเนื้อหาวิชาแก่นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้น เพื่อป้องกันไม่ให้นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เพราะหากนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แล้ว อาจถ่ายทอดแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวไปยังนักเรียนที่ตนเองสอน(Pardhan & Bano, 2001, 315) ซึ่งจะทำให้เกิดผลกระทบต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์ในวงกว้าง เพราะแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นอุปสรรคและขัดขวางการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของผู้เรียน ทำให้เกิดผลการเรียนรู้ที่ไม่พึงประสงค์มากมาย เช่น การปรับเปลี่ยนบิดเบือนข้อมูลที่ได้จากการเรียนรู้ (เช่น การสังเกต การตีความหมายและแปลผลข้อมูล และการทำความเข้าใจแนวคิดในบทเรียน) ให้เข้ากับกรอบแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนมีอยู่ (Wandersee et al., 1994; Champagne et al., 1983) ดังนั้นครูผู้สอน ผู้บริหาร และบุคลากรที่เกี่ยวข้องในสถาบันการผลิตครูควรหาแนวทางส่งเสริมให้นักศึกษาปรับเปลี่ยนแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักศึกษานำเสนอแนวคิดที่ถูกต้องแก่นักเรียน

ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะดังนี้

1. ผู้เรียนไม่ได้ก้าวสู่ห้องเรียนฟิสิกส์ด้วยสมองที่ว่างเปล่าเสมือนกระดาษเปล่าที่รอคอยให้ครูขีดเขียนความรู้ลงไป ในทางตรงกันข้ามผู้เรียนก้าวสู่ห้องเรียนพร้อมกับแนวคิดที่มีอยู่แล้วเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุที่หลากหลายซึ่งบางส่วนเป็นแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Champagne et al., 1983, 174) ดังนั้นครูผู้สอนควรสำรวจแนวคิดของผู้เรียนเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุก่อนเรียน เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หรือไม่อย่างไร เพื่อจะได้วางแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนปรับเปลี่ยนแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เหล่านั้นเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แนวคิดเรื่องใหม่ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น นอกจากนั้นควรมีการสำรวจแนวคิดของผู้เรียนหลังเรียนเพื่อให้แน่ใจว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แนวคิดที่ถูกต้องแล้ว ซึ่งครูผู้สอนสามารถใช้สถานการณ์การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ และแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุที่พบในงานวิจัยนี้ไปสร้างแบบสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุของผู้เรียนได้

2. เนื่องจากการสอนแบบบรรยายเป็นหลักขาดการลงมือปฏิบัติการทดลองและกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้ผู้เรียนขาดความรู้ความเข้าใจและมีเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ ดังนั้นครูผู้สอนควรปรับมาใช้วิธีสอนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองให้มากขึ้นเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจและมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ

3. มุมมองที่ยึดตนเองเป็นศูนย์กลางและแนวคิดเกี่ยวกับแรงขับดันภายในของวัตถุเป็นแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่พบบ่อยและปรับเปลี่ยนได้ยาก ครูผู้สอนอาจช่วยให้ผู้เรียนปรับเปลี่ยนมุมมองที่ยึดตนเองเป็นศูนย์กลางโดยส่งเสริมให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการทดลองหรือทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันเพื่อเชื่อมโยงความเป็นนามธรรมของแรงบางชนิด เช่น แรงโน้มถ่วง แรงเสียดทาน แรงปฏิกิริยา ให้ผู้เรียนมองเห็นเป็นรูปธรรมยิ่งขึ้น และช่วยให้ผู้เรียนปรับเปลี่ยนแนวคิดเกี่ยวกับแรงขับดันภายในของวัตถุ โดยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดของแรงอย่างชัดเจนก่อนเรียนว่า แรงเกิดจากอันตรกิริยาระหว่างวัตถุ เมื่ออันตรกิริยาสิ้นสุดลงก็ไม่มีแรงกระทำระหว่างวัตถุอีกต่อไป กล่าวคือ ไม่มีแรงที่อาศัยหรือแฝงอยู่ในวัตถุเพื่อทำให้วัตถุเคลื่อนที่ต่อไปได้หลังจากอันตรกิริยาสิ้นสุดลง สมบัติทางฟิสิกส์ที่อยู่ในวัตถุที่เคลื่อนที่นั้นเรียกว่า โมเมนตัม ไม่ใช่แรง

4. สถาบันการผลิตครูควรปรับปรุงการเตรียมความพร้อมด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เพื่อให้นักศึกษาครู

วิชาเอกฟิสิกส์มีความรู้ความเข้าใจแนวคิดดังกล่าวอย่างถ่องแท้ นอกจากนั้นควรมีการทดสอบความรู้พื้นฐานในวิชาฟิสิกส์ก่อนออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูหรือก่อนจบการศึกษา เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมของนักศึกษาครูก่อนปฏิบัติงานสอนจริง

5. เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงตีความหมายที่กระทำกับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก โดยมุ่งเน้นการนำเสนอข้อมูลในเชิงลึกแก่ผู้อ่านมากกว่าการสรุปอิง (generalized) ไปยังกลุ่มใหญ่ ดังนั้นนักวิจัยหรือครูผู้สอนที่มีความสนใจอาจประยุกต์ใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองที่นำเสนอในงานวิจัยนี้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และวรรณทิพา รอดแรงค้า. (2548). แนวทางการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์: การพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน. **ศึกษาศาสตร์ปริทัศน์,** 20(2).

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). **คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

Alesandrini, K. & Larson, L. (2002). Teachers bridge to constructivism. **The Clearing House,** 75(3), 118–121.

Champagne, A.B., Gunstone, R.F. & Klopfer, L.E. (1983). Naïve knowledge and science learning. **Research in Science and Technological Education,** 1(2), 173–183.

Colburn, A. (2000). Constructivism: Science education's "grand unifying theory". **The Clearing House,** 74(1), 9–12.

Driver, R. & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. **Studies in Science Education,** 13, 105–122.

Duit, R. & Treagust, D.F. (1995). Students' conceptions and constructivist teaching approaches. In B. J. Fraser & H.J. Walberg (Eds.), **Improving Science Education** (pp. 46–69). Illinois: The National Society for the Study of Education (NSSE).

Dykstra, D.I.Jr., Boyle, F.C., & Monarch, I.A. (1992). Studying conceptual change in learning physics. **Science Education,** 76(6), 615–652.

Enderstein, L.G. & Spango, P.E. (1996). Beliefs regarding force and motion: A longitudinal and cross–cultural study of South African school pupils. **International Journal of Science Education,** 18(4), 479–492.

Fox, R. (2001). Constructivism examined. **Oxford Review of Education,** 27(1), 23–35.

Gilbert, J.K. Watts, D.M. & Osborne, R.J. (1982). Students' conceptions of ideas in mechanics. **Physics Education,** 17, 62–66.

Halloun, I.A. & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. **American Journal of Physics,** 53(11), 1056–1065.

Hellingman, C. (1989). Do forces have twin brothers? **Physics Education,** 24, 36–40.

Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. **The Physics Teacher,** 30(3), 141–158.

Heywood, D. & Parker, J. (2001). Describing the cognitive landscape in learning and teaching about forces. **International Journal of Science Education,** 23(11), 1177–1199.

Jimoyiannis, A. & Komis, V. (2003). Investigating Greek Students' Ideas about Forces and Motion. **Research in Science Education,** 33, 375–392.

Kruger, C., Summers, M.K., & Palacio, D.J. (1990). A survey of primary school teachers' conceptions of force and motion. **Educational Research,** 32(2), 83–94.

McCloskey, M. (1983). Naïve theories of motion. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), **Mental Models**

(pp.299–324). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Neuman, L.W. (2003). **Social research methods.** (5th ed.). Boston: Allyn and Bacon.

Osborne, R.J. & Gilbert, J.K. (1980). A technique for exploring students' views of the world. **Physics Education,** 15, 376–379.

Pardhan, H. and Bano, Y. (2001). Science teachers' alternate conceptions about direct–currents. **International Journal of Science Education,** 23(3), 301–318.

Shelley, Y. & Marjan, Z. (2000). Newton, we have a problem. **Australian Scinece Teacher Journal,** 46(1), 9–17.

Smith, J.P., diSessa, A.A., & Roschelle, J. (1993). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. **Journal of the Learning Sciences,** 3(2), 115–163.

Tatto, M.T. (1999). Improving teacher education in rural Mexico: The challenge and tensions of constructivist reform. **Teaching and Teacher Education,** 15, 15–35.

Terry, C. & Jones, G. (1986). Alternative frameworks: Newton's third law and conceptual change. **European Journal of Science Education,** 8(3), 291–298.

Thijs, G.D. (1992). Evaluation of an introductory course on "Force" considering students' preconceptions. **Science Education,** 76(2), 155–174.

Trumper, R. & Gorsky, P. (1996). A cross–college age study about physics students' conceptions of force in pre–service training for high school teachers. **Physics Education,** 31(4), 227–236.

Tynjala, P. (1999). Towards expert knowledge? A comparison between a constructivist and traditional learning environment in the university. **International Journal of Educational Research,** 31, 357–442.

Wandersee, J.H., Mintzes, J.J., & Novak, J.D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D.L. Gabel (Ed.), **Handbook of Research on Science Teaching and Learning** (pp.177–210). New York: Macmillan.

Windschitl, M. (2002). Framing constructivism in practice as the negotiation of dilemmas: An analysis of the conceptual, pedagogical, cultural and political challenges facing teachers. **Review of Educational Research,** 72(2), 131–175.

RESEARCH ARTICLE

Relationships between Fourth-Year Preservice Physics Teachers' Conceptions of Teaching and Learning Physics and their Classroom Practices during Student Teaching

Khajornsak Buaraphan
Ph.D. (Science Education), Lecturer,
Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University
E-mail: fedukjs@ku.ac.th

Abstract

A study was conducted to investigate the relationships between four 4th-year preservice physics teachers' conceptions of teaching and learning physics and their classroom practices during student teaching. The data collection methods were: interviews with the participants about conceptions of, and a personal metaphor for, teaching and learning physics; classroom observations and interviews after teaching; interviews with cooperating teachers and university supervisors; and collection of related documents. The data was analyzed by using a constant comparative method. The results revealed that the participants held two distinct categories of conceptions of teaching and learning physics—lecture-driven and activity-driven—that strongly related to their classroom practices during student teaching. Additionally, the participants' metaphors for teaching and learning physics were closely related to, and could be used to clarify, their conceptions of teaching and learning physics. Two important factors potentially influenced on the participants' classroom practices during student teaching were the supervisions from the cooperating teachers and the characteristics of students taught. Throughout the student teaching, the participants' conceptions of, and metaphors for, teaching and learning physics were slightly changed by placing more emphasis on students' learning and the roles of students in the teaching and learning processes.

Keywords: conceptions of teaching and learning physics, metaphor for teaching and learning physics, preservice physics teacher, student teaching

Songklanakarin Journal of Social Science and Humanities 13(4) Oct. - Dec. 2007: 595-620
รับต้นฉบับ 1 กันยายน 2549 ปรับปรุง-แก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ 25 ธันวาคม 2549
รับลงตีพิมพ์ 18 มิถุนายน 2550

บทความวิจัย

ความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 4 และการปฏิบัติการสอนในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์
Ph.D. (Science Education), อาจารย์
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
E-mail: fedukjs@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 4 จำนวน 4 คน กับการปฏิบัติการสอนในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู วิธีการที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ การสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างถึงแนวคิดและอุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ การสังเกตการสอนของกลุ่มตัวอย่างและสัมภาษณ์หลังการสอน การสัมภาษณ์อาจารย์พี่เลี้ยงและอาจารย์นิเทศก์ และการเก็บรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Constant Comparative Method ผลการวิจัยบ่งชี้ว่า แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของกลุ่มตัวอย่างสามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ การเรียนการสอนแบบเน้นการบรรยายและเน้นการปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งแนวคิดเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติการสอนในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูของกลุ่มตัวอย่าง ทั้งนี้พบว่าการอุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของกลุ่มตัวอย่างมีความสัมพันธ์อย่างมากกับแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์และช่วยให้เข้าใจแนวคิดดังกล่าวได้ดียิ่งขึ้น ในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูมีปัจจัยหลัก 2 ประการ ที่ส่งผลต่อการปฏิบัติการสอนของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งก็คือ คำแนะนำจากอาจารย์พี่เลี้ยงและลักษณะของนักเรียนที่สอน นอกจากนั้นพบว่า แนวคิดและการอุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของกลุ่มตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยได้ให้ความสำคัญต่อการเรียนรู้ของนักเรียนและบทบาทของนักเรียนในกระบวนการเรียนการสอนมากขึ้น

คำสำคัญ: การฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู, นักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์, แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์, อุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์

บทนำ

การฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู (Student teaching) ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการผลิตครูเพราะเป็นการเตรียมนักศึกษาครูให้พร้อมที่จะไปเป็นครูที่ดีในอนาคต (วรรณทิพา และภาวิณี, 2545, 106) โดยประสบการณ์ที่นักศึกษาได้รับจากการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูถือว่าเป็นส่วนสำคัญของกระบวนการเรียนรู้เพื่อสอน (Process of learning to teach) (Brickhouse & Bodner, 1992 cited in Bradford & Dana, 1998, 3) อันเป็นกระบวนการที่ละเอียดอ่อนและซับซ้อนเพราะมีปัจจัยหลายประการเข้ามาเกี่ยวข้อง อาทิ ปัจจัยเกี่ยวกับบุคคล และปัจจัยเกี่ยวกับบริบท โดยปัจจัยเกี่ยวกับบุคคลที่สำคัญอย่างหนึ่งก็คือ แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอน (Dana, 1998) ซึ่งการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูจะส่งเสริมให้นักศึกษาครูได้ตรวจสอบแนวคิดของตนเองเกี่ยวกับการเรียนการสอน และศึกษาผลของแนวคิดดังกล่าวที่มีต่อการปฏิบัติการสอนของตนเอง (Grossman, 1990 cited in Bradford & Dana, 1998)

ครูแต่ละคนมีแนวคิดเฉพาะตนเกี่ยวกับการเรียนการสอน โดยแนวคิดดังกล่าวมีอิทธิพลอย่างมากต่อการตัดสินใจและการลงมือปฏิบัติเกี่ยวกับการเรียนการสอน (Bradford & Dana, 1998; Porlan & del Pozo, 2004) ดังนั้น แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนของครูแต่ละคนจึงสามารถบ่งชี้การปฏิบัติการสอนของครูคนนั้น ๆ ได้ (Koballa, Glynn, Upson & Coleman, 2005) อย่างไรก็ตาม มีนักการศึกษา อาทิ Tobin and LaMaster (1995) และ Mellado (1998) แย้งว่าแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนของครูไม่มีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับการปฏิบัติการสอน

การให้ครูแสดงแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนสามารถกระทำได้หลายแนวทาง อาทิ การสัมภาษณ์ การตอบแบบสำรวจ หรือการตอบแบบสอบถาม สำหรับแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจก็คือ การให้ครูอุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอน (Bullough, 1991 cited in BouJaoude, 2000) โดยงานวิจัยหลายชิ้นได้ชี้ให้เห็นว่า การอุปมาของครูมีความสัมพันธ์อย่างมากกับแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกระตุ้นให้ครูคิดเชิงบูรณาการ (Integrative thinking) เกี่ยวกับการเรียนการสอน (Stofflett, 1996; Martinez, Sauleda & Huber, 2001, 966; Tobin & LaMaster, 1995, 241) ดังนั้น การอุปมาจึงช่วยทำให้เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนของครูได้ลึกซึ้งและกว้างขวางมากยิ่งขึ้น อีกทั้งสามารถใช้เป็นเครื่องมือเพื่อช่วยให้ครูพิจารณาการปฏิบัติการสอนของตนในมุมมองที่แปลกใหม่ (Martinez et al., 2001, 974)

การวิจัยนี้จึงเกิดขึ้นเพื่อศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 4 และความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดดังกล่าวกับการปฏิบัติการสอนในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ซึ่งผลการวิจัยที่ได้จะช่วยให้เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนและการปฏิบัติการสอนในห้องเรียนของครูซึ่งเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้บริหาร คณาจารย์ และบุคลากรที่เกี่ยวข้องในสถาบันการผลิตครู ในการปรับปรุงการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูและการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรเพื่อส่งเสริมให้นักศึกษาครูมีแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนที่พึงประสงค์ อาทิ การเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง (Student-centered) ซึ่งเป็นไปตามเจตนารมณ์ของการปฏิรูปการเรียนรู้ (Office of the National Education Commission, 2001)

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 4
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการอุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์กับแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 4

3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 4 และการปฏิบัติการสอนในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

4. เพื่อศึกษาการปฏิบัติการสอนในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 4 และปัจจัยที่ส่งผลต่อการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูของนักศึกษาครูดังกล่าว

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 4 จำนวน 4 คน จากมหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่งในกรุงเทพฯ และความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดดังกล่าวกับการปฏิบัติการสอนในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูของนักศึกษาดังกล่าวในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2548 ณ โรงเรียนมัธยมศึกษาในกรุงเทพฯ จำนวน 2 แห่ง

นิยามศัพท์เฉพาะ

แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ หมายถึง แนวคิดของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 4 ที่ฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่มีต่อการเรียนการสอนฟิสิกส์อันประกอบด้วยบทบาทของครูและนักเรียนในกระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์ การเรียนรู้ฟิสิกส์ และวิธีสอนฟิสิกส์ที่ประสบความสำเร็จ

อุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ หมายถึง การเปรียบเทียบกระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์กับสิ่งต่าง ๆ ตามแนวคิดของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 4 ที่ฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผู้บริหาร คณาจารย์ และบุคลากรที่เกี่ยวข้องในสถาบันการผลิตครูได้รับทราบข้อมูลแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 4 และความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดดังกล่าวกับการปฏิบัติการสอนในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูของนักศึกษา ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนและการปรับปรุงการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูและการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในหลักสูตรเพื่อส่งเสริมให้นักศึกษาครูมีแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนที่พึงประสงค์ อาทิ การเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งเป็นไปตามเจตนารมณ์ของการปฏิรูปการเรียนรู้

2. นักวิจัยและนักการศึกษาเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 4 และการปฏิบัติการสอนในห้องเรียนของครูซึ่งเป็นประเด็นที่เป็นที่ถกเถียงกันอยู่

วิธีการวิจัย

พลวิจัย

พลวิจัย ได้แก่ นักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 4 จำนวน 4 คน เป็นชาย 2 คน หญิง 2 คน จากมหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่งในกรุงเทพฯ ที่ฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2548 ณ โรงเรียนมัธยมศึกษาในกรุงเทพฯ จำนวน 2 แห่ง ทั้งนี้เพื่อรักษาสิทธิของพลวิจัย ผู้วิจัยขอใช้นามแฝงแทนชื่อของพลวิจัยดังนี้ มานี มานะ ชูใจ และปิติ

มานีมีอายุ 23 ปี เกิดที่จังหวัดบุรีรัมย์ ตอนที่เรียนในระดับประถมศึกษาเธอได้รับการยกย่องให้เป็นนักเรียนที่มีผลการเรียนดีเด่น แต่ในระดับมัธยมศึกษาเธอไม่ค่อยตั้งใจเรียนทำให้ผลการเรียนตกต่ำลง มานีสอบเข้าศึกษาต่อในมหาวิทยาลัย ในสาขาที่ต้องการไม่ได้ แต่สามารถสอบโควตาเพื่อเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรพยาบาลศาสตร์และการสอนฟิสิกส์ได้ เธอเลือกศึกษาต่อในสาขาการสอนฟิสิกส์เพราะเธอรักวิชาฟิสิกส์และประทับใจการสอนของครูฟิสิกส์ มานีมีความมุ่งหวังที่จะเป็น “ครูที่ดีและเป็นที่รักของลูกศิษย์” เธอได้

เกรดเฉลี่ยสะสม 3.48

มานะมีอายุ 23 ปี เติบโตในครอบครัวขนาดใหญ่ที่ประกอบอาชีพเกษตรกรในจังหวัดชัยภูมิ ถึงแม้ทางบ้านจะมีฐานะพอกินพอใช้แต่เขาก็มีความสุขดี มานะคาดหวังจากการเข้าศึกษาในสาขาการสอนฟิสิกส์ว่า "ต้องการสอนให้นักเรียนเข้าใจฟิสิกส์และปฏิบัติตนเป็นแบบอย่างที่ดีแก่นักเรียน" เขาได้เกรดเฉลี่ยสะสม 2.44

มานีและมานะฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ณ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในเขตธนบุรี กรุงเทพฯ เป็นโรงเรียนที่ก่อตั้งมาตั้งแต่ พ.ศ. 2506 ทางโรงเรียนได้จัดอาจารย์พี่เลี้ยง ก เพื่อให้คำปรึกษาแก่มานี และอาจารย์พี่เลี้ยง ข เพื่อให้คำปรึกษาแก่มานะ ส่วนทางมหาวิทยาลัยได้จัดอาจารย์นิเทศก์ ก เพื่อให้คำปรึกษาแก่ทั้งคู่

อาจารย์พี่เลี้ยง ก จบการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์ และมีประสบการณ์การสอนฟิสิกส์เป็นเวลา 28 ปี เขามีประสบการณ์เป็นอาจารย์พี่เลี้ยงแก่นักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์มาแล้ว จำนวน 4 คน และตอบรับเป็นอาจารย์พี่เลี้ยงให้แก่มานี เพราะ "ต้องการฝึกเขา(มานี)ให้สอนอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อสังคมในระยะยาว"

อาจารย์พี่เลี้ยง ข เกิดและเติบโตในท้องถิ่นที่โรงเรียนตั้งอยู่ เขาจบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ และมีประสบการณ์การสอนวิทยาศาสตร์และฟิสิกส์เป็นเวลา 30 ปี โดยส่วนมากจะได้รับมอบหมายให้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ เขาไม่เคยมีประสบการณ์เป็นอาจารย์พี่เลี้ยงแก่นักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์เลย แต่เคยเป็นอาจารย์พี่เลี้ยงแก่นักศึกษาครูวิชาเอกวิทยาศาสตร์มาแล้ว จำนวน 4 คน

อาจารย์นิเทศก์ ก จบการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า เขาทำงานเป็นครูอาชีวศึกษามาก่อนที่จะย้ายมาทำงานที่มหาวิทยาลัยราชภัฏ 2 ปีที่ผ่านมา เขาไม่เคยมีประสบการณ์เป็นอาจารย์นิเทศก์แก่นักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์เลย

ชูใจมีอายุ 24 ปี เกิดที่จังหวัดนครราชสีมา เธอตัดสินใจเข้าศึกษาต่อในสาขาการสอนฟิสิกส์เพราะต้องการกลับไปเป็นครูที่บ้านเกิด อย่างไรก็ตาม เธอสารภาพว่า "ไม่ได้ตั้งใจจะเรียนวิชาเอกฟิสิกส์ตั้งแต่แรก" เกรดเฉลี่ยสะสมของเธอ คือ 2.49

ปิติมีอายุ 22 ปี เกิดที่จังหวัดชลบุรี เขาแสดงภาวะผู้นำจากการเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ของโรงเรียน และได้รับการยกย่องเป็นนักเรียนที่มีผลการเรียนดีเด่นในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เขาได้เกรดเฉลี่ยสะสม 2.45 และได้รับเลือกเป็นประธานสโมสรนักศึกษาคณะครุศาสตร์อีกด้วย

ชูใจและปิติฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ณ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในเขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ เป็นโรงเรียนที่ก่อตั้งมาตั้งแต่ พ.ศ. 2499 ทางโรงเรียนได้จัดอาจารย์พี่เลี้ยง ค เพื่อให้คำปรึกษาแก่ชูใจ และอาจารย์พี่เลี้ยง ง เพื่อให้คำปรึกษาแก่ปิติ ส่วนทางมหาวิทยาลัยได้จัดอาจารย์นิเทศก์ ข เพื่อให้คำปรึกษาแก่ทั้งคู่

อาจารย์พี่เลี้ยง ค เป็นหัวหน้าหมวดวิทยาศาสตร์ของโรงเรียน เขาจบการศึกษาในระดับปริญญาโท สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มีประสบการณ์การสอนฟิสิกส์เป็นเวลา 35 ปี และมีประสบการณ์เป็นอาจารย์พี่เลี้ยงแก่นักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์มาแล้ว จำนวน 3 คน

อาจารย์พี่เลี้ยง ง จบการศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาการสอนชีววิทยา เธอเคยสอนมาแล้ว 3 โรงเรียน และมีประสบการณ์การสอนวิทยาศาสตร์เป็นเวลา 21 ปี เธอไม่เคยมีประสบการณ์เป็นอาจารย์พี่เลี้ยงแก่นักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์เลย แต่เคยเป็นอาจารย์พี่เลี้ยงแก่นักศึกษาครูวิชาเอกวิทยาศาสตร์มาแล้ว จำนวน 3 คน

อาจารย์นิเทศก์ ข จบการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีการศึกษา เขาไม่เคยมีประสบการณ์เป็นอาจารย์นิเทศก์แก่นักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์เลย เช่นเดียวกับอาจารย์นิเทศก์ ก ทั้งนี้เป็นเพราะนโยบายของมหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งนี้ที่เพิ่งถ่ายโอนความ

รับผิดชอบในการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูจากคณะวิทยาศาสตร์มายังคณะครุศาสตร์

รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแบบพหุกรณีศึกษา (Multisite case study) ที่มุ่งศึกษาในเชิงลึกด้วยการอธิบายอย่างเข้มข้น (Thick description)(Sturman, 1997) ถึงแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของนักศึกษา ครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 4 จำนวน 4 คน และความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดดังกล่าวกับการปฏิบัติการสอนในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ซึ่งบริบทของการศึกษามีความซับซ้อนและมีลักษณะเฉพาะ โดยงานวิจัยแบบพหุกรณีศึกษาจะช่วยเพิ่มความสามารถในการถ่ายโอน (Transferability) ผลการวิจัยระหว่างบริบทอันเป็นจุดอ่อนเกี่ยวกับความตรงภายนอก (External validity) ของงานวิจัยแบบกรณีศึกษา โดยทั่วไป (Lincoln & Guba, 1985,124) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในเชิงลึกโดยใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ผู้วิจัยจึงมิได้มุ่งเน้นการสรุปอิง (Generalization) ไปยังประชากร การใช้หรือการถ่ายโอน ผลการวิจัยจึงขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ใช้ผลการวิจัยเกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่างบริบทของงานวิจัยนี้และบริบทของผู้ใช้ผลการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 4 ชนิด และมีการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การสัมภาษณ์เป็นรายบุคคล

ผู้วิจัยสัมภาษณ์แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของนักศึกษาเป็นรายบุคคล 2 ครั้ง คือ ขณะเริ่มต้นและสิ้นสุดการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู โดยใช้คำถามที่ประยุกต์จากการศึกษาของ BouJaoude (2000, 177) ซึ่งมีรายละเอียดของคำถามดังนี้

- ท่านคิดว่า บทบาทของครูในกระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์คืออะไร
- ท่านคิดว่า บทบาทของนักเรียนในกระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์คืออะไร
- ท่านคิดว่า การเรียนรู้ฟิสิกส์เกิดขึ้นได้อย่างไร
- วิธีสอนแบบใดที่ท่านคิดว่าทำให้การสอนฟิสิกส์ประสบความสำเร็จ เพราะเหตุใด
- ท่านอุปมากระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์เสมือนกับอะไร

2. การสังเกตการสอนและการสัมภาษณ์หลังการสอน

ในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ผู้วิจัยสังเกตการสอนของนักศึกษาคนละ 2 ครั้งต่อเดือน โดยสังเกตการสอนของมานีในห้องเรียนวิชาฟิสิกส์บังคับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ซึ่งมีนักเรียนจำนวน 27 คน สังเกตการสอนของมานะในห้องเรียนวิชาฟิสิกส์บังคับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 ซึ่งมีนักเรียนจำนวน 25 คน สังเกตการสอนของปิติในห้องเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/5 ซึ่งมีนักเรียนจำนวน 30 คน และสังเกตการสอนของชูใจในห้องเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/6 ซึ่งมีนักเรียนจำนวน 26 คน โดยหลังเสร็จสิ้นการสังเกตแต่ละครั้ง ผู้วิจัยสัมภาษณ์นักศึกษาโดยใช้คำถามดังนี้

- ท่านคิดว่าแนวคิดใดในเรื่อง(ที่สอน)ที่ยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน
- ในเรื่อง(ที่สอน)ท่านต้องการให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อะไรบ้าง
- ท่านเลือกใช้วิธีสอนแบบใด
- ท่านจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างไร
- ท่านคิดว่าวิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้เหมาะสมกับเนื้อหาที่สอนหรือไม่ เพราะเหตุใด
- ทำไมท่านจึงไม่เลือกใช้วิธีสอนหรือกิจกรรมการเรียนการสอนแบบอื่น ๆ
- ท่านใช้สื่อการเรียนรู้อะไรบ้าง

- ท่านคิดว่าสื่อการเรียนรู้ที่ใช้มีความเหมาะสม กับเนื้อหาที่สอนหรือไม่ เพราะเหตุใด

- ท่านมีวิธีวัดและประเมินผลการเรียนรู้อย่างไร

- ท่านคิดว่าวิธีวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่ใช้เหมาะสมต่อการตรวจสอบการเรียนรู้ของนักเรียนในเนื้อหาที่สอนหรือไม่ เพราะเหตุใด

3. การสัมภาษณ์อาจารย์พี่เลี้ยงและอาจารย์นิเทศก์

ผู้วิจัยสัมภาษณ์อาจารย์พี่เลี้ยงและอาจารย์นิเทศก์เกี่ยวกับการปฏิบัติการสอนของนักศึกษาคนละ 2 ครั้ง คือ ขณะเริ่มต้นและสิ้นสุดการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ซึ่งคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์มีดังนี้

- ท่านคิดว่านักศึกษามีความรู้ในเนื้อหาเป็นอย่างไรบ้าง

- ท่านคิดว่านักศึกษาจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นอย่างไรบ้าง

- ท่านคิดว่านักศึกษาใช้สื่อการเรียนรู้เป็นอย่างไรบ้าง

- ท่านคิดว่านักศึกษาวัดและประเมินผลการเรียนรู้เป็นอย่างไรบ้าง

- ในภาพรวม ท่านคิดว่านักศึกษาที่ท่านดูแลมีพัฒนาการอย่างไรบ้าง เพราะเหตุใด

- ท่านคิดว่าจุดเด่นของนักศึกษาที่ท่านดูแลคืออะไร เพราะเหตุใด

- ท่านคิดว่าจุดที่ควรปรับปรุงของนักศึกษาที่ท่านดูแลคืออะไร เพราะเหตุใด

4. การรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องที่นักศึกษาแต่ละคนผลิตขึ้นในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู อาทิเช่น อนุทิน แผนการสอน ใบงาน ใบความรู้ แบบทดสอบ แบบฝึกหัด เป็นต้น

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากหลายวิธี กล่าวคือ การสัมภาษณ์ การสังเกต และการเก็บรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง และจากหลายแหล่งข้อมูล กล่าวคือ นักศึกษา อาจารย์พี่เลี้ยง และอาจารย์นิเทศก์ซึ่งปรากฏในงานวิจัยนี้ เรียกว่า เทคนิคสามเส้า (Triangulation) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งในการเพิ่มความเชื่อถือได้ ของผลการวิจัยของงานวิจัยเชิงคุณภาพดังเช่นงานวิจัยนี้

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยถอดเทปบันทึกการสัมภาษณ์แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของนักศึกษา ถอดเทปบันทึกการสัมภาษณ์นักศึกษาหลังการสอน และถอดเทปบันทึก การสัมภาษณ์อาจารย์พี่เลี้ยงและอาจารย์นิเทศก์แบบคำต่อคำ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการถอดเทปบันทึกการสัมภาษณ์ แบบบันทึกการสังเกตการสอน และเอกสารที่เกี่ยวข้องที่เก็บรวบรวมได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธีที่เรียกว่า Constant comparative method (Glaser & Strauss, 1967) ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ข้อมูลที่กระทำพร้อม ๆ กับขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล มีขั้นตอนโดยสรุปในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1) เปรียบเทียบ (comparing) ข้อมูลที่ได้โดยใช้ลักษณะความเหมือนหรือความคล้าย แล้วจัดเป็นหมวดหมู่ต่าง ๆ

2) เมื่อได้รับข้อมูลใหม่ ข้อมูลดังกล่าวจะถูกเปรียบเทียบกับข้อมูลที่มีอยู่ในหมวดหมู่เดิมแล้วจัดลงในหมวดหมู่ต่าง ๆ หากมีข้อมูลใดไม่สามารถจัดลงในหมวดหมู่ที่มีอยู่ได้ ก็จะสร้างหมวดหมู่ขึ้นใหม่เพื่อรองรับข้อมูลนั้น ๆ

3) พิจารณารูปแบบและความสัมพันธ์ (seeking for patterns and relationships) ของหมวดหมู่ต่าง ๆ เพื่อสร้างเป็นคำอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ทั้งนี้นอกจากผู้วิจัยจะวิเคราะห์ข้อมูลเป็นรายกรณีศึกษา แล้วก็ยังวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกรณีศึกษาด้วย

ผลและวิจารณ์

ผู้วิจัยขอนำเสนอผลและวิจารณ์กรณีศึกษาของมานี มานะ ชูใจ ปิติ และความสัมพันธ์ระหว่างกรณี

ศึกษา ดังนี้

กรณีศึกษาของมานี

ในตอนต้นของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู มานีคิดว่า บทบาทของครูในกระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์ คือ เป็นผู้ที่กระตือรือร้น เรียนรู้สิ่งต่าง ๆ รอบตัวที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ รวมทั้งสอนให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ มีทักษะ คิดเป็น ทำเป็น ส่วนนักเรียนมีบทบาท คือ ต้องมีเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์เพื่อที่จะได้สนใจเรียนฟิสิกส์ มานีคิดว่า การเรียนรู้ฟิสิกส์เกิดขึ้นเมื่อครูถามแล้วนักเรียนตอบได้ หรือนักเรียนทำการทดลองหรือแบบฝึกหัดได้ อย่างไรก็ตาม มานีไม่แน่ใจว่าวิธีสอนแบบใดที่ทำให้การสอนฟิสิกส์ประสบความสำเร็จ แต่คิดว่า "น่าจะเป็นการสอนที่เน้นการใช้สื่อมาก ๆ และมีกิจกรรมให้นักเรียนทำ"

มานีอุปมากระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์เสมือนกับ "**การชิมอาหาร**" โดยครู คือ ผู้ปรุงและชิมรสอาหาร ซึ่งในการปรุงอาหารต้องใช้ส่วนผสมที่แตกต่างกันตามชนิดของอาหาร เสมือนกับครูที่ต้องทดลองใช้วิธีสอนแบบต่าง ๆ แล้วสังเกตผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียนในแต่ละห้อง ส่วนนักเรียน คือ อาหาร ซึ่งหากผู้ปรุงอาหารใช้ส่วนผสมที่ดีและเหมาะสมแล้ว อาหารที่ออกมาก็มีรสชาติดีตามไปด้วย ดังนั้นจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน ก็คือ รสชาติของอาหารที่ดี เสมือนกับการที่นักเรียนให้การตอบรับต่อวิธีสอนของครูเป็นอย่างดี

ตามแนวคิดของมานี การสอนฟิสิกส์ต้องใช้สื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ และให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้และทักษะ โดยนักเรียนต้องมีเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์เพื่อที่จะได้ตั้งใจเรียน ซึ่งแนวคิดเกี่ยวกับการสอนฟิสิกส์ที่เน้นให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมตามที่ครูเลือกและจัดให้นี้ในการศึกษาของ Gallagher (1993 cited in Porlan & del Pozo, 2004) เรียกว่า "การสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมที่ครูจัดให้" แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของมานีไม่ได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน เพราะบทบาทโดยส่วนใหญ่ยังอยู่ที่ครู ซึ่งเป็นผู้เลือก ทดลองใช้ และศึกษาผลของการใช้วิธีสอนแบบต่าง ๆ ในขณะที่นักเรียนมีบทบาทเพียงแค่มีเจตคติที่ดีและปฏิบัติกิจกรรมที่ครูจัดให้ได้

ส่วนแนวคิดเกี่ยวกับวิธีสอนฟิสิกส์ที่ประสบความสำเร็จของมานีนั้นสอดคล้องกับการอุปมา "การชิมอาหาร" เป็นอย่างมากเพราะเธอมีแนวคิดที่จะทดลองใช้วิธีสอนแบบต่าง ๆ แล้วสังเกตผลที่เกิดต่อการเรียนรู้ของนักเรียนเสมือนกับการใช้ส่วนผสมต่าง ๆ ในการปรุงอาหาร ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่ามานียังมีประสบการณ์ในการสอนน้อย จึงไม่รู้ว่าวิธีสอนแบบใดที่จะทำให้การสอนฟิสิกส์ประสบความสำเร็จ ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Graber (1995) ที่พบว่า ในขณะฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู นักศึกษาครูจะมีทฤษฎีการสอนของตนเอง (Personal theory of teaching) และจะพยายามทดลองใช้ทฤษฎีนั้นในรูปแบบของวิธีสอนหรือกิจกรรมต่าง ๆ นอกจากนั้นในกรณีของมานีจะเห็นว่าการอุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของครูมีความสัมพันธ์กับแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ และช่วยให้เข้าใจแนวคิดดังกล่าวของครูได้ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น (Tobin & LaMaster, 1995, 241; Stofflett, 1996; Martinez et al., 2001, 974)

มานีได้รับมอบหมายจากโรงเรียนให้สอนวิชาฟิสิกส์บังคับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 2 ห้อง ใน 3 หัวข้อหลัก คือ ของเหลว ความร้อน และคลื่น รวมมีคาบสอนทั้งหมด 8 คาบ/สัปดาห์ ในตอนต้นของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู มานีเน้นการสอนแบบบรรยาย โดยใช้แผ่นใสประกอบ ซึ่งขัดกับแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของเธอที่เน้นการใช้สื่อการเรียนรู้และการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน ทั้งนี้เป็นเพราะว่าเธอต้องการ "สอนให้ทัน" เพราะเนื้อหาฟิสิกส์ที่ต้องสอนมีมากและ เวลามีจำกัด ซึ่งสิ่งนี้เป็นเหมือนข้อบีบบังคับ (constraint)

สำหรับการสอนของมานี ซึ่งอาจารย์พี่เลี้ยง ก ยืนยันว่า “ระยะแรกเธอ(มานี)จะปิ้งแผ่นใส รู้สึกเป็นกังวลกับเนื้อหาเยอะ พยายามเขียนแผ่นใส วางแผ่นใส พูดให้เร็ว ๆ มากกว่าจะกังวลกับนักเรียน” ซึ่งเขาให้คำแนะนำแก่มานีเกี่ยวกับการสอนแนวคิดสำคัญ (key concepts) ให้แก่นักเรียนดังนี้ “มันไม่จำเป็นต้องสอนทั้งหมดหรอก จริง ๆ แล้วเด็ก(นักเรียน)มันอ่านเองได้ แต่ว่าเรา(ครู)จะทำอย่างไร ให้เด็กสนใจที่จะไปอ่าน แล้วก็ concept (แนวคิด)เบื้องต้นให้มันถูกต้อง” หรือคำแนะนำเกี่ยวกับการสอนโดยเน้นความเข้าใจของนักเรียนมากกว่าความครอบคลุมเนื้อหาเพียงอย่างเดียว ดังนี้ “ไม่ต้องกังวลกับเนื้อหามากนัก ให้ย้อนมาดูเด็ก (นักเรียน) ไม่ต้องรีบ บางทีเด็กยังไม่เข้าใจ แต่เรา (ครู)ให้ไปมากแต่เด็กเก็บไม่ได้ ยังไงก็ไม่ได้อยู่ดี แต่พวกเรากลัวไปหมด กลัวว่าเราจะให้น้อยเกินไป กลัวแทนนักเรียน” หรือคำแนะนำเกี่ยวกับการเชื่อมโยงเนื้อหาฟิสิกส์ให้เป็นส่วนหนึ่งของชีวิตของนักเรียน ยกตัวอย่างเช่น ในการสอนเรื่องคลื่น

> คุณ(มานี)ต้องเข้าใจ concept ว่า คลื่นเรียนกันไปทำไม เรียนแล้วได้อะไรกับชีวิต เพราะว่าฟิสิกส์คือ เรียนรู้ธรรมชาติ เด็ก(นักเรียน)ไม่เข้าใจว่าเรียนรู้ฟิสิกส์ไปทำไม ทำให้ไม่อยากเรียน คุณต้องบอกว่า เรียนไปแล้วเกี่ยวข้องกับอะไร ...ที่จริงไม่ใช่เรียนไปแค่ทฤษฎี ก็เหมือนกับว่าทำไมเราไม่สนใจเรียน เพราะว่าเราไม่รู้จะเรียนไปทำไม แต่ถ้ามัน(ฟิสิกส์)เป็นส่วนหนึ่งของชีวิต มันค่อยน่าสนใจขึ้นมาหน่อย ถ้าคุณไม่เรียนรู้มัน คุณจะใช้มันได้อย่างไร คุณจะได้ประโยชน์สูงสุด จากมันได้อย่างไร (อาจารย์พี่เลี้ยง ก, สัมภาษณ์)

คำแนะนำของอาจารย์พี่เลี้ยง ก ทำให้มานีลดความกังวลจากข้อบีบบังคับ “สอนให้ทัน” และปรับปรุงการสอนโดยเปลี่ยนจากการสอนที่เน้นการบรรยายถ่ายทอดเนื้อหามาเป็นการสอนที่เน้นการลงมือปฏิบัติกิจกรรม (hands-on) นอกจากนั้นยังเน้นความคิด ความเข้าใจ และการประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตของนักเรียนมากขึ้นด้วย โดยขั้นตอนการสอนหลักของมานี คือ 1) ครูแนะนำบทเรียนด้วยสถานการณ์ที่หลากหลายที่เชื่อมโยงกับชีวิตของนักเรียน 2) ครูสาธิตกิจกรรมหรือให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมหรือการทดลอง 3) ครูและนักเรียนสรุปบทเรียนร่วมกัน และ 4) ครูยกตัวอย่างหรือมอบหมายให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดหรือการบ้าน ทั้งนี้ทั้งนั้นการพัฒนาการสอนของมานีส่วนหนึ่งมาจากการที่เธอได้มีโอกาสทดลองใช้ตัวอย่าง สถานการณ์หรือกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ สังเกตผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนในห้องหนึ่ง แล้วนำมาปรับใช้ในการสอนแก่นักเรียนอีกห้องหนึ่ง อาทิ ตัด เปลี่ยนแปลง หรือเพิ่มเติมตัวอย่าง สถานการณ์ หรือกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ นอกจากนั้นก่อนสอนเกือบทุกครั้ง มานีได้มีโอกาสอภิปรายกับอาจารย์พี่เลี้ยงเกี่ยวกับเนื้อหาที่จะสอนและกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะทำ และในบางครั้งยังได้ทดลองบางกิจกรรมให้อาจารย์พี่เลี้ยงดูด้วยเพื่อขอคำแนะนำในการปรับปรุงการสอน

มานีทบทวนความรู้เดิม ของนักเรียนมากขึ้น และพยายามเชื่อมโยงเนื้อหาที่สอนกับประสบการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคยด้วยการยกตัวอย่าง เช่น การยกตัวอย่าง “การดื่มน้ำโดยใช้หลอดดูด” และ “ยางติดกระจก” ในการสอนเรื่องความดัน หรือการยกตัวอย่าง “แมลงที่เดินบนน้ำ” ในการสอนเรื่องความตึงผิว หรือการยกตัวอย่าง “คลื่นที่นักเรียนเห็นตอนที่เราไปทัศนศึกษาด้วยกัน” ในการสอนเรื่องปรากฏการณ์คลื่น เป็นต้น นอกจากนั้นเธอยังสามารถใช้การสาธิตในการสอนได้เป็นอย่างดี เช่น การช่วยให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของความตึงผิวและการลดความตึงผิวด้วยการสาธิต “ใบมีดและเข็มลอยอยู่บนน้ำได้” “การหย่อนเหรียญลงในแก้วที่ใส่น้ำจนเต็มแล้วสังเกตระดับของน้ำที่โค้งนูนขึ้น จากนั้นหยดน้ำยาล้างจานลงในแก้วดังกล่าว ทำให้น้ำไหลออกจากแก้ว” “การวางเหรียญคั่นระหว่างแก้วสองใบที่ใส่น้ำจนเต็มและคว่ำประกบกัน โดยที่น้ำไม่ไหลออกมา”

หรือการช่วยให้นักเรียนเข้าใจชนิดของคลื่นด้วยการที่ครูและนักเรียนสาธิตการสั่นสปริงคลื่นจนเกิดคลื่นสปริงตามยาวและตามขวาง เป็นต้น โดยการสาธิตที่มานีใช้ดึงดูดความสนใจของนักเรียนได้เป็นอย่างดี และให้โอกาสนักเรียนมีส่วนร่วมในการสาธิตด้วย ทั้งนี้มานีเน้นความสำคัญของการใช้สื่อต่าง ๆ ในการสอนมาก เพราะ "สื่อจะช่วยดึงดูดความสนใจของนักเรียน ทำให้ตั้งใจเรียน และช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาดีขึ้น"

จากปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนทำให้มานีพัฒนาความรู้เกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียนมากขึ้น อาทิ การจำแนกความแตกต่างระหว่างลีลาการเรียนรู้ (Learning style) ของนักเรียนในระดับห้อง เช่น "(นักเรียน) ม.5/2 จะให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมมากกว่า (นักเรียน) ม.5/1 ที่ชอบเรียนด้วยการทำโจทย์ Entrance และจะเรียนเนื้อหาที่จำเป็นในการสอบเอ็นท์เท่านั้น" หรือ "(นักเรียน) ม.5/1 เข้าใจง่ายไม่ต้องใช้อุปกรณ์อะไร แต่ (นักเรียน) ม.5/2 ต้องใช้สื่อและอุปกรณ์ช่วย" หรือ "(นักเรียน) ม.5/1 เรียนแล้วกลับบ้าน พรุ่งนี้ถึงจะมาบอกว่าไม่เข้าใจตรงไหน ส่วน (นักเรียน) ม.5/2 จะแสดงออกทันทีทางสีหน้าแววตา ทำให้รู้ว่า ไม่เข้าใจ" เป็นต้น นอกจากนั้นเธอระบุความยุ่งยากในการเรียนรู้ของนักเรียนส่วนใหญ่ว่าเกิดจากการเรียน เนื้อหาที่มีสมการมาก เช่น สมการของแบร์นูลลี (Bernoulli's equation) เป็นต้น สำหรับวิธีการที่เธอใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ฟิสิกส์ คือ การสังเกตการทำกิจกรรมหรือแบบฝึกหัดของนักเรียน และการสอบ

ลักษณะนิสัยส่วนตัวและเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์และวิชาชีพครูฟิสิกส์ก็มีส่วนสำคัญที่ทำให้มานีพัฒนาการสอนขึ้น โดยเฉพาะการที่มานีรักในวิชาฟิสิกส์และมุ่งหวังที่จะเป็นครูที่ดีดังได้กล่าวมาแล้ว และเป็นคนที่ยอมรับความจริง ขยัน และพัฒนาตนเองอยู่ตลอดเวลา ดังที่อาจารย์พี่เลี้ยง ก กล่าวว่า "ชอบอย่างหนึ่งตรงที่ว่า เธอ(มานี)ยอมรับความจริง ส่วนไหนที่ทำไม่ได้ ก็บอกว่า ช่วยทำให้หนู(มานี)ดูหน่อย ...เธอขยัน พยายามพัฒนาตัวเองอยู่ตลอดเวลา"

อาจารย์พี่เลี้ยง ก มีส่วนสำคัญอย่างมากในการพัฒนาการสอนของมานี เพราะเขาคอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือมานีอย่างต่อเนื่อง โดยเข้าสังเกตการสอนของเธอเกือบทุกคาบ ช่วยเตรียมการทดลอง ช่วยอธิบายเนื้อหาที่มานีไม่เข้าใจ และช่วยอธิบายเนื้อหาที่มานีสอนผิดหรือคลุมเครือให้แก่นักเรียน ซึ่งในกรณีนี้อาจารย์พี่เลี้ยง ก จะอธิบายให้นักเรียนทันที เพราะ "ไม่ต้องการให้แนวคิดที่ผิด ๆ เหล่านั้นฝังหัวนักเรียนตลอดไป" โดยเขาได้ทำความตกลงกับมานีแล้วตั้งแต่ต้น ในทางตรงกันข้าม ตลอดการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู อาจารย์นิเทศก์ ก มาสังเกตการสอนของมานีเพียงครั้งเดียว ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรรณทิพา และภาวิณี (2545) และชาตรี และวรรณทิพา (2548, 159) ที่พบว่า อาจารย์นิเทศก์ขาดความสม่ำเสมอในการนิเทศและไม่อุทิศเวลาในการให้คำปรึกษาแก่นักศึกษา ครู โดยสิ่งที่อาจารย์นิเทศก์ ก แนะนำก็คือ บุคลิก ลักษณะในการสอน เช่น พูดจาสุภาพ ใช้น้ำเสียงพอเหมาะ ไม่เล่นกับนักเรียน และไม่พูดมากเกินไป แต่ไม่ได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับเนื้อหา กิจกรรม การเรียนการสอน สื่อการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้เลย ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับ Borko and Mayfield (1995, 514) ที่พบว่า อาจารย์นิเทศก์ให้คำแนะนำอย่างผิวเผิน ไม่ลึกซึ้งถึงการสอนของครูและการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งอาจารย์นิเทศก์ ก ให้เหตุผลที่ไม่ค่อยมาสังเกตการสอนว่า "ในตอนต้นภาคเรียนได้กำหนดวัน ไว้แล้วว่าจะสังเกตการสอนของ นักศึกษาคนไหนวันไหน แต่พอถึงวันก็มีงานด่วนเข้ามา เช่น ประชุม ทำให้ไม่มีโอกาสมาสังเกตการสอนบ่อยเท่าที่ควร" ทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าอาจารย์นิเทศก์ไม่ได้ตระหนักถึงบทบาทหน้าที่ของตนเอง ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาการสอนของนักศึกษา (Appleton, 2003)

ในกรณีของมานี จะเห็นว่า ทั้งปัจจัยเกี่ยวกับบุคคล

(อาทิ ลักษณะนิสัยส่วนตัว และเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์และวิชาชีพครูฟิสิกส์) และปัจจัยเกี่ยวกับบริบท (เช่น คำแนะนำจากอาจารย์พี่เลี้ยง) มีอิทธิพลอย่างมากต่อการปฏิบัติการสอนในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู (Dana, 1998) โดยเฉพาะอย่างยิ่งคำแนะนำจากอาจารย์พี่เลี้ยงที่ช่วยให้เธอจัดการกับข้อบีบบังคับ "สอนให้ทัน" ได้ และมีโอกาสนำแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของเธอซึ่งเน้น "การสอนแบบใช้สื่อการเรียนรู้และให้นักเรียน ปฏิบัติกิจกรรมที่ครูจัดให้" มาสู่การปฏิบัติในห้องเรียน เพื่อแทนที่การสอนแบบบรรยายซึ่งตอบสนองต่อข้อบีบบังคับ "สอนให้ทัน" นอกจากนั้น ประสบการณ์ในการสอนซึ่งได้จากการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ การสังเกตผลของกิจกรรมเหล่านั้น แล้วนำมาปรับปรุงในการสอนครั้งต่อไป ยังเป็นปัจจัยสำคัญอีกอันหนึ่งที่ช่วยให้มานีพัฒนาการสอนให้ดีขึ้น

ในตอนท้ายของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู มานีมีแนวคิดว่า บทบาทของครูในกระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์ คือ สอนให้ดีที่สุด เนื้อหาที่สอนถูกต้อง เข้าใจนักเรียน และเข้าใจธรรมชาติของฟิสิกส์ว่าเป็นวิชาที่ยาก ดังนั้นครูต้องแปลงเรื่องยากให้เป็นเรื่องง่าย ส่วนบทบาทของนักเรียน คือ มีเจตคติที่ดีต่อฟิสิกส์ ผู้สอน และเพื่อนร่วมชั้น และสนุกในการเรียน มานีคิดว่า การเรียนรู้ฟิสิกส์จะเกิดขึ้นได้ต้องมาจากนักเรียน กล่าวคือ นักเรียนต้องอยากเรียนรู้ และพยายามเชื่อมโยงความรู้ทางฟิสิกส์กับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน สำหรับวิธีสอนที่ประสบความสำเร็จในการสอนวิชาฟิสิกส์นั้น เธอคิดว่าขึ้นอยู่กับจังหวะ แต่ควรเน้นการทำกิจกรรมและการใช้สื่อการเรียนรู้ เพราะเธอคิดว่า "กระดานดำอย่างเดียวไม่พอ ดึงความสนใจ(นักเรียน)ไม่ได้"

มานีอุปมากระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์เสมือนกับ "**การอนุรักษ์ปะการัง**" โดยครู คือ นักอนุรักษ์ปะการัง ซึ่ง "ต้องไม่ทำลาย แต่ฟื้นฟูปะการัง" และศึกษาลักษณะของปะการังแต่ละชนิด ซึ่งจะมีวิธีดูแลฟื้นฟูที่แตกต่างกัน นักเรียน คือ ปะการังแต่ละชนิดที่นักดำน้ำต้องดูแลฟื้นฟู ส่วนการเรียนการสอน ก็คือการลองใช้วิธีต่าง ๆ ในการปลูกหรือฟื้นฟูปะการัง เสมือนกับการที่ครูลองใช้วิธีสอนแบบต่าง ๆ เพื่อทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่สอน

แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของมานีเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยเมื่อเทียบกับตอนต้นของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู โดยเธอยังคงเน้นให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนฟิสิกส์เหมือนเดิม แต่เพิ่มเติมเกี่ยวกับบทบาทของครูที่ต้องเข้าใจนักเรียนและธรรมชาติของฟิสิกส์ว่าเป็นวิชาที่ยาก จึงต้องแปลงเรื่องยากให้เป็นเรื่องง่าย ซึ่งสอดคล้องกับการปฏิบัติการสอนในห้องเรียนของเธอที่พยายามยกตัวอย่างหรือสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียนมากที่สุดเพื่อให้นักเรียนเข้าใจง่ายที่สุด ในส่วนของการเรียนรู้ฟิสิกส์นั้น มานีให้ความสำคัญกับบทบาทของนักเรียนมากขึ้น กล่าวคือ นักเรียนเป็นผู้กำหนดเงื่อนไขในการเรียนรู้ว่าจะเกิดขึ้นได้หรือไม่ ซึ่งทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่า แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนของครูเปลี่ยนแปลงได้ยาก หรือค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงทีละน้อย (Dana, 1998; Porlan & del Pozo, 2004; Koballa et al., 2005)

จากแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของมานี เธอยังคงเน้นการใช้สื่อการเรียนรู้และการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน ซึ่งเหมือนกับแนวคิดของเธอในตอนต้นของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู และสอดคล้องกับการปฏิบัติการสอนจริงของมานี สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของครูมีความสัมพันธ์อย่างมากกับการปฏิบัติการสอนในห้องเรียน (Bradford & Dana, 1998; Porlan & del Pozo, 2004; Koballa et al., 2005)

การอุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของมานีเปลี่ยนจาก "การชิมอาหาร" เป็น "การอนุรักษ์ปะการัง" ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงจุดเน้นจาก "การใช้ส่วนผสมต่าง ๆ ในการปรุงอาหาร" ซึ่งเปรียบ

เสมือนการทดลองใช้วิธีสอนแบบต่าง ๆ มาเป็น "การเรียนรู้ความแตกต่างระหว่างปะการังแต่ละชนิดที่มีวิธีการดูแลฟื้นฟูแตกต่างกัน" ซึ่งเปรียบเสมือนการเรียนรู้ความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียน เช่น การมีลีลาการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม มานียังคงเน้นให้ครูเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการเรียนการสอน กล่าวคือ เป็นผู้เลือกใช้วิธีสอนแบบต่าง ๆ ให้เหมาะกับนักเรียน (เปรียบเสมือนการเลือกส่วนผสมให้เหมาะกับชนิดของอาหารหรือการเลือกวิธีดูแลฟื้นฟูให้เหมาะกับปะการังแต่ละชนิด) ซึ่งสอดคล้องกับการปฏิบัติการสอนในห้องเรียนของเธอ สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่า การอุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของครูมีความสัมพันธ์กับแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ และช่วยให้เข้าใจแนวคิดดังกล่าวของครูได้ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น (Tobin & LaMaster, 1995, 241; Stofflett, 1996; Martinez et al., 2001, 974)

กรณีศึกษาของมานะ

ในตอนต้นของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู มานะคิดว่า บทบาทของครูในกระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์ คือ ชี้แนะให้นักเรียนเข้าใจ โดยการทำสิ่งที่ยาก ซึ่งก็คือเนื้อหาฟิสิกส์ให้เป็นสิ่งที่ง่าย ด้วยการใช้สื่อและสถานการณ์ทั้งในและนอกห้องเรียน ส่วนบทบาทของนักเรียน คือ ตั้งใจเรียน ปฏิบัติกิจกรรม และทบทวนความรู้ก่อนเรียน โดยไม่รอรับความรู้จากครูเพียงอย่างเดียว มานะคิดว่า การเรียนรู้ฟิสิกส์เกิดจากปรากฏการณ์นอกห้องเรียนอันเป็นสิ่งใกล้ตัวนักเรียน ซึ่งนำมาสู่กระบวนการสืบหาคำตอบเพื่ออธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้นมากกว่าการรอรับกฎเกณฑ์ที่น่าเบื่อทางวิทยาศาสตร์ ส่วนวิธีสอนที่ทำให้การสอนฟิสิกส์ประสบความสำเร็จ ก็คือ การให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อให้เห็นจริงก่อน แล้วจึงมาอธิบายกฎเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

มานะอุปมาการเรียนการสอนฟิสิกส์เสมือนกับ **"การดำเนินชีวิตประจำวัน"** เพราะฟิสิกส์อธิบายทุกอย่างในชีวิตประจำวัน โดยเมื่อนักเรียนเจอปัญหาหรือสงสัยในเรื่องใดก็จะหาคำตอบจากการอ่านหนังสือ ดังนั้น นักเรียน คือ ผู้หาคำตอบ ส่วนครู คือ หนังสือ ซึ่งไม่ได้ให้คำตอบตรง ๆ เพียงแต่ชี้แนวทางให้นักเรียนไปคิดหาคำตอบเอง ดังนั้นการเรียนรู้ฟิสิกส์เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนเจอปัญหาแล้วมาอ่านหนังสือจนสามารถแก้ปัญหานั้น ๆ ได้

ในกรณีของมานะ แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของเขาและการอุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของเขามีความสัมพันธ์กันอย่างมาก โดยการอุปมาช่วยขยายหรือทำให้เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของเขาได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Tobin and LaMaster (1995, 241), Stofflett (1996) และ Martinez et al. (2001, 974) ซึ่งมานะได้เน้นให้ครูเป็นผู้ชี้แนะ และนักเรียนเป็นผู้หาคำตอบ โดยไม่รอรับความรู้จากครูเพียงอย่างเดียว ส่วนการเรียนรู้ฟิสิกส์เกิดจากการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน จะเห็นว่ามานะให้ความสำคัญกับบทบาทของนักเรียนในการเรียนรู้จากการปฏิบัติกิจกรรม โดยมีครูเป็นเพียงผู้ชี้แนะ

อย่างไรก็ตามมานะมีแนวคิดว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่แน่นอนตายตัวมีอยู่ในหนังสือหรือในตัวครูดังนี้ "มีคำตอบที่ถูกต้องอยู่แล้วในหนังสือ" หรือ "เขา(นักเรียน)จะได้คำตอบที่เหมือนกับความคิดของเราเอง(ครู)" ซึ่งแนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของนักศึกษาครูที่พบในงานวิจัยของ Lemberger, Hewson and Park (1999) ที่ว่า "ความรู้จากหนังสือและครูเป็นสิ่งที่ถูกต้อง" และสอดคล้องกับแนวคิดของนักศึกษาครูในงานวิจัยของ Nicklos and Walter (1998) ที่ว่า "วิทยาศาสตร์ คือ องค์ความรู้ที่ไม่เคลื่อนไหว การสอน คือ การให้ความรู้ที่ถูกต้องแก่นักเรียน" ซึ่งแนวคิดนี้ขัดแย้งกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of science) เพราะ "ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้" (American

Association for the Advancement of Science; AAAS, 1990) และไม่สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (constructivist theory) เพราะนักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ได้หลากหลายโดยขึ้นอยู่กับพื้นฐานความรู้และประสบการณ์เดิม ดังนั้นนักเรียนจึงไม่จำเป็นต้องมีแนวคิดเดียวซึ่งตรงกับครูเท่านั้น (Airasian & Walsh, 1997)

มานะฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในโรงเรียนเดียวกับมานี ทั้งสองนั่งทำงานในห้องเดียวกับอาจารย์พี่เลี้ยง ก ซึ่งเป็นห้องโสตทัศนศึกษาของโรงเรียน ส่วนอาจารย์พี่เลี้ยง ข ของมานะนั่งอยู่ในห้องหมวดวิทยาศาสตร์ซึ่งอยู่ในชั้นเดียวกัน มานะได้รับมอบหมายจากโรงเรียนให้สอนในวิชาฟิสิกส์บังคับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 ห้อง ใน 4 หัวข้อหลัก คือ บทนำ, การเคลื่อนที่ใน 1 และ 2 มิติ, แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ และชนิดของการเคลื่อนที่ รวมมีคาบสอนทั้งหมด 8 คาบ/สัปดาห์

ในตอนต้นของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู มานะพบกับข้อบีบบังคับ “สอนให้ทัน” ซึ่งคล้ายกับมานี เพราะต้องสอนวิชาฟิสิกส์บังคับซึ่งมีเนื้อหามากในเวลาที่จำกัด ทั้งนี้มักจะมีกิจกรรมหน้าเสาธงมาเบียดเบียนเวลาในการสอนของมานะให้น้อยลง ทำให้เขายิ่งเครียดมากขึ้นเพราะกลัวสอนไม่ทัน เมื่อต้องสอนให้ได้เนื้อหาที่มากในเวลาที่จำกัด มานะจึงเลือกใช้การสอนแบบบรรยายโดยใช้แผ่นใสประกอบเป็นหลัก ดังที่อาจารย์พี่เลี้ยง ข ให้ข้อสังเกตว่า “(มานะ)อธิบายแล้วบอกให้นักเรียนจดตาม ตอนที่ยังไม่ได้ฉายสไลด์หรือแผ่นใส ก็เห็นว่าเขา(มานะ)ไปเรื่อย ๆ เนิบ ๆ เด็กก็จดตาม” ในกรณีนี้เขาได้แนะนำมานะให้สอนโดยเน้นการคิดให้มากขึ้นดังนี้ “ไม่ควรอธิบายมาก ควรให้เด็ก (นักเรียน)คิดเองบ้าง...ถ้าเรามีเวลาก็พิมพ์ชีท(ใบความรู้) แจก ควรเน้นสถานการณ์สร้างแนวคิด อาจจะเสียเวลา บอกจดมากไป” นอกจากคำแนะนำจากอาจารย์พี่เลี้ยง ข แล้ว การที่มานะได้นั่งทำงานห้องเดียวกับอาจารย์พี่เลี้ยง ก ทำให้เขาได้มีโอกาสขอคำแนะนำจากอาจารย์พี่เลี้ยง ก บ่อยครั้ง อีกทั้งยังได้เข้าสังเกตการสอนของมานี ช่วยจัดอุปกรณ์การทดลองและพูดคุยกับมานีเกี่ยวกับการสอนอยู่บ่อยครั้งทำให้เขาเกิดการเรียนรู้จากการสอนของมานี มานะปรับปรุงการสอนจากที่เคยเน้นการบรรยายประกอบแผ่นใสมาเน้นการคิด และการปฏิบัติกิจกรรมหรือการทดลองเพื่อยืนยันกฎเกณฑ์ทางฟิสิกส์มากขึ้น ขั้นตอนหลักในการสอนของมานะ คือ 1) ครูแนะนำเนื้อหาที่จะสอน 2) นักเรียน ทำกิจกรรมหรือการทดลองเพื่อยืนยันกฎเกณฑ์ทางฟิสิกส์ 3) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหา และ 4) นักเรียนทำแบบฝึกหัดและการบ้าน อย่างไรก็ตามสำหรับ เนื้อหาที่ยากหรือเป็นนามธรรม มานะรู้สึกพอใจกับการสอนแบบบรรยายมากกว่าการสอนวิธีอื่น ๆ

ในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู มานะพยายามทดสอบประสิทธิภาพของขั้นตอนการสอน 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ครูแนะนำเนื้อหาก่อน จากนั้นจึงให้นักเรียนทำกิจกรรมหรือการทดลองแล้วสรุปผล และแบบที่ 2 นักเรียนทำกิจกรรมหรือการทดลองก่อน จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหา ซึ่งมานะพบว่า ขั้นตอนการสอนแบบที่ 2 ให้ผลที่น่าพึงพอใจมากกว่า สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่า ในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู นักศึกษาครูพยายามทดลองใช้ทฤษฎีการสอนส่วนตัวและวิธีสอนแบบต่าง ๆ แล้วศึกษาผลที่มีต่อการเรียนรู้ของนักเรียน (Graber, 1995)

มานะให้ความสำคัญกับการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนและการใช้สื่อการเรียนรู้มาก เพราะเขาคิดว่า “การอธิบายและยกตัวอย่างเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดฟิสิกส์ได้ชัดเจน” ซึ่งจากประสบการณ์การสอนของเขาก็สนับสนุนว่า การที่นักเรียนได้ทำการทดลองและใช้อุปกรณ์การทดลองหรือสื่อต่าง ๆ นักเรียนจะเข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้ แทนที่จะเรียนรู้เนื้อหาเพียงอย่างเดียว

มานะยังได้พัฒนาความรู้เกี่ยวกับสื่อการเรียนรู้ด้วย ยกตัวอย่างเช่น ในการทดลองเรื่อง การตกอย่างเสรี มานะเรียนรู้ 1) การลดความคลาดเคลื่อนจากการใช้สื่อ เช่น ควรตะแคงเครื่องเคาะสัญญาณเวลาแทนที่จะวางบนโต๊ะ หรือควรใช้ดินน้ำมันขนาดเท่าใดจึงจะทำให้ช่วงจุดบนกระดาษไม่ชิดกันจนเกินไป หรือ 2) การประยุกต์ใช้สื่อที่มีอยู่ เช่น การใช้ดินน้ำมันแทนถุงทรายเพราะสามารถติดกับกระดาษได้ง่ายกว่า เป็นต้น หรือ 3) ผลของการจัดวางสื่อ เช่น การเปรียบเทียบผลของการจัดวางชุดการทดลอง 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ให้นักเรียนช่วยกันจัดชุดการทดลองเพียงชุดเดียวที่กลางห้อง แล้วให้นักเรียนทุกคนทำการทดลองด้วยกัน และแบบที่ 2 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มจัดชุดการทดลองเองและทำการทดลองเอง ซึ่งเขาพบว่า การจัดวางสื่อทั้งสองแบบมีทั้งข้อดีและข้อด้อย โดยการจัดชุดทดลองเพียงชุดเดียวที่กลางห้องทำให้ครูสามารถช่วยตรวจสอบ ความถูกต้องในการทดลองของนักเรียนได้ง่ายกว่า แต่นักเรียนมีส่วนร่วมน้อย ส่วนการให้นักเรียนแต่ละกลุ่มจัดชุดการทดลองเองนั้นทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมมากขึ้น และมีโอกาสทำการทดลองเอง แต่อาจเกิดข้อผิดพลาด ในการทดลองได้ง่ายกว่า เป็นต้น สำหรับวิธีการที่มานะ ใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน ก็คือ การตรวจแบบบันทึกผลการทดลองและแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง และการสังเกตการทำงานของนักเรียน ซึ่งเขาสังเกตว่านักเรียนบางคนไม่ตั้งใจเรียนรอลอกผล การทดลองหรือแบบฝึกหัดจากเพื่อนเพียงอย่างเดียว

ในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู อาจารย์พี่เลี้ยง ข เข้าสังเกตการสอนของมานะบ่อยครั้ง (แต่ก็ไม่บ่อยเท่าอาจารย์พี่เลี้ยง ก ของมานี) โดยคำแนะนำส่วนใหญ่ที่เขาให้แก่มานะจะเกี่ยวกับการผลิตสื่อการเรียนรู้ เพราะเขาสังเกตว่า มานะไม่ค่อยผลิตสื่อเพื่อใช้ในการสอน ซึ่งเขาแนะนำให้มานะผลิตสื่อง่าย ๆ เช่น โปสเตอร์ รูปภาพ “เพื่อร่นเวลาในการเขียนบนกระดาน” จะเห็นว่าแม้ว่าอาจารย์พี่เลี้ยง ข จะเห็นความสำคัญของการผลิตสื่อการเรียนรู้แต่ก็เน้นประโยชน์ของสื่อการเรียนรู้ในแง่ของการช่วยลดเวลาในการเขียนกระดาน มากกว่าการช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่สอนได้ดียิ่งขึ้น คำแนะนำในด้านอื่น ๆ จากอาจารย์พี่เลี้ยง ข ก็คือ การใช้วิธีสอนที่หลากหลายเพื่อดึงดูดความสนใจของนักเรียน อาทิเช่น

> การสอนแบบหลากหลายยังไม่ค่อยมี ก็จะต้องศึกษาค้นคว้าวิธีการสอน คือ อย่างน้อยต้องมีซัก 4-5 รูปแบบที่ไม่เหมือนกัน แต่นี่เท่าที่ดูยังใช้รูปแบบเดิม ๆ ไม่พบความแปลกใหม่...เขา (มานะ) อธิบายเป็นหลัก ตามหลักวิชาแบบเดิม ๆ การทดลอง ก็อธิบายวิธีการทดลอง เอาอุปกรณ์มาให้ทดลอง คือมันเป็นเรื่องยากที่ทุกคาบจะมีอะไรแปลกใหม่ มันต้องเตรียมเป็นอย่างดีเหมือนการแสดง science show ซึ่งดึงดูดความสนใจของเด็กได้ดี (อาจารย์พี่เลี้ยง ข, สัมภาษณ์)

ก่อนสอนเกือบทุกครั้งมานะจะขอคำแนะนำจากอาจารย์พี่เลี้ยง ข เกี่ยวกับเนื้อหาที่จะสอน เช่น เนื้อหาที่จะสอนถูกต้องหรือไม่ แบบฝึกหัดใช้ได้หรือไม่เท่านั้นเป็นต้น แต่ก็ไม่ค่อยได้อภิปรายถึงวิธีสอนที่จะใช้เท่าใดนัก ซึ่งหากมานะไม่เข้าใจเนื้อหาใดอาจารย์พี่เลี้ยง ข ก็จะแนะนำหนังสือให้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม ทั้งนี้อาจารย์พี่เลี้ยง ข ให้ความสำคัญกับความรู้ในเนื้อหามากเพราะเขาคิดว่า “ความรู้ในเนื้อหาที่แน่นทำให้นักเรียนนับถือและให้ความเคารพครู” ในกรณีของมานะ เขามีความเห็นว่า มานะยังไม่แม่นในเนื้อหาวิชา

อาจารย์พี่เลี้ยง ข ให้คำแนะนำและช่วยเหลือทำให้มานะพัฒนาการสอนขึ้น แต่อาจารย์นิเทศก์ ก ของมานะ (ซึ่งเป็นคนเดียวกับมานี) มาสังเกตการสอนของเขาเพียงครั้งเดียวเท่านั้น (ซึ่งก็เป็นวันเดียวกับที่มาสังเกตการสอนของมานี) ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของวรรณทิพา และภาวิณี (2545) และชาตรี และวรรณทิพา (2548, 159) ที่พบว่า อาจารย์

นิเทศก์ขาดความสม่ำเสมอในการนิเทศและไม่อุทิศเวลาในการให้คำปรึกษาแก่นักศึกษาครู โดยสิ่งที่อาจารย์นิเทศก์ ก แนะนำ ก็คือ ความปลอดภัยในการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า แต่ไม่ได้แนะนำเกี่ยวกับเนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้เลย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Borko and Mayfield (1995, 514) ที่พบว่า อาจารย์นิเทศก์ให้คำแนะนำอย่างผิวเผินไม่ลึกซึ้งถึงการสอนของครูและการเรียนรู้ของนักเรียน สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าอาจารย์นิเทศก์ไม่ได้ตระหนักถึงบทบาทหน้าที่ของตนเอง ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาการสอนของนักศึกษา (Appleton, 2003)

ในตอนท้ายของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู มานะคิดว่า บทบาทของครูในกระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์ คือ ผู้ถ่ายทอด ชี้แนะแนวทาง โดยไม่เน้นเฉพาะ เนื้อหาเพียงอย่างเดียว แต่เน้นการปฏิบัติตัวในสังคมด้วย เช่น ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ เป็นต้น ส่วนบทบาทของนักเรียน คือ ตั้งใจเรียน ทบทวนเนื้อหาล่วงหน้า และทำแบบฝึกหัดด้วยตนเอง มานะคิดว่า การเรียนรู้ฟิสิกส์เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนเกิดความสงสัย แล้วค้นคว้าหาคำตอบและพัฒนาความรู้ ส่วนวิธีสอนที่ประสบความสำเร็จในการสอนฟิสิกส์นั้น มานะคิดว่า “ขึ้นอยู่กับเนื้อหาและสถานการณ์”

มานะอุปมากระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์เสมือนกับ **“แม่นกเลี้ยงลูกนก”** โดยครู คือ แม่นก ที่หาเหยื่อมาป้อนให้ลูกนกกิน สอนลูกนกกางปีกและสอนบิน ส่วนนักเรียน คือ ลูกนกที่ต้องเติบโต หัดกางปีกและหัดบินด้วยตนเองเพื่อออกหาเหยื่อมาเลี้ยงตัวเอง ซึ่งความรู้ ก็คือ เหยื่อ ที่ลูกนกต้องพยายามหาด้วยตนเอง

แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของมานะเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยเมื่อเทียบกับตอนต้นของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู แสดงให้เห็นว่า แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนของครูเปลี่ยนแปลงได้ยาก หรือค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงทีละน้อย (Dana, 1998; Porlan & del Pozo, 2004; Koballa et al., 2005) โดยเขายังคงมีแนวคิดว่า ครู คือ ผู้ชี้แนะ และนักเรียน คือ ผู้หาคำตอบและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยไม่รอรับความรู้จากครูเพียงอย่างเดียว ซึ่งแนวคิดนี้สอดคล้องกับการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางแม้ว่าจะไม่ได้ให้ความสำคัญกับความรู้เดิมของนักเรียนมากนักสำหรับการเรียนรู้ฟิสิกส์นั้น มานะได้เพิ่มเติมว่า การเรียนรู้ฟิสิกส์เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือตอบปัญหาที่ตนสนใจได้ โดยการค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง ทั้งนี้มานะได้เปลี่ยนแปลงแนวคิดเกี่ยวกับวิธีสอนฟิสิกส์ที่ประสบความสำเร็จจากการให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมหรือการทดลองเพื่อยืนยันกฎเกณฑ์ทางฟิสิกส์มาเป็นวิธีสอนที่ขึ้นอยู่กับเนื้อหาและสถานการณ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูทำให้มานะตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิธีสอน เนื้อหาที่สอน และบริบทของการเรียนการสอนมากขึ้น นอกจากนั้น ในกรณีของมานะได้แสดงให้เห็นว่า แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของครูยังมีความสัมพันธ์เป็นอย่างมากกับการปฏิบัติการสอนในห้องเรียน (Bradford & Dana, 1998; Porlan & del Pozo, 2004; Koballa et al., 2005)

เมื่อเทียบกับตอนต้นของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู การอุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของมานะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เพราะเขายังคงเน้นนักเรียนเป็นผู้มีบทบาทในการเรียนรู้ กล่าวคือ นักเรียนเป็นผู้ค้นหาคำตอบจากหนังสือ(เปรียบเสมือนครู) และเป็นผู้หาเหยื่อ(เปรียบเสมือนความรู้)ด้วยตนเอง ในกรณีของมานะจะเห็นว่า การอุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์มีความสัมพันธ์อย่างมากกับแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ และช่วยให้เข้าใจแนวคิดดังกล่าวของครูได้ดียิ่งขึ้น (Tobin & LaMaster, 1995, 241; Stofflett, 1996; Martinez et al., 2001, 974)

กรณีศึกษาของชูใจ

ในตอนต้นของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ชูใจคิดว่า บทบาทของครูในกระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์ คือ ผู้ถ่ายทอดความรู้ ให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาให้มากที่สุด และสามารถนำความรู้ไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันได้ ส่วนบทบาทของนักเรียน คือ รับความรู้ที่ถ่ายทอดมาจากครูและตั้งใจเรียน ชูใจคิดว่าการเรียนรู้ฟิสิกส์ คือ การที่นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติและปฏิบัติกิจกรรมได้ มากกว่าการศึกษาจากหนังสือหรือตำรา ส่วนวิธีสอนที่ประสบความสำเร็จในการสอนฟิสิกส์ คือ ให้นักเรียนคิด มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมหรือการทดลอง และมีความสุข โดยครูถามสิ่งที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน

ชูใจอุปมาการเรียนการสอนฟิสิกส์เสมือนกับ **"การเตะฟุตบอล"** โดยครู คือ ผู้สอนให้นักเรียนเตะฟุตบอล นักเรียน คือ ผู้เตะฟุตบอล ซึ่งต้องเตะอย่างมีทิศทาง กล่าวคือ เตะให้เข้าโกล์ (goal) นั่นก็คือความรู้ทางฟิสิกส์ที่มีแน่นอนอยู่แล้ว เพราะ "ฟิสิกส์เป็นวิชาที่มีอยู่แล้ว fix อยู่แล้ว ไม่สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้ มันตายตัวอยู่แล้ว" ส่วนผลการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ ก็คือ นักเรียนเตะเข้าโกล์ได้ ซึ่งก็คือนักเรียนเกิดความรู้ทางฟิสิกส์นั่นเอง

ชูใจมีแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่เน้นการถ่ายโอนความรู้ (transmission of knowledge) หรือเน้นครูเป็นศูนย์กลางอย่างชัดเจน โดยครู คือ ผู้ถ่ายโอนความรู้ ส่วนนักเรียน คือ ผู้รับความรู้ ถึงแม้ว่าเธอจะมีแนวคิดให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมหรือการทดลองด้วย แต่ในทางปฏิบัติเธอเน้นการสอนแบบบรรยายอย่างชัดเจนซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป นอกจากนั้นจากการอุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ยังแสดงให้เห็นว่า ชูใจมีแนวคิดว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ "fix" หรือตายตัว ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของนักศึกษาครูที่พบในงานวิจัยของ Nicklos and Walter (1998) ซึ่งเป็นแนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพราะ "ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้" (AAAS, 1990)

ชูใจฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในโรงเรียนเดียวกับปิติ ทั้งสองนั่งทำงานในห้องหมวดวิทยาศาสตร์ ชูใจได้รับมอบหมายจากโรงเรียนให้สอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 3 ห้อง และวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน สำหรับนักเรียนสายศิลป์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 ห้อง ใน 3 หัวข้อหลัก คือ การเคลื่อนที่ สนามของแรง และคลื่น รวมมีคาบสอนทั้งหมด 12 คาบ/สัปดาห์

ชูใจประสบปัญหาในการสอนอย่างมากเพราะนักเรียนสายศิลป์ที่เธอสอนมีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ต่ำ และไม่เห็นความสำคัญของการเรียนฟิสิกส์เพราะเป็นวิชาที่ไม่ต้องใช้ในการสอบเข้าศึกษาต่อในมหาวิทยาลัย ทำให้นักเรียนเหล่านี้ไม่ค่อยตั้งใจเรียนและรบกวนชั้นเรียนบ่อยครั้ง ซึ่งนี่เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ชูใจเกิดความท้อแท้ต่อการเป็นครู ดังที่เธอได้สะท้อนว่า

> ปัญหาเยอะมาก ท้อมาก เบื่อทุกวันเลย...รู้สึกไม่อยากสอน ไม่อยากเป็นครูสอน ม.ปลาย แต่บางครั้งก็เลือกไม่ได้...หนู(ชูใจ)ก็พยายามสอนให้เขา(นักเรียน)เข้าใจ คิดว่าเป็นบุญสำหรับเราเรียนไม่เรียนไม่เป็นไร เพราะเด็ก(นักเรียน)ไม่เรียนจริง ๆ เล่นกีตาร์ พอยืดไป เด็กก็จะเกลียดเรา หลัง ๆ ก็เลยยิ้ม ๆ ถ้าไม่อยากให้ยืดต้องเก็บ(กีตาร์)ก่อน พยายามพูดกับเขาให้มากขึ้น แต่ถ้าวันไหนเขาบอกว่า ไม่อยากเรียน แล้วหนูสอนเขา เขาไม่เรียนเลย บางครั้งต้องให้อาจารย์พี่เลี้ยงมาช่วย ห้องนี้เผาโรงเรียนก็เคยทำมาแล้ว ทำให้อาจารย์ประจำชั้นออกไปเรียนต่อ ทำให้อาจารย์ร้องไห้ได้ แล้วยังมีหน้ามาเล่าให้หนูฟัง ...หนูจะเจอห้องอย่างนี้...ดื้อแบบเอาเรื่อง (ชูใจ, สัมภาษณ์)

ดังนั้น การควบคุมชั้นเรียนและการกระตุ้นให้นักเรียนสนใจเรียนฟิสิกส์จึงถือเป็นสิ่งเร่งด่วนสำหรับชูใจ

ชูใจกระตุ้นให้นักเรียนสนใจเรียนฟิสิกส์ โดยการลดความยากของเนื้อหาที่สอนให้พอเหมาะกับความรู้พื้นฐานของนักเรียน และพยายามยกตัวอย่างหรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่นักเรียนคุ้นเคย เช่น สนามไฟฟ้าในจอภาพของโทรทัศน์ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้นและไม่เบื่อ โดยเฉพาะเนื้อหาที่เป็นนามธรรม เช่น สนามไฟฟ้า กัมมันตรังสี พลังงานนิวเคลียร์ ที่ก่อให้เกิดความยุ่งยากในการเรียนรู้ของนักเรียนส่วนใหญ่ นอกจากนั้นชูใจเน้นให้นักเรียนมีความสุขในการเรียน และประยุกต์ความรู้ในการอธิบายสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้

อาจารย์พี่เลี้ยง ค ตระหนักถึงปัญหาการควบคุมห้องเรียนที่เกิดจากนักเรียนสายศิลป์เป็นอย่างดี และแนะนำชูใจว่า “ถ้าเขา(นักเรียน)ไม่อยากเรียน ก็ไม่ต้องสอนอะไรมาก ให้ทำแบบฝึกหัดไปก็พอ” ชูใจจึงแก้ปัญหาการควบคุมชั้นเรียนด้วยการเรียนการสอนแบบเน้นครูเป็นศูนย์กลาง โดยการสอนแบบบรรยายประกอบการใช้แผ่นใส และมีการถามคำถามบ้างเป็นบางครั้ง โดยหน้าที่ของนักเรียน ก็คือ จดข้อมูลที่อยู่บนแผ่นใสลงในสมุด ตอบคำถามครู และทำแบบฝึกหัด การสอนแบบบรรยายโดยใช้แผ่นใสประกอบนี้ ทำให้ห้องเรียนวุ่นวายน้อยลงเพราะมัวแต่ลอกข้อความจากแผ่นใสลงในสมุดของตัวเอง แต่ในอีกทางหนึ่งก็ทำให้นักเรียนไม่สนใจครูและมีนักเรียนหลายคนบ่นว่า “ไม่อยากเขียนเยอะ” ทำให้ชูใจประนีประนอมกับนักเรียนโดยให้เขียนเฉพาะแนวคิดที่สำคัญเท่านั้น ไม่ต้องลอกข้อความที่อยู่บนแผ่นใสทั้งหมด เมื่อนักเรียนบ่นว่า “เขียนเยอะ” ถี่ขึ้นเรื่อย ๆ ชูใจจึงปรับการสอนจากการให้นักเรียนจดตามแผ่นใสมาเป็นให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ ครูอธิบายแนวคิดสำคัญ แล้วนักเรียนทำแบบฝึกหัดที่เน้นสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน สื่อการเรียนรู้อื่น ๆ ที่ชูใจใช้ก็คือ แผนภาพ หรือแผนภูมิต่าง ๆ แต่ก็ไม่สามารถดึงดูดความสนใจของนักเรียนได้เท่าที่ควร สำหรับวิธีวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่เธอใช้ก็คือ การสังเกตการเรียนของนักเรียน และการตรวจใบงานหรือแบบฝึกหัด

ถึงแม้ชูใจจะสอนแบบเน้นครูเป็นศูนย์กลาง แต่เมื่อมีโอกาสได้ลองให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมยกตัวอย่างเช่น ในบทเรียนเรื่องคลื่น เธอให้นักเรียนทดลองสั่นสปริงคลื่นเพื่อแสดงคลื่นสปริงตามขวางและตามยาว เธอพบว่า “นักเรียนสนใจเรียน ตั้งใจสังเกต และตอบคำถาม กิจกรรมนี้ทำให้นักเรียนเป็นนักสังเกตที่ดี และมีความสุขในการเรียน” ถึงแม้ว่าการใช้กิจกรรมปฏิบัติจะมีประโยชน์ดังกล่าว แต่เมื่อใช้กิจกรรมดังกล่าวแล้ว ชูใจควบคุมชั้นเรียนไม่ค่อยได้ และไม่สามารถเชื่อมโยงกิจกรรมที่ทำกับเนื้อหาที่เรียนได้ ทำให้ชูใจพอใจกับการสอนแบบบรรยายเช่นเดิม

ถึงแม้ว่าชูใจจะท้อแท้จากปัญหาการควบคุมชั้นเรียนและการสอนให้นักเรียนสนใจและเข้าใจฟิสิกส์ดังได้กล่าวมาแล้ว แต่การที่อย่างน้อยเธอได้ทำให้นักเรียนสายศิลป์ที่ “ไม่อยากเรียน ไม่สนใจเรียน ไม่เข้าใจฟิสิกส์” เปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น กล่าวคือ “มาเรียน นั่งอยู่ในห้องได้ พยายามจด พยายามตอบ และถามในสิ่งที่ไม่เข้าใจ” สิ่งเหล่านี้ทำให้ชูใจมีกำลังใจมากขึ้นและภูมิใจในความเป็นครู ส่งผลให้เธอสามารถยืนหยัดอยู่ในห้องเรียนได้ ดังที่อาจารย์พี่เลี้ยง ค ยืนยันว่า

> เขา(ชูใจ)สามารถอยู่ในห้องเรียนได้ คือ เด็กของเรา ยอมรับอยู่อย่างหนึ่งว่ามีปัญหาเรื่องความเรียบร้อย ความเจี๊ยวจ๊าวเป็นปกติ เขา(ชูใจ)อยู่ได้ ก็ยอมรับจุดหนึ่งว่า เขามีความอดทน มีความรักในหน้าที่ของตนเอง ที่จะทำงานต่อไป อันนี้เราต้องให้กำลังใจ...ถึงแม้เขามาทำเพื่อคะแนน แต่เขาก็สู้...แสดงความไม่ย่อท้อ... ต่อสู้ในหน้าที่ (อาจารย์พี่เลี้ยง ค, สัมภาษณ์)

อาจารย์พี่เลี้ยง ค ไม่ค่อยได้สังเกตการสอนของชูใจในห้องเรียนเท่าใดนักซึ่งแตกต่างจากอาจารย์พี่เลี้ยง ก และ ข ทั้ง ๆ ที่การสังเกตการสอนถือเป็นหน้าที่หลักอย่างหนึ่งของอาจารย์พี่เลี้ยง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชาตรี และวรรณทิพา (2548, 159) ที่พบว่า อาจารย์พี่เลี้ยงเข้าสังเกตการสอนไม่สม่ำเสมอ โดยวิธีการหลักที่อาจารย์พี่เลี้ยง ค ใช้ก็คือ การเดินผ่านห้องที่ชูใจสอน คอยเงี่ยหูฟังว่าเธอสอนเรื่องอะไรหรือเนื้อหาอะไร และคอยสังเกตว่าบรรยากาศในห้องเรียนเป็นอย่างไรบ้าง หากคาบไหนที่ชูใจควบคุมห้องเรียนไม่ได้ อาจารย์พี่เลี้ยง ค ก็จะเข้ามาช่วยเหลือ

> ส่วนใหญ่ผม(อาจารย์พี่เลี้ยง ค) ใช้วิธีเดินผ่านจะไม่นั่งจับเจ่า...เพราะการไปนั่งจับเจ่า เหมือนกับการจับผิด ท่าทางที่ควรจะเป็นธรรมชาติมันก็ไม่มี คนเราพอโดนนั่งมอง เราจะไม่เป็นธรรมชาติในห้องเรียนอยากให้เป็นอิสระ มีอะไรก็พูดกับเด็ก(นักเรียน)ไป แต่ถ้ามันหนักหนาปั๊บ อยากให้ช่วยอะไรก็บอกกัน ผมได้ยินตลอด ไม่ต้องเข้าไปนั่ง เขา(ชูใจและนักเรียน)พูดอะไรผมได้ยินตลอด...(อาจารย์พี่เลี้ยง ค, สัมภาษณ์)

อาจารย์พี่เลี้ยง ค อภิปรายกับชูใจบ้างเป็นบางครั้งเกี่ยวกับเนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนรู้ การจัดการชั้นเรียน และความมั่นใจในการสอน โดยเขาบอกว่า จุดอ่อนของชูใจ ก็คือ ความรู้ในเนื้อหาไม่ค่อยแน่น สอนเนื้อหาแต่ผิวเผิน ขาดความมั่นใจในการสอน และควบคุมชั้นเรียนไม่ค่อยได้ ซึ่งเขาบอกว่าการพัฒนาสิ่งเหล่านี้ต้องการเวลาและความตั้งใจจริง อย่างไรก็ตาม อาจารย์พี่เลี้ยง ค มีความเห็นว่า ชูใจได้พัฒนาขึ้นมากเมื่อเทียบกับตอนต้นของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู เพราะ “แรก ๆ เขา(ชูใจ)จะตื่นเต้นมาก เวลาสอนหรือยืนอยู่หน้าชั้นเรียน แต่ตอนนี้ค่อย ๆ พัฒนาขึ้น เขายืนอยู่ในห้องเรียน ห้องเรียนที่มีแต่นักเรียนที่มีความรู้น้อย นักเรียนเกเรได้ และสอนด้วยความอดทนและความรัก”

ตลอดการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู สิ่งที่อาจารย์พี่เลี้ยง ค เน้นเป็นอย่างมากสำหรับชูใจก็คือ กำลังใจในการทำงาน ซึ่งเขาถือว่าเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการพัฒนาสิ่งอื่น ๆ ที่จะตามมา อาทิ การสอน

> เรา(อาจารย์พี่เลี้ยง)ก็เอ็นดู อยากให้กำลังใจเขา(ชูใจ)มากกว่า ขอให้พยายามปรับตัวให้ได้ก่อน ...อยากให้เขามีกำลังใจที่จะสู้งานก่อน...ถ้ามีกำลังใจในการทำงาน มันก็พัฒนาได้...ถ้ากำลังใจดี สมองก็จะ bright พอสมอง bright การถ่ายทอดความรู้ของเขาก็จะดีขึ้น พัฒนาขึ้น (อาจารย์พี่เลี้ยง ค, สัมภาษณ์)

แต่สิ่งที่อาจารย์พี่เลี้ยง ค ไม่ค่อยได้กล่าวถึง คือ วิธีสอน เพราะเขาคิดว่า “วิธีสอน(ชูใจ)ต้องเรียนมาจากมหาวิทยาลัยแล้ว เป็นหน้าที่ของมหาวิทยาลัย” นอกจากนั้นเขายังคิดว่า การเสนอแนะสิ่งต่าง ๆ ให้แก่นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูเป็นการแทรกแซงการสอน เพราะนักศึกษาต้องตัดสินใจสิ่งเหล่านั้นด้วยตนเอง ซึ่งสิ่งเหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่า อาจารย์พี่เลี้ยง ค ยังไม่เข้าใจบทบาทในฐานะอาจารย์พี่เลี้ยงของตนเองดีพอทำให้อาจารย์พี่เลี้ยงมีบทบาทน้อยมากในการพัฒนาการสอนของนักศึกษาครู (Borko & Mayfield, 1995, 574) ซึ่งแท้ที่จริงแล้วอาจารย์พี่เลี้ยงมีบทบาทสำคัญมากต่อการพัฒนาการสอนของนักศึกษาครู (ฒามรา, 2524, 4-5 อ้างใน วรรณทิพา และภาวิณี, 2545, 107)

ตลอดการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู อาจารย์นิเทศก์ ข ไม่เคยมาสังเกตการสอนของชูใจเลยแม้แต่ครั้งเดียว ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของวรรณทิพา และภาวิณี (2545) และชาตรี และวรรณทิพา (2548, 159) ที่พบว่า อาจารย์นิเทศก์ขาดความสม่ำเสมอ ในการนิเทศและไม่อุทิศเวลาในการให้คำปรึกษาแก่นักศึกษาครู เมื่อสอบถามไปก็ได้รับคำตอบ

ว่า “เพราะงานยุ่งมาก มีงานเร่งด่วนในวันที่จะออกสังเกตการสอน จึงเลือกใช้การนิเทศก์ทางโทรศัพท์แทน” สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าอาจารย์นิเทศก์ไม่ได้ตระหนักถึงบทบาท หน้าที่ของตนเอง ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาการสอนของนักศึกษา (Appleton, 2003) นอกจากนั้นยังแสดงให้เห็นถึงการขาดการประสานงานระหว่างมหาวิทยาลัยกับโรงเรียนหรือระหว่างอาจารย์นิเทศก์กับอาจารย์พี่เลี้ยง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชาตรี และวรรณทิพา (2548, 159) ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้อาจารย์พี่เลี้ยง ค ไม่ค่อยพอใจ และบ่นว่า “ผมไม่มีโอกาสได้พบกับอาจารย์นิเทศก์เพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิดและประสบการณ์ระหว่างกันเลย โดยเฉพาะอย่างยิ่งทำอย่างไรให้ทฤษฎีที่เรียนในมหาวิทยาลัยมาสู่การปฏิบัติในห้องเรียนได้”

ในตอนท้ายของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ชูใจคิดว่า บทบาทของครูในกระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์ คือ ถ่ายทอดความรู้ให้นักเรียนเข้าใจ ปฏิบัติได้ อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน และแก้ปัญหาได้ อีกทั้งจัดกิจกรรมให้นักเรียนอยากเรียนโดยยกตัวอย่างในชีวิตประจำวันให้มากที่สุด ส่วนบทบาทของนักเรียน คือ รับความรู้ที่ถ่ายทอดมาจากครู ทำความเข้าใจ และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน เพราะถ้านักเรียนไม่รู้ว่าจะนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร ก็จะไม่เห็นความสำคัญของฟิสิกส์ ทำให้ไม่อยากเรียนฟิสิกส์ ดังนั้นนักเรียนต้องมีเจตคติที่ดี ชูใจคิดว่า การเรียนรู้ฟิสิกส์เกิดขึ้นเมื่อครูถ่ายทอดความรู้แล้วนักเรียนรับความรู้นั้น ถ้านักเรียนไม่รับความรู้การเรียนรู้ก็จะไม่เกิดขึ้น ส่วนวิธีสอนที่ประสบความสำเร็จในการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดของชูใจ คือ สอนให้นักเรียนนึกถึงชีวิตประจำวันให้มากที่สุด นักเรียนต้องรู้มากกว่าทฤษฎี เพราะฟิสิกส์เป็นเรื่องที่ยากนักเรียนไม่ค่อยเข้าใจและไม่ค่อยคิดตาม

ชูใจอุปมาการเรียนการสอนฟิสิกส์เสมือนกับ **“การเปิดประตูสู่โลกกว้าง”** โดยครู คือ ผู้ยื่นกุญแจให้เพื่อเปิดประตูสู่โลกกว้าง ซึ่งมีความรู้ทางฟิสิกส์มากมายรออยู่ นักเรียน คือ ผู้รับกุญแจเพื่อเปิดประตูสู่โลกกว้าง ซึ่งนักเรียนบางคนไม่ยอมเปิดประตู เหมือนกับนักเรียนบางคนที่ไม่อยากเรียน ไม่อยากศึกษาค้นคว้า แม้ว่าครูจะพยายามยื่นกุญแจให้สักเท่าใด ก็จะขออยู่แต่ข้างในห้อง ไม่รู้ว่าข้างนอกมีอะไรเกิดขึ้นบ้าง ส่วนนักเรียนบางคนก็พยายามจะขอกุญแจเพื่อเปิดประตูให้ได้ ถึงแม้ว่าครูจะไม่ค่อยได้ให้ความสนใจเท่าใดนักก็ตาม

แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของชูใจยังคงเป็นการเรียนการสอนแบบถ่ายโอนความรู้โดยมีครูเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอนเช่นเดียวกับตอนต้นของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู แสดงให้เห็นว่า แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนของครูเปลี่ยนแปลงได้ยาก หรือค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงทีละน้อย (Dana, 1998; Porlan & del Pozo, 2004; Koballa et al., 2005) โดยเธอมีแนวคิดว่า ครู คือ ผู้ถ่ายทอดความรู้ และนักเรียน คือ ผู้รับความรู้ ซึ่งสอดคล้องกับการปฏิบัติการสอนในห้องเรียนของเธอ ในกรณีของชูใจจะเห็นว่าแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของครูมีความสัมพันธ์อย่างมากกับการปฏิบัติการสอนในห้องเรียน (Bradford & Dana, 1998; Porlan & del Pozo, 2004; Koballa et al., 2005) ซึ่งปัจจัยสำคัญอันหนึ่งที่สนับสนุนให้แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนที่เน้นครูเป็นศูนย์กลางของชูใจคงอยู่ก็คือประสิทธิภาพของการสอนแบบบรรยาย โดยใช้แผ่นใสประกอบในการควบคุมห้องเรียนนักเรียนสายศิลป์ที่ไม่สนใจเรียนฟิสิกส์และรบกวนชั้นเรียนบ่อยครั้ง แม้ว่าเธอจะเคยทดลองให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมแต่ก็ไม่ได้ผลที่น่าพึงพอใจในแง่ของการควบคุม ชั้นเรียน อย่างไรก็ตามชูใจก็ได้เน้นการใช้บริบทในชีวิตประจำวันของนักเรียนในการเรียนการสอนมากขึ้น

ในตอนท้ายของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู การอุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของชูใจเปลี่ยนจาก “การเตะฟุตบอล” เป็น “การเปิดประตูสู่โลกกว้าง” ซึ่งเน้นการเรียนการสอนแบบถ่ายโอนความรู้

อย่างชัดเจนโดยครู คือ ผู้ให้กุญแจ (ซึ่งก็คือวิธีการนำไปสู่ความรู้) ส่วนนักเรียน คือ ผู้รับกุญแจ ซึ่งการอุปมาดังกล่าวของเธอสัมพันธ์กับแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ ในกรณีของชูใจแสดงให้เห็นว่าการอุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนของครูมีความสัมพันธ์กับแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอน และช่วยให้เข้าใจแนวคิดดังกล่าวของครูได้ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น (Tobin & LaMaster, 1995, 241; Stofflett, 1996; Martinez et al., 2001, 974) อย่างไรก็ตามชูใจได้เน้นความสำคัญของนักเรียนในกระบวนการเรียนการสอนมากขึ้น กล่าวคือ นักเรียนเป็นผู้กำหนดเงื่อนไขของการเรียนรู้ว่า จะเกิดขึ้นได้หรือไม่ เช่น นักเรียนจะรับ "กุญแจ" ที่ครูยื่นให้หรือไม่ เป็นต้น

กรณีศึกษาของปิติ

ในตอนต้นของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ปิติมีแนวคิดว่า บทบาทของครูในกระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์ คือ ทำให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตจริง โดยครู คือ ผู้แนะนำ กระตุ้น และสั่งสอนนักเรียน ส่วนบทบาทของนักเรียน คือ ผู้รับที่ดีและให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม เขาคิดว่า การเรียนรู้ฟิสิกส์เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนนำความรู้ไปใช้ได้ เช่น ใช้แก้ไขปัญหาได้ สำหรับวิธีสอนที่ประสบความสำเร็จในการสอนฟิสิกส์นั้นเขาคิดว่าคือ วิธีสอนที่ทำให้นักเรียนเรียนรู้และสนใจเรียน ซึ่งมีอยู่หลายวิธี เช่น การบอกจด การใช้แผ่นใส ใบความรู้ แบบจำลอง หรือสถานการณ์รอบตัว โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วม

ปิติอุปมาการเรียนการสอนฟิสิกส์เสมือนกับ **"การงมเข็มในมหาสมุทร"** โดยครู คือ ผู้งมหาเข็ม ซึ่งเข็มก็คือความสำเร็จในการเรียนของนักเรียน ส่วนนักเรียน คือ มหาสมุทรที่โอบอุ้มเข็มหรือความสำเร็จเอาไว้

แนวคิดเกี่ยวกับบทบาทของครูและนักเรียนในกระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์ของปิติค่อนข้างจะขัดแย้งกันในตัว เพราะถึงแม้ปิติมีแนวคิดว่า ครูเป็นผู้แนะนำสั่งสอน แต่ก็เน้นให้นักเรียนเป็นผู้รับความรู้ ทำให้เกิดความไม่แน่ใจว่าปิติเน้นครูหรือนักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอนกันแน่ แต่การอุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของปิติแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า เขาเน้นครูเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอนเพราะบทบาทในการเรียนการสอนส่วนใหญ่อยู่ที่ครู (ครูคือผู้งมเข็ม) นอกจากนั้นการอุปมาดังกล่าวยังสะท้อนเจตคติของเขาเกี่ยวกับการสอนฟิสิกส์ว่า เป็นสิ่งที่ยากลำบากและต้องใช้ความพยายามเป็นอย่างสูง ในกรณีของปิติ จะเห็นว่าการอุปมาช่วยขยายหรือทำให้เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของครูได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Tobin and LaMaster (1995, 241), Stofflett (1996) และ Martinez et al. (2001, 974)

ปิติได้รับมอบหมายจากโรงเรียนให้สอนวิชาวิทยาศาสตร์และวิชาโครงงานอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 ห้อง และสอนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน สำหรับนักเรียนสายศิลป์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 ห้อง ใน 3 หัวข้อหลัก คือ การเคลื่อนที่ สนามของแรง และพลังงานนิวเคลียร์ รวมมีคาบสอนทั้งหมด 14 คาบ/สัปดาห์ ซึ่งถือว่ามากเกินไปสำหรับนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่ควรมีคาบสอนไม่เกิน 12 คาบ/สัปดาห์ ตลอดการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ปิติมักถูกอาจารย์พี่เลี้ยงตักเตือนเกี่ยวกับการทำหน้าที่ประธานสโมสรนักศึกษาคณะครุศาสตร์ของเขาที่ทำให้มีเวลาในการเตรียมการสอนน้อย และยังแสดงท่าทีอิดโรยโดยมักฟุบหลับบ่อยครั้งในห้องพักครู

สถานการณ์การสอนของปิติคล้ายกับชูใจมาก เพราะเขาต้องสอนนักเรียนสายศิลป์ที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ต่ำและไม่เห็นความสำคัญของการเรียนฟิสิกส์ ทำให้ไม่ตั้งใจเรียนและรบกวนชั้นเรียนบ่อยครั้ง ดังนั้นปิติจึงลดความยากของเนื้อหาลงโดยสอนแค่แนวคิดพื้นฐานในแต่ละเรื่อง และใช้การสอนแบบบรรยายประกอบการใช้แผ่นใสเป็นหลัก โดยครูนำเสนอเนื้อหา

ด้วยแผ่นใสและถามคำถาม ส่วนนักเรียนจดข้อมูลและตอบคำถาม วิธีการดังกล่าวทำให้ห้องเรียนสงบลง เพราะนักเรียนมัวแต่ยุ่งกับการจดข้อมูลที่อยู่บนแผ่นใส และทำแบบฝึกหัดหรือใบงานมากกว่าการรบกวนชั้นเรียน ถ้าเห็นนักเรียนคุยกันเสียงดังเมื่อใดปิติก็จะชวนคุยนอกเรื่องเพื่อดึงความสนใจของนักเรียน

ปิติได้ทดสอบประสิทธิภาพของขั้นตอนการสอน 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ครูบรรยายโดยใช้แผ่นใส นักเรียน เขียนแนวคิดสำคัญลงในสมุด แล้วทำแบบฝึกหัด และแบบที่ 2 ครูแจกใบความรู้ นักเรียนศึกษาใบความรู้ แล้วทำแบบฝึกหัด เขาพบว่าขั้นตอนการสอนแบบที่ 1 ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า เพราะเมื่อครูแจกใบความรู้แล้วนักเรียนไม่อ่านก็มักจะเล่นกับเพื่อนหรือส่งเสียงดัง ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Graber (1995) ที่พบว่า ในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู นักศึกษาครูมีทฤษฎีการสอนส่วนตัวและพยายามทดลองใช้วิธีสอนแบบต่าง ๆ แล้วศึกษาผลที่มีต่อการเรียนรู้ของนักเรียน จากการสอนทั้งสองแบบดังกล่าวจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ปิติเน้นครูเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน ดังที่อาจารย์พี่เลี้ยงได้วิจารณ์ว่า

> (ปิติ)คุมเด็กดีขึ้น แต่แรก ๆ ก็ป่วน โดนนักเรียนป่วน ตอนนี้ก็บรรยากาศการเรียนการสอนก็ดีขึ้น ตอนแรก ๆ จะเห็นว่านักเรียนเล่นกันมาก ตอนนี้เขาก็ควบคุมชั้นเรียนดีขึ้น เสียงดังฟังชัด ถึงแม้ว่าวิธีสอนอาจยังไม่ได้ดีเท่าที่ควร ไม่ได้ให้เด็กมีส่วนร่วม เท่าที่สังเกตค่อนข้างจะเน้นครูเป็นศูนย์กลาง...(อาจารย์พี่เลี้ยง ง, สัมภาษณ์)

ซึ่งการที่ปิติสอนโดยเน้นครูเป็นศูนย์กลางเช่นนี้ อาจารย์พี่เลี้ยงกลับเห็นว่า “เป็นวิธีการที่เหมาะสมแล้วในการสอนนักเรียนสายศิลป์” เหตุผลอีกประการหนึ่งที่ทำให้ปิติพอใจกับการสอนแบบบรรยายโดยเน้นครูเป็นศูนย์กลาง ก็คือ มีอยู่ครั้งหนึ่งที่เขาสังเกตห้องเรียนของชูใจที่มีการให้นักเรียนทำการทดลอง เขาพบว่าห้องเรียนวุ่นวาย นักเรียนไม่ตั้งใจทำกิจกรรม ครูควบคุมชั้นเรียนไม่ได้ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ทำให้เขาตัดสินใจไม่ใช้การทดลองในการสอนเลย

จุดมุ่งหมายในการสอนของปิติ คือ ให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาและเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้ ซึ่งเขาไม่ได้มุ่งหวังให้นักเรียน “ทำได้ 100% เต็ม แค่ใช้ในการทำข้อสอบก็พอใจแล้ว” ถึงแม้ปิติจะเห็นคุณค่าของการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย แต่เขาก็ใช้สื่อหลักไม่กี่ชนิด เช่น แผ่นใส ใบความรู้ ใบงาน เขาเคยคิดจะใช้แบบจำลองในการสอน แต่ก็ไม่ได้ทำเพราะ “ไม่มีเงิน ไม่มีเวลา” และเขาคิดว่าแค่ใช้แผ่นใส “ก็ OK แล้ว” ซึ่งอาจารย์พี่เลี้ยง ง บอกว่า นี่เป็นจุดอ่อนของเขา ส่วนวิธีที่ปิติใช้ในการวัดและประเมิน ผลการเรียนรู้ของนักเรียน คือ การสอบกลางภาคและปลายภาค และการตรวจแบบฝึกหัดหรือการบ้าน สำหรับหัวข้อที่ยากต่อการเรียนรู้ของนักเรียนนั้น ปิติคิดว่าเป็นหัวข้อที่เป็นนามธรรม เช่น สนามไฟฟ้า เพราะนักเรียนต้องใช้จินตนาการสูง

ปิติบอกว่า เขาไม่ได้อยากเป็นครูตั้งแต่แรกเพราะเขา “อาจจะเป็นครูที่ดีไม่ได้” และแรงจูงใจที่จะเป็นครูนั้นยังถูกบั่นทอนโดยนักเรียนสายศิลป์ที่สอน อย่างไรก็ตามในตอนท้ายของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ปิติบอกว่า เขามีเจตคติที่ดีขึ้นต่อการเป็นครูฟิสิกส์ และรักวิชาฟิสิกส์มากขึ้น

อาจารย์พี่เลี้ยง ง ไม่ค่อยได้สังเกตการสอนของปิติในห้องเรียนเท่าใดนักซึ่งแตกต่างจากอาจารย์พี่เลี้ยง ก และ ข ทั้ง ๆ ที่การสังเกตการสอนเป็นหน้าที่หลักอย่างหนึ่งของอาจารย์พี่เลี้ยง โดยวิธีการที่เธอใช้คล้ายกับอาจารย์พี่เลี้ยง ค กล่าวคือ การเดินผ่านและเงี่ยหูฟัง ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของชาตรี และวรรณทิพา (2548, 159) ที่พบว่า อาจารย์พี่เลี้ยงเข้าสังเกตการสอนไม่สม่ำเสมอ

คำแนะนำหลักที่อาจารย์พี่เลี้ยง ง ให้แก่ปิติ คือ ปริมาณเนื้อหาในการสอน และการสร้างสัมพันธภาพที่ดีระหว่างครูและนักเรียน

> จะเน้นให้เขา(ปิติ)มีเนื้อหาที่ให้กับนักเรียน นักเรียนต้องได้เนื้อหาพอสมควร ประสบการณ์ที่ผ่านมานักศึกษาบางรุ่นจะชวนนักเรียนคุย ได้เนื้อหาน้อย แต่ก็จะไม่บอกเขา(ปิติ)ตรง ๆ แต่จะแนะนำว่า ลองใช้ใบงานนี่ซิ ใบความรู้นี่ซิ ให้เน้นความเป็นกันเองกับนักเรียนอย่าเครียดมาก เพราะถ้าเครียด นักเรียนจะ anti (ต่อต้าน)... อย่างไรก็ตามเนื้อหาต้องเต็มที่หน่อย (อาจารย์พี่เลี้ยง ง, สัมภาษณ์)

อย่างไรก็ตามอาจารย์พี่เลี้ยง ง บอกว่า เธอไม่ค่อยได้แนะนำปิติเกี่ยวกับเนื้อหาฟิสิกส์มากนักเพราะเธอถนัดทางชีววิทยามากกว่า และไม่ค่อยให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีสอนแก่ปิติ ซึ่งคล้ายกับอาจารย์พี่เลี้ยง ค เพราะเธอคิดว่า "ปิติได้พัฒนาด้านนี้(ด้านวิธีสอน)มาเรียบร้อยแล้วตั้งแต่อยู่ในมหาวิทยาลัย" และเธอไม่ต้องการจะวิจารณ์อะไรมากมายเกี่ยวกับการสอนของปิติ เพราะไม่ต้องการให้เขายอมแพ้หรือล้มเลิกความตั้งใจที่จะเป็นครู สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้แสดงว่า อาจารย์พี่เลี้ยง ง ไม่เข้าใจบทบาทของตนเองในฐานะอาจารย์พี่เลี้ยงดีพอ ทำให้อาจารย์พี่เลี้ยงมีบทบาทน้อยมากในการพัฒนาการสอนของนักศึกษาครู (Borko & Mayfield, 1995, 574) ซึ่งแท้ที่จริงแล้วอาจารย์พี่เลี้ยงมีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาการสอนของนักศึกษาครู (ฒามรา, 2524, 4-5 อ้างใน วรรณทิพา และภาวิณี, 2545, 107)

ตลอดการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู อาจารย์นิเทศก์ ข ของปิติ (ซึ่งเป็นคนเดียวกับชูใจ) ไม่เคยมาสังเกตการสอนของเขาเลยแม้แต่ครั้งเดียว ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของวรรณทิพา และภาวิณี (2545) และชาตรี และวรรณทิพา (2548, 159) ที่พบว่า อาจารย์นิเทศก์ขาดความสม่ำเสมอในการนิเทศและไม่อุทิศเวลาในการให้คำปรึกษาแก่นักศึกษาครู สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าอาจารย์นิเทศก์ไม่ได้ตระหนักถึงบทบาทหน้าที่ของตนเอง ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาการสอนของนักศึกษาครู (Appleton, 2003) นอกจากนั้นยังแสดงให้เห็นถึงการขาดการประสานงานระหว่างมหาวิทยาลัยกับโรงเรียนหรือระหว่างอาจารย์นิเทศก์กับอาจารย์พี่เลี้ยง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชาตรี และวรรณทิพา (2548, 159)

ในตอนท้ายของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ปิติมีแนวคิดว่า บทบาทของครูในกระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์ คือ เข้าใจธรรมชาติของฟิสิกส์ว่าเป็นสิ่งที่ยาก จึงต้องทำให้นักเรียนเข้าใจว่าฟิสิกส์เกี่ยวข้องกับชีวิตของนักเรียน และนักเรียนสามารถนำไปใช้ได้ ส่วนบทบาทของนักเรียน คือ กระตือรือร้น รับรู้สิ่งแปลกใหม่ และตั้งใจเรียน ปิติคิดว่า การเรียนรู้ฟิสิกส์เกิดจากการที่นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งต่าง ๆ ได้ลงมือทำ ได้เห็นของจริง ได้คิด ซึ่งจะทำให้เข้าใจและจำได้นาน ส่วนวิธีสอนที่ประสบความสำเร็จในการสอนฟิสิกส์ คือ "การเขียนบนไวท์บอร์ด แล้วให้นักเรียนจดตาม เหมือนการสอนกวดวิชา"

ปิติอุปมาการเรียนการสอนฟิสิกส์เสมือนกับ **"การพายเรือ"** โดย นักเรียน คือ ผู้พายเรือ เพื่อไปให้ถึงฝั่งซึ่งมีความรู้รออยู่ โดยต้องพยายามพายด้วยตนเอง และบังคับทิศทางเอง ส่วนครู คือ หางเสือคอยช่วยควบคุมทิศทางของเรือให้ไปถึงฝั่ง นำความรู้กลับมาให้ได้

แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของปิติเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยเมื่อเทียบกับตอนต้นของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู แสดงให้เห็นว่า แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนของครูเปลี่ยนแปลงได้ยากหรือค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงทีละน้อย (Dana, 1998; Porlan & del Pozo, 2004; Koballa et al., 2005) โดยปิติเพิ่มเติมว่า ครูต้องเข้าใจธรรมชาติของวิชาฟิสิกส์ว่าเป็นวิชาที่ยาก จึงต้องพยายามเชื่อมโยงเนื้อหากับชีวิตประจำวันของนักเรียนและเน้นการนำไปใช้เพื่อให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการเรียนวิชาฟิสิกส์ ซึ่งแนวคิดนี้สอดคล้องกับการปฏิบัติการสอนในห้องเรียนของเขา

(Bradford & Dana, 1998; Porlan & del Pozo, 2004; Koballa et al., 2005) แต่เขายังคงเน้นให้นักเรียนเป็นผู้รับความรู้เช่นเดิม และเพิ่มเติมว่า นักเรียนต้องมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ สำหรับแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ฟิสิกส์นั้น จากที่เขามีแนวคิดว่าการเรียนรู้ฟิสิกส์เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาได้ เขาได้เพิ่มเติมว่า การเรียนรู้ฟิสิกส์เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับการเรียนการสอน

เมื่อเทียบกับตอนต้นของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู การอุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของปิติเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย กล่าวคือ ปิติเน้นให้นักเรียนมีบทบาทในการเรียนการสอนมากขึ้น โดยเป็นผู้ควบคุมทิศทางการเรียนรู้ของตนเอง (เปรียบเสมือนการพายเรือและบังคับหางเสือด้วยตนเอง) สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่า การอุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนของครูมีความสัมพันธ์กับแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอน และช่วยให้เข้าใจแนวคิดดังกล่าวของครูได้ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น (Tobin & LaMaster, 1995, 241; Stofflett, 1996; Martinez et al., 2001, 974)

ความสัมพันธ์ระหว่างกรณีศึกษา

ผลการวิจัยพบว่า แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของกลุ่มตัวอย่างมีความสัมพันธ์อย่างมากกับการปฏิบัติการสอนในห้องเรียน และการอุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของกลุ่มตัวอย่างช่วยขยายหรือทำให้เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ได้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของกลุ่มตัวอย่างสามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนแบบเน้นการบรรยาย (Lecture-driven) ซึ่งชูใจและปิติจัดอยู่ในกลุ่มนี้ และแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนแบบเน้นการปฏิบัติกิจกรรม (Activitiy-driven) ซึ่งมานีและมานะจัดอยู่ในกลุ่มนี้ ซึ่งแนวคิดทั้งสองกลุ่มนี้สอดคล้องกับแนวคิดเกี่ยวกับการสอนโดยการถ่ายโอนเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ (Teaching as the transmission of scientific content) และแนวคิดเกี่ยวกับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมที่ครูจัดให้ (Teaching as a set of manipulative activities) ที่พบในงานวิจัยของ Gallagher (1993 cited in Porlan & del Pozo, 2004) ตามลำดับ โดยจะเห็นว่าแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ทั้งสองกลุ่มแบ่งออกตามบริบทของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูของกลุ่มตัวอย่างอย่างชัดเจน

บริบทของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูส่งผลอย่างมากต่อแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของกลุ่มตัวอย่าง และการนำแนวคิดดังกล่าวมาสู่การปฏิบัติการสอนในห้องเรียน กล่าวคือ ในบริบทของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูของมานีและมานะ ทั้งสองได้รับคำแนะนำและการช่วยเหลือสนับสนุนอย่างต่อเนื่องจากอาจารย์พี่เลี้ยง ก และอาจารย์พี่เลี้ยง ข ทำให้มานีและมานะสามารถจัดการกับข้อบีบบังคับ “สอนให้ทัน” ได้ และมีโอกาสนำแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่เน้นการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนมาสู่การปฏิบัติการสอนในห้องเรียน ส่วนในบริบทของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูของชูใจและปิติ ลักษณะของนักเรียนสายศิลป์ที่สอนซึ่งไม่สนใจเรียนและรบกวนห้องเรียนบ่อยครั้งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ทั้งคู่มีแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่เน้นการบรรยายถ่ายทอดเนื้อหา เพราะเป็นวิธีสอนที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมห้องเรียน โดยที่อาจารย์พี่เลี้ยง ค และ ง ก็ยอมรับวิธีสอนดังกล่าว อีกทั้งไม่ค่อยให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับวิธีสอนเพราะถือว่าชูใจและปิติเรียนมาแล้วจากมหาวิทยาลัย สิ่งนี้แสดงถึงความไม่เข้าใจบทบาทในฐานะอาจารย์พี่เลี้ยง ซึ่งมีหน้าที่หลักอย่างหนึ่งก็คือ ช่วยให้นักศึกษาครูพัฒนาทักษะการสอน

ผลการวิจัยนี้ยังแสดงให้เห็นความไม่เข้าใจในบทบาทของอาจารย์นิเทศก์ต่อการพัฒนาการสอนของนักศึกษาครู และการขาดการประสานงานระหว่างมหาวิทยาลัยกับโรงเรียนหรือระหว่างอาจารย์นิเทศก์กับอาจารย์พี่เลี้ยง โดยตลอดการฝึกประสบการณ์

วิชาชีพครู อาจารย์นิเทศก์ ก มาสังเกตการสอนของมานีและมานะเพียงครั้งเดียว และให้คำแนะนำที่ผิวเผิน ไม่เจาะลึกถึงเนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ และการเรียนรู้ของนักเรียน ส่วนอาจารย์นิเทศก์ ข ไม่มาสังเกต การสอนของชูใจและปิติเลย

ตลอดการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูจะเห็นว่า แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ของกลุ่มตัวอย่าง เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยโดยเพิ่มความซับซ้อนมากขึ้น และให้ความสำคัญต่อการเรียนรู้ของนักเรียนและบทบาทของนักเรียนในกระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์ มากขึ้น นอกจากนั้นพบว่า ในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่กล่าวคือ มานี มานะ และปิติ ทดลองใช้วิธีสอนแบบต่าง ๆ แล้วสังเกตผลที่เกิดขึ้นต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ส่วนมานะ และชูใจ มีแนวคิดว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ตายตัว ซึ่งแนวคิดดังกล่าวขัดแย้งกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้มานะมีแนวคิดว่า ความรู้ที่ถูกต้องมีอยู่ในหนังสือหรือตัวครู

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. เนื่องจากแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนของครูมีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติการสอนในห้องเรียน ดังนั้น สถาบันการผลิตครูควรให้ความสนใจและศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนของนักศึกษาครู และหาแนวทางส่งเสริมให้นักศึกษาครูพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนที่พึงประสงค์ อาทิเช่น การเรียนการสอนแบบเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งเป็นไปตามเจตนารมณ์ของการปฏิรูปการเรียนรู้

2. ในการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนของนักศึกษาครู ควรให้นักศึกษาครูอุปมาเกี่ยวกับการเรียนการสอนด้วยเพื่อช่วยขยายหรือทำความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น

3. อาจารย์พี่เลี้ยงและอาจารย์นิเทศก์มีบทบาทสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการนำแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนสู่การปฏิบัติในห้องเรียน การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนที่พึงประสงค์ และการปฏิบัติการสอนในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูของนักศึกษาครู ดังนั้น

3.1 ควรคัดเลือกอาจารย์พี่เลี้ยงและจัดอาจารย์นิเทศก์ที่มีความรับผิดชอบ มีความรู้ในเนื้อหาวิชา มีแนวคิดและวิธีสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง มีทักษะการสอน และร่วมกันให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องของนักศึกษาครู

3.2 อาจารย์พี่เลี้ยงและอาจารย์นิเทศก์ควรเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้มีส่วนร่วมที่กระตือรือร้น (active participant) ในการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู เช่น การสาธิตการสอนให้นักศึกษาครูดู การท้าทายแนวคิดความเชื่อ หรือการปฏิบัติของนักศึกษาครู (McDiarmid, 1990 cited in Borko & Mayfield, 1995, 516) นอกจากนั้น ควรมีบทบาทเป็นที่ปรึกษาของการเป็นครูดีมีฝีมือ และการถ่ายทอดลักษณะครูที่ดี (วรรณทิพา และภาวิณี, 2545, 105)

4. เพื่อส่งเสริมการนำทฤษฎีจากมหาวิทยาลัยไปสู่การปฏิบัติในห้องเรียนและสร้างความเข้าใจในบทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบที่มีต่อการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ควรมีการประสานงานที่ดีระหว่างมหาวิทยาลัยกับโรงเรียนที่เป็นแหล่งฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู เช่น ควรมีการประชุมทำความเข้าใจระหว่างอาจารย์นิเทศก์และอาจารย์พี่เลี้ยงเกี่ยวกับเนื้อหาและวิธีการนิเทศ หรือการสัมมนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างอาจารย์นิเทศก์ อาจารย์พี่เลี้ยง และนักศึกษาครูเกี่ยวกับการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

เอกสารอ้างอิง

ชาตรี ฝ่ายคำตา และวรรณทิพา รอดแรงค้า. (2548). ปัญหาการฝึกประสบการณ์วิชาชีพของนักศึกษาโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.).

วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, 11(2), 151-164.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และภาวิณี ศรีสุขวัฒนานันท์. (2545). ปัญหาการฝึกประสบการณ์วิชาชีพของนิสิตสาขา การสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. **วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์**, 23, 104-117.

Airsian, P.W. & Walsh, M.E. (1997). Constructivist cautions. **Phi Delta Kappan**, (February), 444-449.

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1990). **Project 2061: Science for All Americans.** New York: Oxford University Press.

Appleton, K. (2003). How do beginning primary school teachers cope with science? Toward an understanding of science teaching practice. **Research in Science Education**, 33, 1-25. (Online). Available: http://80-web14.epnet.com.ezproxy.waikato.ac.nz:2048/citation.asp?tb=1

Borko, H. & Mayfield, V. (1995). The roles of the cooperating teacher and university supervisor in learning to teach. **Teaching and Teacher Education**, 5, 501-518.

BouJaoude, S. (2000). Conceptions of science teaching revealed by metaphors and by answers to open-ended questions. **Journal of Science Teacher Education**, 11(2), 173-186.

Bradford, C.S. & Dana, T.M. (1998). **Changes in prospective science teachers' conceptions and practices during field experiences.** Paper presented at the Annual Meeting of National Association for Research in Science Teaching (NARST), Sandiego.

Dana, T.M. (1998). **Creating dissonance in prospective teachers' conceptions of teaching and learning science.** Paper presented at the Annual Meeting of National Association for Research in Science Teaching (NARST), Sandiego.

Glaser, B.G. & Strauss, A.L. (1967). **The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research.** Chicago, Illinois: Aldine Publishing Company.

Graber, K.C. (1995). The influence of teacher education programs on the beliefs of student teachers: General pedagogical knowledge, pedagogical content knowledge, and teacher education course work. **Journal of Teaching in Physical Education**, 14, 157-178.

Koballa, T.R., Glynn, S.M., Upson, L. & Coleman, D.C. (2005). Conceptions of teaching science held by novice teachers in an Alternative Certification Program. **Journal of Science Teacher Education**, 16, 287-308.

Lemberger, J., Hewson, P.W. & Park, H. (1999). Relationships between prospective secondary teachers' classroom practice and their conceptions of biology and of teaching science. **Science Education**, 83, 347-371.

Lincoln, Y.S. & Guba, E.G. (1985). **Naturalistic Inquiry.** California: Sage publications.

Martinez, M.A., Sauleda, N. & Huber, G.L. (2001). Metaphors as blueprints of thinking about teaching and learning. **Teaching and Teacher Education**, 17, 965-977.

Mellado, V. (1998). The classroom practice of preservice teachers and their conceptions of teaching and learning science. **Science Education**, 82, 197-214.

Nickles, D. & Walter, D. (1998). **Practitioners' research: changes in preservice elementary teachers' conceptions about science and science teaching and learning.** Paper presented at the Annual Meeting of National Association for Research in Science Teaching (NARST), Sandiego.

Office of the National Education Commission (ONEC). (2001). **Learning reform: A learner centred approach.** ONEC: Bangkok.

Porlan, R. & del Pozo, R.M. (2004). The conceptions of in-service prospective primary school teaches about the teaching and learning of science. **Journal of Science Teacher Education,** 15(1), 39-62.

Stofflett, R.T. (1996). Metaphor development by secondary teachers enrolled in graduate teacher education. **Teaching and Teacher Education,** 12(6), 577-589.

Sturman, A. (1997). Case study methods. In J.P. Keeves (ed.), **Educational research, methodology, and measurement: An international handbook** (pp.61-66). Cambridge: Cambridge University Press.

Tobin, K. & LaMaster, S.U. (1995). Relationships between metaphors, beliefs, and actions in a context of science curriculum change. **Journal of Research in Science Teaching,** 32(3), 225-242.

This article was downloaded by: *[Buaraphan, Khajornsak]*
On: *16 June 2011*
Access details: *Access Details: [subscription number 938696206]*
Publisher *Routledge*
Informa Ltd Registered in England and Wales Registered Number: 1072954 Registered office: Mortimer House, 37-41 Mortimer Street, London W1T 3JH, UK

International Journal of Science Education
Publication details, including instructions for authors and subscription information:
http://www.informaworld.com/smpp/title~content=t713737283

Metaphorical Roots of Beliefs about Teaching and Learning Science and their Modifications in the Standard-Based Science Teacher Preparation Programme

Khajornsak Buaraphan[a]
[a] Institute for Innovative Learning, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand

First published on: 15 December 2010

To cite this Article Buaraphan, Khajornsak(2011) 'Metaphorical Roots of Beliefs about Teaching and Learning Science and their Modifications in the Standard-Based Science Teacher Preparation Programme', International Journal of Science Education, 33: 11, 1571 — 1595, First published on: 15 December 2010 (iFirst)
To link to this Article: DOI: 10.1080/09500693.2010.528462
URL: http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2010.528462

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE

Full terms and conditions of use: http://www.informaworld.com/terms-and-conditions-of-access.pdf

This article may be used for research, teaching and private study purposes. Any substantial or systematic reproduction, re-distribution, re-selling, loan or sub-licensing, systematic supply or distribution in any form to anyone is expressly forbidden.

The publisher does not give any warranty express or implied or make any representation that the contents will be complete or accurate or up to date. The accuracy of any instructions, formulae and drug doses should be independently verified with primary sources. The publisher shall not be liable for any loss, actions, claims, proceedings, demand or costs or damages whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with or arising out of the use of this material.

International Journal of Science Education
Vol. 33, No. 11, 15 July 2011, pp. 1571–1595

Routledge
Taylor & Francis Group

RESEARCH REPORT

Metaphorical Roots of Beliefs about Teaching and Learning Science and their Modifications in the Standard-Based Science Teacher Preparation Programme

Khajornsak Buaraphan*
Institute for Innovative Learning, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

Beliefs are psychological constructs potentially driving a teacher to make pedagogical decisions and act. In this study, the metaphor construction task (MCT) was utilised to uncover beliefs about teaching and learning science held by 110 pre-service science teachers participating in the standard-based teacher preparation programme. Overall, the participants' dominant metaphor categories were teacher as nurturer/cultivator, as knowledge provider, and as superior authoritative figure. The findings from descriptive comparisons did not show meaningful patterns of metaphors in association with the factors of gender, study major, or class level. The MCT, incorporated with in-depth interviews, revealed that out of 30 volunteers, more than half expressed a major change of metaphor after one semester's participation in the standard-based programme. The major path of metaphor change was from the teacher as nurturer/cultivator to the teacher as knowledge provider. Pre-service teachers' beliefs are metaphorically rooted and culturally influenced. The implications regarding the utilisation of MCT, modification of teacher beliefs, and science teacher education are also discussed.

Keywords: *Metaphor; Teacher beliefs; Teaching and learning; Teacher education; Pre-service science teacher*

Introduction

One of the significant stages in the process of learning to teach science takes place in science teacher preparation programmes. According to constructivism, individuals

*Institute for Innovative Learning, Mahidol University, 999 Phuttamonthon 4 Road, Nakhon Pathom 73170, Thailand. Email: ilkhajornsak@mahidol.ac.th

ISSN 0950-0693 (print)/ISSN 1464-5289 (online)/11/111571–25
© 2011 Taylor & Francis
DOI: 10.1080/09500693.2010.528462

are not blank slates; they come into teacher education with perspectives, knowledge, and beliefs constructed from past experiences. Numerous studies reiterate a wide range of beliefs about teaching and learning held by pre-service science teachers at different stages in teacher education. Whatever these beliefs are, they strongly impact pre-service teachers in interpreting and constructing perspectives and meanings for becoming science teachers, and, finally, for acting in classrooms. The important tasks for science teacher educators are, therefore, to identify pre-service science teachers' existing beliefs about teaching and learning and to utilise those beliefs as stepping stones to help them become effective science teachers.

Becoming a science teacher in Thailand now is more difficult than in the past. Since 2003, a teaching career has been officially accepted as a highly qualified profession according to Section 43 of the Teacher and Educational Personnel Act B.E. 2546 (Secretariat of the Cabinet, 2003). A prospective science teacher must be completely qualified with knowledge, professional experience, and ethics standards. Only a qualified person has the right to obtain a teacher professional licence (TPL), which allows him or her to legally teach in public schools. According to the Regulations of Teacher Professional Licence B.E. 2547 (National Teacher Council, 2004), prospective science teachers are required to have at least one-year experience in school. This requirement obliges teacher education agencies nationwide to revise their teacher programmes by extending student teaching from one semester to two semesters, which leads to the extension of teacher education from four to five years.

The occurrence of standard-based science teacher preparation programmes is an interesting phenomenon. However, a study of the impact of such programmes on prospective science teachers' beliefs about teaching and learning science is still limited. The central focuses of this study were to explore pre-service science teachers' beliefs about teaching and learning, which were revealed through their metaphors, and to study the impact of one semester's participation in the standard-based programme on their metaphor modifications.

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

Theoretical Underpinnings

Beliefs about Teaching and Learning

Beliefs are regarded as psychological constructs, including understanding, assumptions, images, or propositions a person feels to be true (Green, 1971; Kagan, 1992; Richardson, 1996) and that have a significant relation to personal, episodic, and emotional experiences (Nespor, 1987). Importantly, beliefs function as a filter that a person uses to interpret derived experience and to guide decision-making and subsequent action (Pajares, 1992).

Whether consciously or not, pre-service teachers bring a variety of beliefs with them into their teacher education. These beliefs have developed as a result of personal experiences both in and out of school (Kagan, 1992; Nespor, 1987). In particular, beliefs about teaching and learning can be classified according to extant studies into two major groups, that is, teacher-centred and student-centred. The

main characteristic of teacher-centred beliefs is knowledge transmission; a teacher delivers content to students through lectures, and students memorise that content. In contrast, student-centred beliefs emphasise knowledge construction; a teacher manages the appropriate learning environment and students construct their own knowledge. The proportion of teacher-centred and student-centred beliefs held by teachers are diverse according to context (Hancock & Gallard, 2004; Levitt, 2001; Tsai, 2002; Van Driel, Bulte, & Verloop, 2007; Weber & Mitchell, 1996).

Throughout teacher education, some teaching and learning beliefs held by pre-service teachers may be challenged and modified, whereas others may be left untouched. Science teacher educators are responsible for eliciting pre-service teachers' teaching and learning beliefs and utilising such beliefs as starting points for further professional development. However, eliciting pre-service teachers' beliefs is difficult due to the nested nature of beliefs.

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

Nested Nature of Beliefs

Beliefs are complex and are nested within belief systems. Each belief system may consist of several belief clusters (Green, 1971). People tend to order their beliefs into clusters. Teachers, for example, may cluster general education with domain-specific beliefs (Van Driel et al., 2007). Green (1971) asserted that one person's belief clusters are, more or less, isolated from those of others. Unlike knowledge systems, belief systems do not require a general consensus. Some teachers may apparently hold conflicting belief clusters within the same belief system or combine beliefs from different clusters to form their belief systems. Many teachers seize both teacher-centred and student-centred beliefs and utilise them in different teaching situations (Gipps & McCallum, 1999; Van Driel et al., 2007).

Bryan (2003) illustrated the nestedness of Barbara's belief systems and its influences on her classroom practice. Barbara held two incompatible nests of teaching beliefs: Nest A included didactic, teacher-centred beliefs, whereas Nest B included conceptual learning-centred beliefs. Her classroom practice was predominantly guided by Nest A, yet her vision of practice was largely inspired by Nest B. Barbara's conflict of belief nests led to teacher tensions that could be resolved by gaining more professional experience and striving to reconcile belief discrepancies (Bryan, 2003; Simmons et al., 1999). Resolving a teacher's belief conflict means empowering the teacher (Briscoe, 1991).

The literature suggests metaphor construction as one effective method to unearth the complexity of beliefs about teaching and learning that are deeply rooted and nested in prospective teachers' belief systems. The following section describes the characteristics, importance, and implications of metaphor in teacher education.

Metaphors as Root Beliefs about Teaching and Learning

A metaphor represents a linkage between two dissimilar ideas (concrete and abstract) or the projection of one schema (a source domain of the metaphor) onto

another schema (a target domain of the metaphor) (Lakoff & Johnson, 1980). The metaphor acts as a lens or a filter through which something is viewed, and it becomes a mental model for thinking about it in light of something else (Saban, Kocbeker, & Saban, 2007). People tend to understand their world through metaphors, which relate complex phenomena to something previously experienced. As Lakoff and Johnson (1980) stated, people seek out their personal metaphors to 'make coherent our own pasts, our present activities, and our dreams, hopes, and goals as well. A large part of self-understanding is the search for appropriate metaphors that make sense of our lives' (p. 233).

Metaphors convey richness of meanings, for example, mood, control, roles, attitudes, and beliefs that are deeply rooted in individual minds (Gurney, 1995). People sometimes hold on to metaphors, which lie beneath the surface of awareness, and use them as a frame to define experience (Hardcastle, Yamamoto, Parkay, & Chan, 1985). Accordingly, an examination of an individual's metaphors can reveal his or her tacit beliefs, mental models, cultures, and inner worldviews which literal language cannot articulate (Gurney, 1995; Moser, 2000). As Abusson and Webb (1992) found, elementary teachers verbally described their teaching and learning beliefs as student-centred, but the vast majority of their teaching metaphors were teacher-centred. Interestingly, there were only a few teachers who recognised the inconsistency of their beliefs expressed through literal language and metaphor.

Metaphors are a powerful cognitive tool for gaining holistic insights into student teachers' professional thinking (Saban et al., 2007; Tobin & Tippins, 1996). Requiring student teachers to construct teaching metaphors may help them to reveal their root beliefs about teaching and learning, to recognise the relationship between them, and to understand their complexity (Leavy, McSorley, & Bote, 2007).

Written metaphors alone may not be sufficient to understand such complex constructs as beliefs. The use of metaphor drawing can fulfil the belief elicitation task because it can express a drawer's elusive, ineffable beliefs, and their contradictions (Weber & Mitchell, 1996). It can also track the drawer's belief modifications (Hancock & Gallard, 2004). Teacher educators can ask pre-service teachers either to choose metaphor drawings from a list (see Ben-Peretz, Mendelson, & Kron, 2003) or to freely draw their own metaphors (see Weber & Mitchell, 1996).

Modifications of Beliefs about Teaching and Learning

Pre-service teachers enter teacher preparation programmes with their own nest of well-established beliefs about teaching and learning that are firm and resistant to change (Abusson & Webb, 1992; Joram & Gabriele, 1998; Weinstein, 1990; Zeichner & Gore, 1990). Pajares (1992) asserted that 'teachers' beliefs generally are not easy to change, even when, based on opposing evidence, it is logical or necessary for them to do so' (p. 317). To change belief systems requires a 'conversion or gestalt shift' rather than sound reasoning (Nespor, 1987, p. 321). Changing teachers' beliefs appears to be a difficult task for teacher educators. In this case, the word 'modification' may be a more appropriate description than 'change'.

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

Beliefs may vary according to their ease of modification. Within a specific belief system, some beliefs may be more central than others; the more central the belief, the more difficult to modify (Rokeach, 1968). The beliefs guiding practice are also hard to modify because they are developed over a lifetime of experiences both in and out of school. In Briscoe's (1991) case study, Brad accepted the metaphor of a teacher as a giver of information for over 40 years and stated, 'it is a hard thing to let go of' (p. 196). Also, when a particular belief cluster changes, it may impact others. For example, changing teachers' beliefs about teaching and learning science may be a prerequisite for changing their beliefs about science, or vice versa (Tsai, 2002).

There were several attempts to modify pre-service teachers' beliefs about teaching and learning that took place in various characteristics and settings such as an educational psychology course (Joram & Gabriele, 1998), an introductory education course (Weinstein, 1990), a methods course and student teaching (Hancock & Gallard, 2004; Uzuntiryaki, Boz, Kirbulut, & Bektas, 2010), an intervention project (Meirink, Meijer, Verloop, & Bergen, 2009), an intervention programme (McDevitt, Heikkinen, Alcorn, Ambrosio, & Gardner, 1993), a teacher preparation programme (Abusson & Webb, 1992), and throughout the career span (Ng, Nicholas, & Williams, 2010).

Those studies asserted that beliefs about teaching and learning are, to some extent, stable and resistant to change. There were two possible directions of belief modification, from teacher-centred to student-centred beliefs, or vice versa (Hancock & Gallard, 2004; Weinstein, 1990). The basic principles to facilitate teachers to modify their beliefs include the following: (1) making teachers' beliefs explicit and taking them into account when designing intervention (Joram & Gabriele, 1998); (2) awakening teachers to be aware of their traditional beliefs, to consider and value alternative beliefs, and to project themselves into those beliefs (Briscoe, 1991); (3) requiring teachers to immerse in a student-centred learning environment (McDevitt et al., 1993; Uzuntiryaki et al., 2010); (4) diminishing false feedback and encouraging critical reflection and corrective feedback concerning classroom observations of self and others (Joram & Gabriele, 1998); (5) collaborative working with peers in exchanging teaching methods and experiences, experimenting and evaluating alternative pedagogical strategies (Meirink et al., 2009); and (6) providing direct classroom experiences to bring about a new understanding of teaching, learning, and students (Alger, 2009).

Teacher Beliefs and Classroom Practice

Beliefs are mental constructions of experience that potentially guide a person's intentions for action (Hancock & Gallard, 2004) and drive his or her behaviour (Richardson, 1996; Sigel, 1985). Accordingly, beliefs are accepted as the most important determinant of human behaviour (Brown & Cooney, 1982). Human beliefs and behaviour possibly interact in an ongoing way and change in a reciprocal way (Guskey, 1986; Levitt, 2001). Nespor (1987), Samuelowicz and Bain (2001),

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

Bryan (2003), and Levitt (2001) supported the linkage between teachers' beliefs and classroom practice. That is, beliefs about teaching and learning strongly influence teachers when they interpret pedagogical knowledge, organise and conceptualise pedagogical tasks, and finally enact their pedagogical decisions.

Similarly, several studies (Briscoe, 1991; Buaraphan, 2007; Hardcastle et al., 1985; Martinez, Sauleda, & Huber, 2001) reported the relationship between teachers' metaphors and classroom practice. Metaphors exert powerful influences on teachers in their planning and thinking about teaching and learning. They also affect the way that teachers instruct in multiple environments. Thus, metaphors incompatible with the reform movement can impede the functioning of teachers in line with the reform. That is, teachers who view their roles as a giver of knowledge cannot function consistently with reform emphasising students to take the responsibility for their own learning (Briscoe, 1991).

Some studies, however, argued that the relationships between teachers' beliefs or metaphors and classroom behaviour were not clear-cut. Mellado, Bermejo, Blanco, and Ruiz (2007), Simmons et al. (1999), and Uzuntiryaki et al. (2010) found that many teachers held student-centred beliefs but enacted the teacher-centred pedagogy with little pupil participation. Lederman (1992) suggested that situational factors possibly interfered with teachers when they tried to transfer their teaching and learning beliefs into classroom practice. School and classroom cultures and curriculum could influence teachers, especially novice teachers, when they made pedagogical decisions and judgements (Briscoe, 1991; Mellado et al., 2007; Munby, Cunnigham, & Lock, 2000; Tobin & Tippins, 1996). Some teachers came into their classrooms with student-centred beliefs, but the reality of the school and classroom environment compelled them to use teacher-centred approaches, which were effective for classroom control and congruent with school norms (Briscoe, 1991). The amount of work required by the national curriculum and tests additionally influenced teachers to utilise a transmission mode more frequently (Gipps & McCallum, 1999).

Teachers' beliefs are widely regarded as a determinant of teachers' classroom behaviour and a factor for promoting the translation of innovative ideas into practice (Waters-Adams, 2006). Accordingly, identifying pre-service teachers' beliefs about teaching and learning potentially lead teacher educators to understand how and why they teach (Nespor, 1987). Importantly, helping pre-service teachers to cultivate teaching and learning beliefs in line with the reform movement may contribute to the success of the reform.

Standard-Based Science Teacher Preparation Programme

Thailand lies at the heart of Southeast Asia and has a population of approximately 65 million. According to the Basic Education Curriculum B.E. 2544 (Ministry of Education, 2001), basic education in Thailand includes 12 years of study that are divided into four major levels: Level 1 (Grades 1–3), Level 2 (Grades 4–6), Level 3 (Grades 7–9), and Level 4 (Grades 10–12). Teacher education in Thailand was

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

officially established in 1892. Subsequently, a number of teacher education institutes were expanded to meet an urgent demand for teachers. However, this effort was concentrated on the quantity rather than the quality of teachers. At the present time, there is wide concern for the quality of teachers and teacher education.

In 2003, the Thai government proclaimed the Teacher and Educational Personnel Act B.E. 2546 (Secretariat of the Cabinet, 2003). 'Teaching' is officially stated in the Section 43 of the Act as a 'highly-qualified profession'. To be a teacher in basic education means to be fully qualified in accordance with the knowledge, professional experience, and ethics standards consisting of language and technology, curriculum development, teaching, psychology, measurement and evaluation, classroom management, educational research, educational technology and innovation, and teacher conduct standards. Only a qualified person has the right to hold a TPL, which legally allows him or her to be a teacher in public schools. The process of delivering, holding, and maintaining the teacher licence was subsequently proclaimed in 2004 by the Regulations of Teacher Professional Licence B.E. 2547 (National Teacher Council, 2004).

The Act and Regulations are bringing about many significant changes in Thai teacher education. Teacher preparation agencies nationwide have revised their programmes to ensure that all prospective teachers are completely qualified according to the standards and requirements. Regarding the school experience requirement, each prospective teacher must complete at least one year (360 hours) of experience in school that partially includes at least 210 hours of experience in classroom teaching. To serve this requirement, science teacher preparation programmes have extended student teaching from one semester to two semesters, and this has subsequently led to the extension of teacher education from four to five years. In general, during the first four years, pre-service teachers are required to take courses in science, education, and teaching methods and to gain experiences in classroom observation and participation. In the final year, they must perform student teaching in schools. Additionally, they must select specific problems faced in the first semester and conduct classroom action research to solve these problems in the second semester.

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

The Study

The Setting

This study was conducted in the first semester of the 2008 academic year at a university located in the centre of Thailand. The institution is a large, well-known university that was established in 1904. This university is one of several institutions that initiated the standard-based teacher preparation programme in 2008. There are four study majors relating to science teacher education: biology, chemistry, physics, and general science. For graduation, pre-service science teachers require at least 164 total credits: general education (30 credits), teaching profession (51 credits), specific courses (77 credits), and free elective (six credits).

The First Phase of the Study

The study was divided into two main phases. The first phase was conducted at the beginning of the first semester of 2008 academic year. The purposes of this phase were as follows: (1) to explore the participants' metaphors that used to describe their beliefs about teaching and learning science; and (2) to reveal the possible relationships between the participants' metaphors and their class level, gender, and study major. The participants were 110 pre-service science teachers, who were asked to complete a metaphor construction task (MCT), shown in the Appendix.

The MCT incorporates a metaphor drawing task (see Weber & Mitchell, 1996) and a written metaphor task (see Leavy et al., 2007) to strengthen the belief elicitation task. A number of extant studies (e.g., BouJaoude, 2000; Leavy et al., 2007; Martinez et al., 2001; Massengill, Barry, & Mahilos, 2008; Massengill, Mahilos, & Barry, 2005; Saban et al., 2007; Weber & Mitchell, 1996) have reported validity and effectiveness of both tasks in exploring respondents' beliefs about teaching and learning. The pilot tests were conducted with 10 undergraduate student teachers, 12 graduate student teachers, and 11 science teachers who attended the courses and workshop taught by the author. Participants took approximately 45 minutes to complete the MCT. The interviews conducted after the completion of the MCT revealed a correspondence between these respondents' written and drawn metaphors and their verbal explanations. These results presented the clarity and validity of the MCT in exploring respondents' beliefs about teaching and learning science.

Thirty participants, who volunteered to further participate in the second phase of the study, were interviewed in order to explore their belief metaphors in depth. The interview questions aimed to clarify the ambiguities that existed in the MCT. The guiding questions were: 'Which part in your metaphor or drawing represents teachers (or learners or the teaching-learning process)? Why?' and 'Do you have anything else to clarify or add in your metaphor?' The data from the interviews were significant for helping to track the volunteers' metaphor changes.

In data analysis, each metaphor was considered for its validity. The invalid metaphors were those that: (1) provided plain description without mention of a metaphor; (2) mentioned a metaphor without provision of its rationale; (3) were unclear and difficult to place under specific clear category; and (4) were idiosyncratic (Saban et al., 2007). The invalid metaphors would have been eliminated from the pool of metaphors; however, all metaphors constructed by the participants in this study were valid. This confirmed the clarity of the MCT. In addition, individuals' drawings and written responses were compared and judged by their correspondence. In this study, there was no mismatch between the participants' drawings and their written responses. After that, 10 metaphor categories proposed by Saban et al. (2007) were utilised for the framework of coding. Each metaphor was constantly read and coded into a metaphor category. The coding process led to the modification of extant metaphor categories shown in Table 1.

The modifications included: (1) changing Code 4.02 ship captain to captain/driver; (2) adding cookbook and glass into Codes 1.08 and 1.11, respectively; and

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

Table 1. Metaphor categories of teaching and learning science

Category	Metaphor	Teaching and learning
1. Teacher as knowledge provider (student as passive recipient of knowledge)	1.01 Sun, 1.02 Candle, 1.03 Tree/Fruit tree, 1.04 Light, 1.05 Flower, 1.06 Computer user, 1.07 Television, 1.08 Book/ Cookbook, 1.09 Pen, 1.10 Spring, 1.11 Jug/Glass, 1.12 Fountain, 1.13 Rain, 1.14 Writer/Poet, 1.15 Shopkeeper, 1.16 Buddha, 1.17 Sky, 1.18 Wind, 1.19 Food, 1.20 Cook	• Teaching is transmission of knowledge from teacher to students. • Learning occurs when students accumulate knowledge transmitted from teacher.
2. Teacher as moulder/ craftsperson (student as raw materials)	2.01 Sculptor, 2.02 Painter, 2.03 Constructor, 2.04 Baker, 2.05 Potter, 2.06 Honeybee, 2.07 Cook, 2.08 Jeweller, 2.09 Tailor, 2.10 Carpenter, 2.11 Architect, 2.12 Miner, 2.13 Weaver, 2.14 Ironworker, 2.15 Contractor, 2.16 Technician, 2.17 Mill, 2.18 Factory, 2.19 Garland maker	• Teaching is producing students as socially useful products. • Learning occurs when students change as teachers intended.
3. Teacher as curer/ repairer (student as defective individual)	3.01 Doctor, 3.02 Medicine, 3.03 Mechanic	• Teaching is diagnosing and fixing students' errors or deficiencies. • Learning occurs when students' errors or deficiencies are fixed.
4. Teacher as superior authoritative figure (student as absolute compliant)	4.01 Shepherd, 4.02 Captain/ Driver, 4.03 Locomotive, 4.04 Brain, 4.05 Vehicle, 4.06 Life, 4.07 Earth, 4.08 Rod, 4.09 Chef, 4.10 Container	• Teaching is totally controlled by teacher. • Learning occurs when students follow instruction.
5. Teacher as change agent (student as object of change)	5.01 Fashion designer, 5.02 Scriptwriter, 5.03 Laundryman	• Teaching is changing students' lives for society's future. • Learning occurs when students are transformed as envisions.
6. Teacher as entertainer (student as conscious observant)	6.01 Actor/Actress, 6.02 Stand-up comedian, 6.03 Magician, 6.04 Sportsman	• Teaching is acting for fun and to break down students' affective domain barriers. • Learning occurs when students have fun, pay attention, and participate in activities.
7. Teacher as counsellor (student as significant other)	7.01 Parent, 7.02 Friend, 7.03 Psychologist, 7.04 Companion	• Teaching is advising students to be emotional and psychological well-beings. • Learning occurs when students take advantage from advice.

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

Table 1. (*Continued*)

Category	Metaphor	Teaching and learning
8. Teacher as nurturer/ cultivator (student as developing organism)	8.01 Gardener, 8.02 Farmer, 8.03 Soil, 8.04 Chameleon, 8.05 Parent	• Teaching is nourishing student potential capabilities within caring environment. • Learning occurs when students develop in their own paces.
9. Teacher as facilitator/scaffolder (student as constructor of knowledge)	9.01 Compass, 9.02 Lighthouse, 9.03 North star, 9.04 Flashlight, 9.05 Traffic signs, 9.06 Taxi driver, 9.07 Road map, 9.08 Torch, 9.09 Bridge, 9.10 Ladder, 9.11 Oil	• Teaching is scaffolding student. • Learning occurs when students construct their own knowledge.
10. Teacher as cooperative/ democratic (student as active participant in community of practice)	10.01 Tour guide, 10.02 Coach, 10.03 Conductor, 10.04 Co-actor/Co-actress	• Teaching is coordinating learning activities in classroom. • Learning occurs when teacher and students collaborate in construction of knowledge together.

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

(3) adding the emerging metaphors of 1.16 Buddha, 1.17 sky, 1.18 wind, 1.19 food, 1.20 cook, 2.18 factory, 2.19 garland maker, 4.05 vehicle, 4.06 life, 4.07 earth, 4.08 rod, 4.09 chef, 4.10 container, 5.03 laundryman, 6.03 magician, 6.04 sportsman, 8.05 parent, 9.11 oil, and 10.04 co-actor/co-actress. It must be noted that similar code names could appear in different metaphor categories, such as 'parent', which appeared in Codes 7.01 and 8.05 and 'cook', which appeared in Codes 1.20 and 2.07. This situation occurred because in these instances, they expressed different teaching and learning beliefs. For example, a teacher as 'parent' metaphor in the teacher as counsellor category (Code 7.01) emphasises the major role of a parent (teacher) in providing advice to his or her child (student). However, a teacher as 'parent' metaphor in the teacher as nurturer/cultivator category (Code 8.05) emphasises the major role of a parent in raising essential capabilities in a child within a caring environment.

Three science educators, who graduated with PhDs in science education and were fluent in both Thai and English languages, were asked to independently code all metaphors into the modified categories. The experts were informed that they could assign an individual metaphor into only one category and could not leave any metaphor out. After coding was completed, the experts considered the language issue, regarding both the translation from Thai to English and vice versa. The meeting was conducted with all of the experts to resolve any disagreements according to coding and language. Finally, the inter-rater reliability of metaphor coding was established by using the Miles and Huberman (1994) formula, for example,

Reliability = Agreement/(Agreement + Disagreement). The inter-rater reliability of metaphor coding in this phase was 0.95. Miles and Huberman suggested that inter-coder agreement in qualitative data analysis should approach or exceed 0.90. The frequencies and percentages of the metaphors in each category were counted and calculated, respectively. Finally, the frequencies of those metaphors were compared across the participants' gender, class level, and study major.

The Second Phase of the Study

The second phase was conducted at the end of the first semester of the 2008 academic year. The main purpose of this phase was to track how, and to what extent, the volunteers changed their metaphors after one semester's participation in the standard-based programme. The volunteers were requested to complete the MCT and to participate in individual interviews with the same set of questions mentioned earlier.

The procedure from the first phase was employed to analyse the metaphors in the second phase. The inter-rater reliability (Miles & Huberman, 1994) established by three experts in the second phase was 0.92. The frequencies and percentages of the metaphors in each category were counted and calculated, respectively. Also, the metaphors constructed by each participant at the beginning and at the end of the semester were compared, and the changes were classified into four main characteristics. That is, when the participant retained the same metaphor, metaphor category, and metaphor description, he or she was categorised as 'no change'. 'Minor change' meant that the participant held the same metaphor and metaphor category but changed their metaphor description. 'Moderate change' meant that the participant changed his or her metaphor and metaphor description, but they were coded in the same metaphor category. When the participant changed his or her metaphor, metaphor category, and metaphor description, he or she was, then, characterised as 'major change'. In the final stage, the frequency of each characteristic of metaphor change was counted.

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

Results and Discussion

Results and Discussion Emerging from the First Phase of the Study

Background of participants. There were 110 pre-service science teachers who participated in the first phase. A majority of the participants (82.73%) were female. The participants' ages ranged from 18 to 24 years old. Specifically, about one-third of them (34.55%) were 19 years old. The numbers of the participants in the first, second, third, fourth, and fifth years were 28 (25.45%), 17 (15.45%), 22 (20%), 19 (17.17%), and 24 (21.82%), respectively. Nearly half of the participants (43.90%) had studied biology, whereas the remainder had studied chemistry (23.17%), general science (18.29%), and physics (14.63%).

Metaphors of teaching and learning science. Table 2 shows 39 metaphors constructed by the participants. The wide range of metaphors indicated the participants' diverse thinking about teachers, teaching, and learning.

The most dominant metaphor that the participants used to describe their belief about teaching and learning science was teacher as gardener (28.18%). The other favourite metaphors were teacher as a candle or as tree/fruit tree (5.45%), and teacher as computer, captain/driver, or tour guide (4.55%). The quotes and figures illustrating these metaphors were as follows:

- Teachers as gardeners as in Figure 1: 'A teacher is like gardener. Students are like trees. The gardener grows trees. He or she helps trees thrive and grow up by watering, fertilising, and soiling.'
- Teachers as lighted candles: 'A teacher is like a lighted candle. Students are like candles without lights. The lighted candle (teacher) gives light (knowledge) to the candles without light (students). As a result, students can see things in the candle light, representing the fact that they have learned something.'
- Teachers as tree/fruit trees: 'A teacher is like a big tree. Students are like people under the tree. The big tree (teacher) gives people shade, allowing the people to take a rest and live. The tree also provides some food for survival.'
- Teachers as computer users: 'A teacher is like a computer user. Students are like a monitor. The computer user (teacher) presses a keyboard to put the information

Table 2. Metaphors of teaching and learning science (n = 110)

Metaphor	*f*	%	Metaphor	*f*	%
1.01 Sun	3	2.73	4.07 Earth	2	1.82
1.02 Candle	6	5.45	4.08 Rod	1	0.91
1.03 Tree/Fruit tree	6	5.45	4.09 Chef	1	0.91
1.04 Light	1	0.91	4.10 Container	1	0.91
1.06 Computer	5	4.55	5.03 Laundryman	1	0.91
1.08 Book/Cookbook	4	3.64	6.01 Actor/Actress	1	0.91
1.11 Jug/Glass	2	1.82	6.02 Stand-up comedian	1	0.91
1.16 Buddha	2	1.82	6.03 Magician	1	0.91
1.17 Sky	1	0.91	6.04 Sportsman	1	0.91
1.18 Wind	1	0.91	7.01 Parent	1	0.91
1.19 Food	1	0.91	8.01 Gardener	31	28.18
2.03 Constructor	4	3.64	8.02 Farmer	4	3.64
2.07 Cook	1	0.91	8.05 Parent	2	1.82
2.08 Jeweller	1	0.91	9.07 Road map	1	0.91
2.11 Architect	1	0.91	9.08 Torch	2	1.82
2.18 Factory	2	1.82	9.11 Oil	1	0.91
2.19 Garland maker	1	0.91	10.01 Tour guide	5	4.55
4.02 Captain/Driver	5	4.55	10.02 Coach	3	2.73
4.05 Vehicle	1	0.91	10.04 Co-actor/Co-actress	1	0.91
4.06 Life	1	0.91			

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

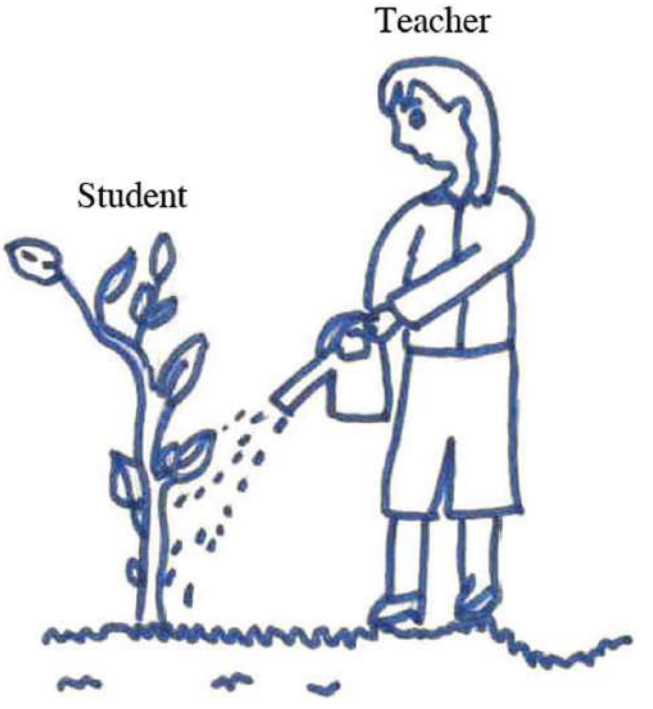


Figure 1. Teachers as a gardener

in or chooses the software to operate according to his or her purpose. The monitor (students) expresses outputs of those operations.'

- Teachers as a captain/driver: 'A teacher is like a driver. Students are like passengers. The driver (teacher) controls the vehicle, such as a bus, ship, or airplane, and brings all of the passengers (students) to the destination (objective of the lesson). The selection of the vehicle depends on characteristics of the destination.'
- Teachers as tour guides, as in Figure 2: 'A teacher is like a tour guide. Students are like a tour group. The tour guide (teacher) and the tour group (students) have the same destination and travel together. The tour guide holds a map. Both the tour guide (teacher) and the tour group must, together, manage the journey or solve the problem encountered along the path to the destination.'

Thai people generally view education as growth. They frequently regard the teacher as a gardener and students as plants. A gardener (teacher) grows plants (students) and keeps maintaining them until they yield products such as fruits or flowers (learn and have better lives). These products that emerge reveal the success of education. Hence, it is not surprising that the teacher as a gardener was dominantly presented in this study.

Some favourite metaphors presented in this study, for example, teacher as a lighted candle, as light, or as constructor, are also popular in the Thai context. Surprisingly, no one mentioned the teacher as a hired boat metaphor, which has been popular for

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

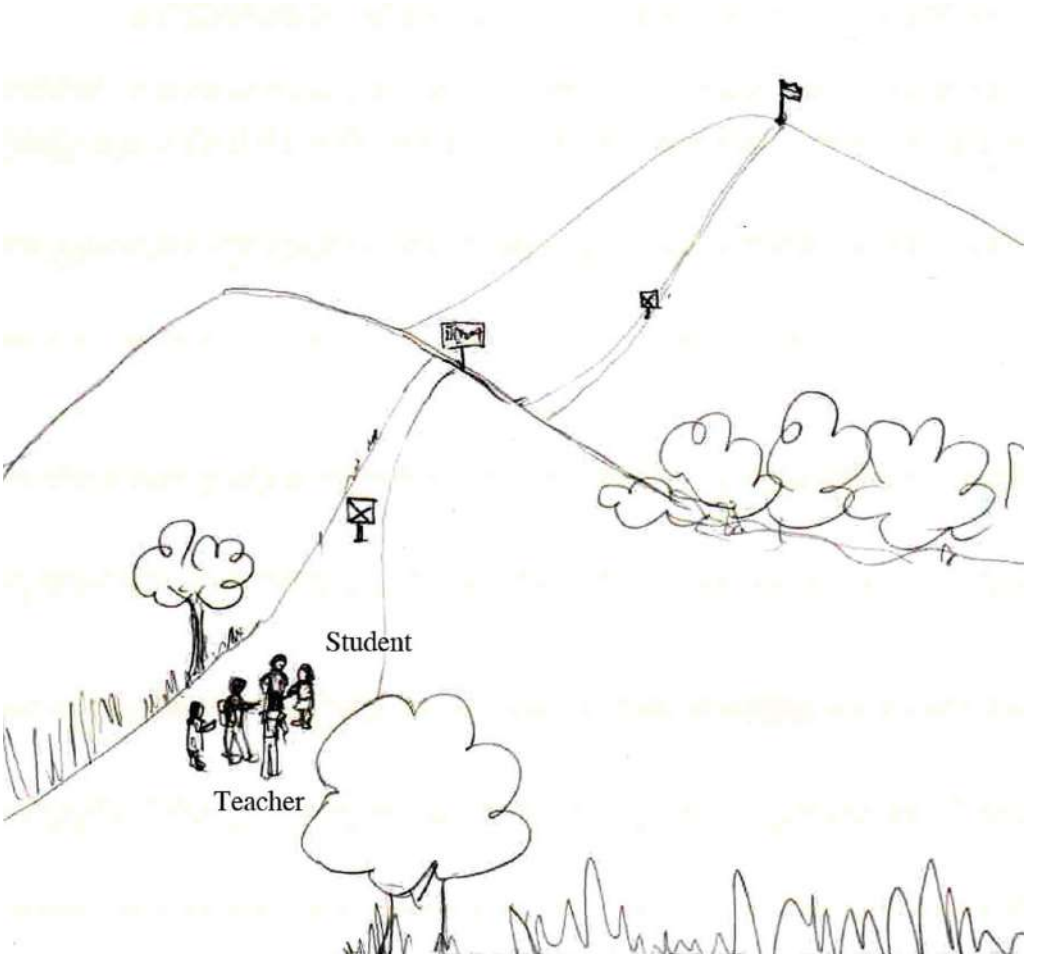


Figure 2. Teachers as a tour guide

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

Thai people for a long time: 'A teacher is like a boatman. Students are like the passengers. The boatman (teacher) rows and tries to deliver all passengers (students) from one shore (not learned) to the other (learned)' (see Moutbumrung, 2003; Prawichai, 2005; Roydapan, 2000). The explanation may be that, presently, Thai people, especially teachers and educators, have sparingly viewed the teacher as a hired boat metaphor because it tends to negatively present a teacher as a person who just teaches for money (be hired) and whose main duty is to make the student graduate (deliver passengers to another shore). When the student graduates (reaches the shore), the teacher–student relationship is finished.

Two new metaphors that emerged from this study, the Buddha and the garland maker, are culturally influenced metaphors. That is, a majority of Thais are Buddhists, who pray to, and pay highest respect to, Buddha. Similarly, teachers are highly respected in Thai society. Also, some participants viewed teachers as helping

students to live better lives, as Buddha did: 'The Buddha himself thinks, observes, and practices. He succeeds and can pass on his knowledge,' 'teachers are like Buddha who disseminates his knowledge and enlightens Buddhists (students) to the nirvana (knowing).' In the case of the garland maker metaphor, a garland is highly valued in Thai culture. It can be used to pray to the Buddha, monks, parents, and teachers, and is involved in several important ceremonies, such as the wedding ceremony. Thais value teachers highly in the role of garland maker, for example, a person who makes better lives for students is like a garland maker who 'designs and chooses appropriate kinds of flowers to make a beautiful garland. The beauty of garland (students) depends strongly on the maker (teachers) and the flowers (teaching)'.

All of the metaphors constructed by the participants could be categorised into nine categories: teachers as nurturers/cultivators (33.64%), as knowledge providers (29.09%), as superior authoritative figures (10.91%), as moulders/craftspersons (9.09%), as cooperative/democratic (8.18%), as facilitators/scaffolders or as entertainers (3.64%), and as change agents or counsellors (0.91%). There was no participant who chose the teacher as a curer/repairer category. This result indicated that the participants did not view students as sick people or broken objects waiting for doctors or experts (teachers) to cure or fix them. This finding differed from Saban et al. (2007), who found that 21 participants (1.8%) constructed three metaphors under the teacher as curer/repairer category. This contradiction may be a result of the different cultural contexts in which the studies took place and the smaller number of participants in this study.

Overall, the three most dominant metaphor categories for the participants were teachers as nurturers/cultivators, as knowledge providers, and as superior authoritative figures. The teacher as a nurturer/cultivator, which was predominantly found in this study, corresponded with results of Massengill et al. (2008). Similarly, 35% of the participants in Ben-Peretz et al. (2003) related the teacher to the caring image.

The teacher as knowledge provider as the second dominant category in this study is also a popular finding in the literature (Leavy et al., 2007; Martinez et al., 2001; Saban et al., 2007). Saban et al. (2007) presented five common metaphors of teacher as knowledge provider, for example, sun, lighted candle, tree/fruit tree, light, and flower. Two of these metaphors, teachers as candles and as tree/fruit trees, were also popular in this study; however, the number of participants who mentioned them (29%) was smaller than in the previously mentioned studies. Since the advent of the learning reform movement in Thailand in 1999, one major responsibility of teacher preparation agencies has been encouraging pre-service teachers to subscribe to and enact student-centred beliefs. This study, surprisingly, revealed that teacher-centred beliefs are still popular for a large number of pre-service science teachers. The long immersion in teacher-centred schooling experiences, particularly before the learning reform era, potentially influences these pre-service teachers to hold teacher-centred beliefs (Leavy et al., 2007).

The teacher as superior authoritative figure was the third metaphor most frequently raised by the participants in this study. This result indicated that these participants tended to accept and emphasise teacher control. This finding is in contrast to that of

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

Ben-Peretz et al. (2003), who found that teachers tended to reject a view of teaching as judgmental and controlling. In addition, the teacher as entertainer metaphor category was sparingly mentioned in this study. It is assumed that the participants viewed teaching as a serious endeavour, as found by Ben-Peretz et al. (2003).

In addition, the new metaphors that emerged from this study were mostly categorised into two main categories, the superior authoritative figure (vehicle, life, earth, rod, chef, and container) and the knowledge provider category (sky, wind, food, and cook). These emerged metaphors may imply that Thai pre-service science teachers: (1) consider teaching to be a serious endeavour (Ben-Peretz et al., 2003), and (2) have significant immersion in a teacher-centred learning environment (Leavy et al., 2007).

Relationship between metaphors and gender, class level or study major. From Table 3, the three most often-mentioned metaphor categories held by males were teachers as nurturers/cultivators (5 of 19), as knowledge providers (4 of 19), and as superior authoritative figures (3 of 19). Females frequently mentioned four main categories, for example, teacher as nurturers/cultivators (32 of 91), as knowledge providers (28 of 91), as moulders/craftspersons or as superior authoritative figures (9 of 91).

The most commonly chosen metaphor category, as can be seen in Table 4, for Year 1 (15 of 28) and Year 4 (7 of 22) students was teachers as nurturer/cultivator, whereas the most dominant category for Year 2 (6 of 17) and Year 5 (7 of 24) was teachers as knowledge providers. Year 3 (6 of 22), however, held the categories of teachers as knowledge providers and as nurturers/cultivators equally.

From Table 5, physics student teachers (4 of 12) most frequently mentioned both teachers as knowledge providers and as nurturers/cultivators. The dominant metaphor categories for chemistry (5 of 19), biology (13 of 36), and general science (6 of 15) student teachers were the teachers as superior authoritative figures, as nurturers/cultivators, and as knowledge providers, respectively.

Tables 3–5 show some differences in frequencies of metaphors considered by participants of various genders, class levels, and study majors. Table 4, for example,

Table 3. Gender and metaphor categories of teaching and learning science (n = 110)

	Male		Female	
Metaphor category	*f*	%	*f*	%
1. Knowledge provider	4	3.64	28	25.45
2. Moulder/craftsperson	1	0.91	9	8.18
4. Superior authoritative figure	3	2.73	9	8.18
5. Change agent	0	0.00	1	0.91
6. Entertainer	2	1.82	2	1.82
7. Counsellor	0	0.00	1	0.91
8. Nurturer/cultivator	5	4.55	32	29.09
9. Facilitator/scaffolder	2	1.82	2	1.82
10. Cooperative/democratic	2	1.82	7	6.36
Total	19	17.27	91	82.73

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

Table 4. Class level and metaphor categories of teaching and learning science (n = 110)

Metaphor category	Year 1		Year 2		Year 3		Year 4		Year 5	
	f	%	*f*	%	*f*	%	*f*	%	*f*	%
1. Knowledge provider	9	8.18	6	5.45	6	5.45	4	3.64	7	6.35
2. Moulder/craftsperson	1	0.91	1	0.91	1	0.91	2	1.82	5	4.55
4. Superior authoritative figure	0	0.00	4	3.64	3	2.73	2	1.82	3	2.73
5. Change agent	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.91	0	0.00
6. Entertainer	3	2.73	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.91
7. Counsellor	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.91	0	0.00
8. Nurturer/cultivator	15	13.63	4	3.64	6	5.45	7	6.35	5	4.55
9. Facilitator/scaffolder	0	0.00	1	0.91	2	1.82	1	0.91	0	0.00
10. Cooperative/democratic	0	0.00	1	0.91	4	3.64	1	0.91	3	2.73
Total	28	25.45	17	15.46	22	20.00	19	17.27	24	21.82

Table 5. Study major and metaphor categories of teaching and learning science (n = 82)

Metaphor category	Physics		Chemistry		Biology		General science	
	f	%	*f*	%	*f*	%	*f*	%
1. Knowledge provider	4	4.88	4	4.88	9	10.98	6	7.32
2. Moulder/craftsperson	3	3.66	4	4.88	1	1.22	1	1.22
4. Superior authoritative figure	0	0.00	5	6.10	4	4.88	3	3.66
5. Change agent	0	0.00	1	1.22	0	0.00	0	0.00
6. Entertainer	0	0.00	0	0.00	1	1.22	0	0.00
7. Counsellor	0	0.00	1	1.22	0	0.00	0	0.00
8. Nurturer/cultivator	4	4.88	2	2.44	13	15.85	3	3.66
9. Facilitator/scaffolder	1	1.22	1	1.22	2	2.44	0	0.00
10. Cooperative/democratic	0	0.00	1	1.22	6	7.32	2	2.44
Total	12	14.63	19	23.17	36	43.90	15	18.29

Note. First-year pre-service teachers have not yet selected their study major.

indicates that Year 5 student teachers held the teacher as knowledge provider more than Years 2 and 3 student teachers. The pre-service teachers in a higher class level have a higher level of education, have taken more science courses, and have more classroom experience than those in a lower class level. Thus, the beliefs of the participants in a higher class level were assumed to be closer to student-centred beliefs than those in a lower class level. However, the findings in Table 4 contradicted this assumption. Unfortunately, χ^2 could not be utilised to confirm or discount the relationships between the participants' gender, class level, and study major and their metaphors because the samples in each category were too small. A strong argument regarding the relationships between the pre-service science teachers' metaphors and their class level, gender, and study major was not established in this study.

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

Results and Discussion Emerging from the Second Phase of the Study

Background of volunteer participants. A majority of the 30 volunteer participants (76.67%) were female. The number of participants in first, second, third, fourth, and fifth years of study were six (20%), six (20%), five (16.67%), seven (23.33%), and six (20%), respectively. The students studied biology (29.17%), chemistry (20.83%), general science (25%), and physics (25%).

Change of metaphors of teaching and learning science. At the beginning of the first semester in the standard-based programme, about a quarter of the volunteers (8 of 30) constructed the teachers as gardeners metaphor to describe their beliefs about teaching and learning science. The other favourite metaphors were teachers as trees/fruit trees (3 of 30), and as the sun or candles or constructors (2 of 30). Similarly, at the end of the first semester, the most popular metaphor for nearly a quarter of the volunteers (7 of 30) was teachers as gardeners. The other favourite metaphors were teachers as trees/fruit trees (5 of 30) and as the sun (4 of 30), as shown in Table 6.

All metaphors constructed by the volunteers were categorised into seven categories. Over the course of the semester, no one chose the metaphors of teachers as curers/repairers, as change agents, or as counsellors. At the beginning of the first semester, the three most dominant metaphor categories were teachers as knowledge providers (11 of 30), as nurturers/cultivators (9 of 30), and as moulders/craftspersons (6 of 30). Similarly, the dominant categories at the end of the semester were teachers as knowledge providers (16 of 30), as nurturers/cultivators (6 of 30), and as moulders/craftspersons or cooperative/democratic (3 of 30).

There was an increased number of metaphors for teachers as knowledge providers (from 11 to 16) and as cooperative/democratic (from one to three). The metaphors

Table 6. Metaphors of teaching and learning science at the beginning and at the end of semester (n = 30)

Metaphor	Pre[a]	Post[b]	Metaphor	Pre[a]	Post[b]
1.01 Sun	2	4	2.18 Factory	1	0
1.02 Candle	2	1	2.19 Garland maker	1	0
1.03 Tree/Fruit tree	3	5	4.02 Captain/Driver	0	1
1.04 Light	1	1	4.07 Earth	1	0
1.06 Computer	1	2	6.02 Stand-up comedian	1	0
1.18 Wind	1	0	8.01 Gardener	8	7
1.19 Food	1	0	8.05 Parent	1	0
1.20 Cook	0	2	9.08 Torch	1	1
2.03 Constructor	2	3	10.01 Tour guide	1	2
2.07 Cook	1	0	10.02 Coach	0	1
2.11 Architect	1	0			

[a]Metaphor at the beginning of semester.

[b]Metaphor at the end of semester.

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

for teachers as superior authoritative figures and as facilitators/scaffolders were the same. In contrast, there was a decreased number of metaphors for teachers as moulders/craftspersons and as nurturers/cultivators (from six to three), as well as for teachers as entertainers (from one to zero). These findings contrasted those of Boujaoude (2000), who found that after one year of teacher education, the transmitter-type metaphors held by the prospective science teachers decreased from 66% to 41%. Similarly, Leavy et al. (2007) found minimal evidence of behaviourist metaphors, but a sharp increase in constructivist metaphors.

Table 7 presents metaphors constructed by individual volunteers at the beginning and the end of the semester.

The metaphors of nearly half of the volunteers (14 of 30) were organised into the same categories; 8 out of 14 students held the same metaphors. Three participants did not change their metaphors and descriptions. This finding supported Boujaoude (2000), who found that more than a half of the pre-service science teachers (56%) held on to their belief metaphors throughout a year. Additionally, Massengill et al. (2005) found that four out of five case studies did not change their original metaphors after a year of student teaching. Of the volunteers who changed their metaphor categories, it is significant that nearly half of them (7 of 16) changed from teachers as nurturers/cultivators to teachers as knowledge providers.

In sum, more than a half of the volunteers (16 of 30) expressed a major change in their chosen metaphors, while the others expressed a moderate change (6 of 30), minor change (5 of 30), or no change (3 of 30).

The findings of this study showed that some pre-service science teachers did change their teaching and learning beliefs during their teacher education; however, changing the pre-service teachers' beliefs was a difficult and challenging task. Based

Table 7. Change of metaphors of teaching and learning science by cases (n = 30)

Case	Pre	Post	Case	Pre	Post
1	1.02 Candle	1.02 Candle	16	1.06 Computer	1.03 Tree/Fruit tree
2	1.02 Candle	1.03 Tree/Fruit tree	17	9.08 Torch	10.01 Tour guide
3	1.01 Sun	1.01 Sun	18	8.01 Gardener	1.01 Sun
4	2.03 Constructor	4.02 Captain/Driver	19	8.01 Gardener	1.06 Computer
5	8.01 Gardener	1.06 Computer	20	10.01 Tour guide	10.01 Tour guide
6	6.02 Stand-up comedian	2.03 Constructor	21	2.18 Factory	2.03 Constructor
7	8.01 Gardener	1.03 Tree/Fruit tree	22	8.01 Gardener	1.03 Tree/Fruit tree
8	1.18 Wind	10.02 Coach	23	1.03 Tree/Fruit tree	8.01 Gardener
9	1.03 Tree/Fruit tree	1.03 Tree/Fruit tree	24	1.04 Light	1.20 Cook
10	8.01 Gardener	8.01 Gardener	25	8.01 Gardener	8.01 Gardener
11	2.11 Architect	8.01 Gardener	26	2.19 Garland maker	9.08 Torch
12	4.07 Earth	8.01 Gardener	27	2.07 Cook	8.01 Gardener
13	1.19 Food	8.01 Gardener	28	1.03 Tree/Fruit tree	1.01 Sun
14	1.01 Sun	1.01 Sun	29	8.01 Gardener	1.04 Light
15	8.05 Parent	1.20 Cook	30	2.03 Constructor	2.03 Constructor

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

on experiences in the learning reform era, incorporated with one semester in the standard-based programme emphasising student-centred approaches, the number of the pre-service science teachers holding student-centred metaphors should have increased. However, after one semester of participation in the standard-based programme, teacher-centred beliefs were still common for a number of these participants and, unfortunately, tended to increase in popularity. The arrangement of courses in science teacher preparation programmes according to the knowledge, professional experience, and ethics standards in combination with the extension of teacher education from four to five years, which differs from previous programmes, may impact prospective science teachers' attributes to beliefs. Tracking the modification of the prospective science teachers' beliefs throughout such standard-based programmes may provide some guidelines for facilitating a belief modification process.

Several factors may contribute to the endurance of transmission teaching and learning beliefs. The first factor may be a long immersion in teacher-centred schooling experience as discussed earlier. The second factor may be a fact-laden, non-inquiry-oriented teaching with cookbook laboratories, which largely are employed in science courses in teacher education (Gibson & Van Strat, 2000). The third factor may be the school context and culture (Bullough, 1992; Hardcastle et al., 1985) and the self-image of the teaching profession (Ben-Peretz et al., 2003; Stofflett, 1996). The school environment plays a key role in affirming or contradicting teachers' beliefs (Massengill et al., 2005). There are several possible constraints for pre-service teachers when they try to employ student-centred beliefs in their classroom practice, such as a lack of time and classroom control or school norms (Abusson & Webb, 1992). The final factor may be the presence of false feedback and the absence of corrective feedback during classroom observation (Joram & Gabriele, 1998). For example, some pre-service teachers place quality teaching on student motivation and classroom management rather than student learning. This belief is constantly reinforced when these pre-service teachers observe and interpret lessons taught by themselves and others; they are given false feedback that afterwards strengthens their prior belief and prevents them from changing their belief. Closely aligned with the problem of false feedback is the absence of corrective feedback, which comes from teacher educators' inability to visibly point out effective and ineffective features of teaching within a particularly complicated episode of teaching.

Implications

Metaphors are useful and serve various functions in teacher education, as Saban (2006) summarised. This study shows that metaphor construction, such as the MCT, can act as a powerful research tool to uncover a complexity of beliefs about teaching and learning science implicitly held by pre-service science teachers. Metaphorical thinking is valuable for making better sense of pre-service science teachers' beliefs.

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

According to constructivism, some prior beliefs that pre-service science teachers bring with them can form obstacles to their teacher education. Metaphor construction can open a communication channel between pre-service teachers and teacher educators regarding learning how to teach science. Requiring pre-service teachers to construct metaphors helps them to examine and become aware of their images of teaching and learning, and to develop their own pedagogical models. Also, metaphors constructed by pre-service teachers at different stages in their teacher education are useful for tracking their belief modification and helping them to become aware of their self-evolved beliefs. Pre-service teachers' self-understanding is helpful for understanding the process of becoming a teacher, as Leavy et al. (2007) stated:

> Teacher education must provide avenues for student teachers to understand the values, attitudes, and beliefs that they bring to pre-service teacher education and then to plot and monitor their own professional growth. Images and metaphors of teaching have the potential to provide the language of practice for student teachers and teacher educators to engage in collaborative dialog to achieve these avenues. (p. 1230)

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

As Saban (2006) mentioned, metaphors can function as a medium of reflection. This study showed that metaphor construction encouraged the pre-service science teachers to reflect their root beliefs about teaching and learning science. Perceptions about teaching experiences expressed through metaphor are a good source for metacognitive reflection and subsequent action (Ritchie, Aubusson, & Harrison, 2006). Metaphors can assist pre-service science teachers to become reflective practitioners who adapt science curricula to better fit reform visions and student needs (Tobin & Tippins, 1996).

Metaphorical schemas held by pre-service science teachers are sometimes mismatched with the goals of teacher preparation programmes and the learning reform movement. Teaching and learning innovations that conflict with student teachers' beliefs are often met with resistance and doubt (Levitt, 2001). One major responsibility of science teacher educators is to help student teachers' shift their metaphorical schemata to align with the goals of teacher preparation programmes and learning reform. In doing so, science teacher educators should provide ample opportunities for student teachers to critically reflect on, and become aware of, their teaching and learning beliefs, and to evaluate them in the light of the goals of learning reform. Science teacher educators must model exemplary teaching and learning for student teachers, and they must encourage students to believe that those exemplary approaches are practical, plausible, and achievable, at different stages in their lifelong teaching career (Mellado et al., 2007). This process involves student teachers changing their referents or metaphors. The new referents or metaphors allow pre-service teachers to frame problems in different ways and to obtain different alternative solutions (Tobin & LaMaster, 1995). Thus, metaphor modification is significant for pre-service science teachers in re-conceptualising their roles as a science teacher, which subsequently impacts their classroom practice (Massengill et al., 2005; Stofflett, 1996; Tobin & LaMaster, 1995).

This study provides extended metaphor categories of beliefs about teaching and learning science. Science teacher educators can use these categories for further research and to apply effective pedagogy that works productively with such beliefs. Written metaphors, in combination with drawing metaphor such as that used in the MCT, may increase the effectiveness of the science teacher educators' belief elicitation task. Inviting prospective teachers to share their constructed MCT with their peers provides an excellent forum for critical reflection and brings to light the implicit images of the cultural rootedness of teaching and learning.

This study was conducted in a country with a different cultural context than Western countries. Culture may be one important factor needing further investigation to understand prospective teachers' construction of teaching and learning metaphors. The two new metaphors of teaching and learning science that emerged from the present study, the Buddha and the garland maker, may reflect the influence of culture on metaphor construction. The same study conducted in a different cultural context might be useful to broaden metaphor categories and explain cultural influence on metaphor construction.

Hopefully, this study will lead science teacher educators around the world within different cultural contexts to consider the transferability of the findings, and to value the utilisation of an alternative technique, the MCT, as 'a springboard for change' (Saban, 2006, p. 301) in science teacher education for the better preparation of future science teachers.

Although this study has value, it still has limitations. That is, the small sample limits the generalisation of findings as well as the statistical confirmation of a relationship between the metaphors constructed by the participants and their gender, class level, and study major.

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

Acknowledgements

This research was funded (grant no. MRG5080358) by the Thailand Research Fund and the Commission on Higher Education. Any opinions and conclusions expressed in this article are solely those of the author.

References

Abusson, P., & Webb, C. (1992). Teacher beliefs about learning and teaching in primary science and technology. *Research in Science Education, 22,* 20–29.

Alger, C. L. (2009). Secondary teachers' conceptual metaphors of teaching and learning: Changes over the career span. *Teaching and Teacher Education, 25,* 743–751.

Ben-Peretz, M., Mendelson, N., & Kron, F. W. (2003). How teachers in different educational contexts view their roles. *Teaching and Teacher Education, 19,* 277–290.

Boujaoude, S. (2000). Conceptions of science teaching revealed by metaphors and by answers to open-ended questions. *Journal of Science Teacher Education, 11*(2), 173–186.

Briscoe, C. (1991). The dynamic interactions among beliefs, role metaphors, and teaching practices: A case study of teacher change. *Science Education, 75*(2), 185–199.

Brown, C. A., & Cooney, T. J. (1982). Research on teacher education: A philosophical orientation. *Journal of Research and Development in Education, 15*(4), 13–18.

Bryan, L. A. (2003). Nestedness of beliefs: Examining a prospective elementary teacher's beliefs system about science teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching, 40*(9), 835–868.

Buaraphan, K. (2007). Relationships between fourth-year preservice physics teachers' conceptions of teaching and learning physics and their classroom practices during student teaching. *Songklanakarin Journal of Social Science and Humanities, 13*(4), 595–620.

Bullough, R. V. (1992). Beginning teacher curriculum decision making, personal metaphors, and teacher education. *Teaching and Teacher Education, 8*(3), 239–252.

Gibson, H. L., & Van Strat, G. A. (2000, April 24–28). *The impact of instructional methods on preservice teachers' attitudes toward teaching and learning.* Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association (AERA), New Orleans, LA.

Gipps, C., & McCallum, B. (1999). Primary teachers' beliefs about teaching and learning. *The Curriculum Journal, 10*(1), 123–134.

Green, T. (1971). *The activities of teaching.* New York: McGraw-Hill.

Gurney, B. F. (1995). Tugboats and tennis games: Preservice conceptions of teaching and learning revealed through metaphors. *Journal of Research in Science Teaching, 32*(6), 569–583.

Guskey, T. R. (1986). Staff development and the process of teacher change. *Educational Researcher, 15*(5), 5–12.

Hancock, E., & Gallard, A. J. (2004). Preservice science teachers' beliefs about teaching and learning: The influence of K-12 experiences. *Journal of Science Teacher Education, 15*(4), 281–291.

Hardcastle, B., Yamamoto, K., Parkay, F. W., & Chan, J. (1985). Metaphorical views of school: A cross-cultural comparison of college students. *Teaching and Teacher Education, 1*(4), 309–315.

Joram, E., & Gabriele, A. J. (1998). Preservice teachers' prior beliefs: Transforming obstacles into opportunities. *Teaching and Teacher Education, 14*(2), 175–191.

Kagan, D. M. (1992). Implications of research on teacher belief. *Educational Psychologist, 27,* 1273–1292.

Lakoff, G., & Johnson, W. (1980). *Metaphors we live by.* Chicago: Chicago University Press.

Leavy, A. M., McSorley, F. A., & Bote, L. A. (2007). An examination of what metaphor construction reveals about the evolution of preservice teachers' beliefs about teaching and learning. *Teaching and Teacher Education, 23,* 1217–1233.

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching, 29*(4), 331–359.

Levitt, K. E. (2001). An analysis of elementary teachers' beliefs regarding the teaching and learning of science. *Science Education, 86,* 1–22.

Martinez, M. A., Sauleda, N., & Huber, G. L. (2001). Metaphors as blueprints of thinking about teaching and learning. *Teaching and Teacher Education, 17,* 965–977.

Massengill, D., Barry, A., & Mahilos, M. (2008). Preservice teachers' metaphors of teaching in relation to literacy beliefs. *Teachers and Teaching: Theory and Practice, 14*(1), 35–50.

Massengill, D., Mahlios, M., & Barry, A. (2005). Metaphors and sense of teaching how these constructs influence novice teachers. *Teaching Education, 16*(3), 213–229.

McDevitt, T. M., Heikkinen, H. W., Alcorn, J. K., Ambrosio, A. L., & Gardner, A. L. (1993). Evaluation of the preparation of teachers in science and mathematics: Assessment of preservice teachers' attitudes and beliefs. *Science Education, 77*(6), 593–610.

Meirink, J. A., Meijer, P. C., Verloop, N., & Bergen, T. C. M. (2009). Understanding teacher learning in secondary education: The relations of teacher activities to changed beliefs about teaching and learning. *Teaching and Teacher Education, 25,* 89–100.

Mellado, V., Bermejo, M. L., Blanco, L. J., & Ruiz, C. (2007). The classroom practice of a prospective secondary biology teacher and his conceptions of the nature of science and of teaching and learning science. *International Journal of Science and Mathematics Education, 6,* 37–62.

Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis.* Thousand Oaks, CA: Sage.

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

Ministry of Education. (2001). *Basic Education Curriculum B.E. 2544 (2001)*. Bangkok: The Printing House of Express Transportation Organization of Thailand.

Moser, K. S. (2000). Metaphor analysis in psychology—Method, theory, and fields of application. *Forum: Qualitative Social Research, 1*(2). Retrieved from http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs0002212

Moutbumrung, N. (2003). *Attitude towards teaching profession of agricultural education students* (Unpublished master's thesis). King Mongkut's Institute of Technology, Ladkrabang, Bangkok.

Munby, H., Cunnigham, M., & Lock, C. (2000). School science culture: A case study of barriers to developing professional knowledge. *Science Education, 84,* 193–211.

National Teacher Council. (2004). *The Regulations of Teacher Professional License B.E. 2547.* Bangkok: National Teachers Council.

Nespor, J. (1987). The role of beliefs in the practice of teaching. *Curriculum Studies, 19*(4), 317–328.

Ng, W., Nicholas, H., & Williams, A. (2010). School experience influences on pre-service teachers' evolving beliefs about effective teaching. *Teaching and Teacher Education, 26*, 278–289.

Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research, 62*(3), 307–332.

Prawichai, S. (2005). *Students' opinions about Thai teachers.* Bangkok: Bangkok University.

Richardson, V. (1996). The role of attitudes and beliefs in learning to teach. In J. Sikula (Ed.), *Handbook of research in teacher education* (pp. 102–119). New York: Macmillan.

Ritchie, S. M., Aubusson, P. J., & Harrison, A. G. (2006). Metaphorically thinking. In P. J. Aubusson (Ed.), *Metaphor and analogy in science education* (pp. 189–195). Dordrecht: Springer.

Rokeach, M. (1968). *Beliefs, attitudes and values: A theory of organization and change.* San Francisco: Jossey-Bass.

Roydapan, M. (2000). *A study of actual and desirable characteristics of the secondary students, under the Department of General Education Khon Kaen Province* (Unpublished master's thesis). Khon Kaen University, Khon Kaen.

Saban, A. (2006). Functions of metaphor in teaching and teacher education: A review essay. *Teaching Education, 17*(4), 299–315.

Saban, A., Kocbeker, B. N., & Saban, A. (2007). Prospective teachers' conceptions of teaching and learning revealed through metaphor analysis. *Learning and Instruction, 17,* 123–139.

Samuelowicz, K., & Bain, J. D. (2001). Revisiting academics' beliefs about teaching and learning. *Higher Education, 41,* 299–325.

Secretariat of the Cabinet. (2003). *The Council of Teacher and Educational Personnel Act B.E. 2546.* Bangkok: Secretariat of the Cabinet.

Sigel, I. E. (1985). *Parental belief systems.* Hillside, NJ: Erlbaum.

Simmons, P. E., Emory, A., Carter, T., Coker, T., Finnegan, B., Crockett, D., … Labuda, K. (1999). Beginning teachers: Beliefs and classroom actions. *Journal of Research in Science Teaching, 36*(8), 930–954.

Stofflett, R. T. (1996). Metaphor development by secondary teachers enrolled in graduate teacher education. *Teaching and Teacher Education, 12*(6), 577–589.

Tobin, K., & LaMaster, S. U. (1995). Relationships between metaphors, beliefs, and actions in a context of science curriculum change. *Journal of Research in Science Teaching, 32*(3), 225–242.

Tobin, K., & Tippins, D. J. (1996). Metaphors as seeds for conceptual change and the implementation of science teaching. *Science Education, 80*(6), 711–730.

Tsai, C.-C. (2002). Nested epistemologies: Science teachers' beliefs of teaching, learning and science. *International Journal of Science Education, 24*(8), 771–783.

Uzuntiryaki, E., Boz, Y., Kirbulut, D., & Bektas, O. (2010). Do pre-service chemistry teachers reflect their beliefs about constructivism in their teaching practices? *Research in Science Education, 40*, 403–424.

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

Van Driel, J. H., Bulte, A. M. W., & Verloop, N. (2007). The relationship between teachers' general beliefs about teaching and learning and their domain specific curricular beliefs. *Learning and Instruction, 17,* 156–171.

Waters-Adams, S. (2006). The relationship between understanding of the nature of science and practice: The influence of teachers' beliefs about education, teaching and learning. *International Journal of Science Education, 28*(8), 919–944.

Weber, S., & Mitchell, C. (1996). Drawing ourselves into teaching: Studying the images that shape and distort teacher education. *Teaching and Teacher Education, 12*(3), 303–313.

Weinstein, C. S. (1990). Prospective elementary teachers' beliefs about teaching: Implications for teacher education. *Teaching and Teacher Education, 6*(3), 279–290.

Zeichner, K., & Gore, J. (1990). Teacher socialization. In W. R. Houston, M. Huberman, & J. Sikula (Eds.), *Handbook of research in teacher education* (pp. 329–348). New York: Macmillan.

Downloaded By: [Buaraphan, Khajornsak] At: 16:35 16 June 2011

Appendix. Metaphor Construction Task

Instruction:
In your view, what should teaching and learning science look like? Please construct your own metaphors of teaching and learning science and describe how your metaphor represents teachers, learners, and teaching and learning process.

……
……

In addition, please make drawing to illustrate your metaphors of teaching and learning science.

Embedding Nature of Science in Teaching About Astronomy and Space

Khajornsak Buaraphan

Journal of Science Education and Technology

ISSN 1059-0145
Volume 21
Number 3

J Sci Educ Technol (2012) 21:353-369
DOI 10.1007/s10956-011-9329-9

Springer

Your article is protected by copyright and all rights are held exclusively by Springer Science+Business Media, LLC. This e-offprint is for personal use only and shall not be self-archived in electronic repositories. If you wish to self-archive your work, please use the accepted author's version for posting to your own website or your institution's repository. You may further deposit the accepted author's version on a funder's repository at a funder's request, provided it is not made publicly available until 12 months after publication.

Springer

Author's personal copy

J Sci Educ Technol (2012) 21:353–369
DOI 10.1007/s10956-011-9329-9

Embedding Nature of Science in Teaching About Astronomy and Space

Khajornsak Buaraphan

Published online: 9 July 2011
© Springer Science+Business Media, LLC 2011

Abstract Science teachers need an adequate understanding of nature of science (NOS) and the ability to embed NOS in their teaching. This collective case study aims to explore in-service science teachers' conceptions of NOS and the embeddedness of NOS in their teaching about astronomy and space. Three science teachers participated in this study. All participants attended the NOS workshop based on an explicit-reflective approach. They were asked to respond to the Myths of Science Questionnaire on three different occasions, i.e., at the beginning and the end of the NOS workshop and a semester after the workshop. Classroom observation, interviews after teaching, and a collection of related documents were also employed to collect data. The data were analyzed using a constant comparative method. The results revealed two important assertions. First, science teachers' conceptions of NOS are stable and resistant to change. However, an explicit-reflective approach employed in the NOS workshop, to some extent, promoted science teachers' understanding and reasoning about NOS. Second, science teachers' conceptions of NOS are not directly related to their classroom practices. With different degrees of NOS understanding, all participants taught NOS implicitly and missed most of the opportunities to address aspects of NOS embedded in the topics they taught. The implications of these findings are also discussed.

Keywords Nature of science · Pedagogical content knowledge · Science teacher · Astronomy and space · Education reform

K. Buaraphan (✉)
Institute for Innovative Learning, Mahidol University, Bangkok, Thailand
e-mail: ilkhajornsak@mahidol.ac.th

Introduction

Nature of science (NOS) has been underscored as a critical component of scientific literacy (American Association for the Advancement of Science 1993; National Research Council 1996). An understanding of NOS is needed to promote effective local and global citizenship (Smith and Scharmann 1999), help individuals become informed consumers of scientific information, make sense of socio-scientific issues, participate in responsible decision-making processes, and appreciate science as a part of contemporary culture (Driver et al. 1996).

Science teachers are, therefore, responsible for helping students attain an adequate understanding of NOS. To do so, science teachers themselves must first possess an adequate understanding of NOS. However, many studies have revealed that the conceptions of NOS held by science teachers are inadequate, incoherent, and fluid (Abd-El-Khalick and BouJaoude 1997; Buaraphan 2009b; Lederman 1992). Moreover, science teachers often teach NOS implicitly and expect NOS to result as a byproduct of the inquiry process, though the literature suggests teaching NOS in an explicit-reflective manner (Abd-El-Khalick and Lederman 2000; Akerson et al. 2000; Bartholomew et al. 2004; Cakiroglu et al. 2009; Schwartz and Lederman 2002).

NOS had never been mentioned in Thai science education until the national education reform began in 1999. To support the reform, the government proclaimed the National Education Act B.E. 2542 (1999) (Office of the National Education Commission 1999), which subsequently led to a proclamation of a new curriculum, i.e., the Basic Education Curriculum B.E. 2544 (2001) (Ministry of Education 2001). The new curriculum is standards based and consists of eight learning strands. Specifically, NOS is explicitly included in Learning Sub-strand 8 of the Science

Author's personal copy

Learning Strand: Nature of Science and Technology. The learning standard of the NOS sub-strand is:

> Students must be able to use the scientific process and scientific mind in their investigations, solve problems, notice that most natural phenomena have a definite period of investigation, and understand that science, technology, and environment are interrelated. (Ministry of Education 2001, p. 7)

The NOS learning sub-strand in the Thai Science Curriculum strongly focuses on student learning of scientific processes, problem solving, and science-technology-society (STS). However, hereafter, the term NOS will not only refer to scientific processes in this paper, but also it will consist of four aspects: scientific knowledge, the scientific method, scientists' work, and scientific enterprise. The important point is that since 2001, although all science teachers in Thailand have been compelled to teach NOS according to the new curriculum, the curriculum gives them no guidance on how to practically include NOS in their teaching practices.

In addition to the NOS sub-strand, there is another sub-strand that is unfamiliar to science teachers, i.e., the Learning Sub-strand 7: Astronomy and Space. It is distinguished because its content, sequence of content, and learning requirements are different from the previous curriculum, i.e., the Primary Curriculum (Revision B.E. 2533) (1990) (Ministry of Education 1992).

There are several studies that have addressed science teachers' teaching about NOS (Akerson and Abd-El-Khalick 2003; Hanuscin et al. 2010; Mellado et al. 2007; Schwartz and Lederman 2002; Trumbull et al. 2006; Waters-Adams 2006). However, studies concerning teaching NOS in a new learning strand with unfamiliar content, i.e., astronomy and space, is rare.

The central focus of this study is, therefore, to study science teachers' conceptions of NOS, conceptual development of NOS according to the NOS workshop, and the embeddedness of NOS in teaching about astronomy and space.

Review of the Literature

The literature review consists of five parts, i.e., NOS, in-service science teachers' conceptions of NOS, educational reform and curriculum change in Thailand, teaching about NOS, and NOS embedded in astronomy and space.

NOS

The NOS construct is diverse and fuzzy; there is no single, universal conception of NOS. As Schwartz and Lederman (2002) stated, "there is not a single NOS that fully describes all scientific knowledge and enterprises" (p. 207). The difficulty in defining NOS may have arisen from its complex construct, which merges several fields together. Lederman (1992) mentioned that NOS encompasses various fields, especially epistemology, which involves how scientific knowledge is generated, and the character of science. In addition, McComas et al. (1998) stated that:

> NOS is a fertile hybrid arena, which blends aspects of various social studies of science including the history, sociology, and philosophy of science combined with research from the cognitive sciences such as psychology into a rich description of what science is, how it works, how scientists operate as a social group and how society itself both directs and reacts to scientific endeavors. (p. 4)

Based on an extensive review, science teachers' conceptions of NOS can be categorized in four groups: scientific knowledge, scientific method, scientists' work, and scientific enterprise. The NOS conceptions belonging to each group are presented in subsequent sections.

In-Service Science Teachers' Conceptions of NOS

The literature asserts that many in-service science teachers hold mixed, fluid, and incoherent conceptions of NOS (Abd-El-Khalick and BouJaoude 1997; Buaraphan 2009b; Dogan and Abd-El-Khalick 2008; Haidar 1999). Science teachers' conceptions of NOS can be categorized in four major groups, i.e., scientific knowledge, scientific method, scientists' work, and scientific enterprise. The details of each group are presented as follows.

Scientific Knowledge

In various studies, the majority of science teachers studied have demonstrated naïve conceptions of the hierarchical relationship between hypotheses, theories, and laws (Abd-El-Khalick and BouJaoude 1997; Dogan and Abd-El-Khalick 2008; Haidar 1999; Rubba and Harkness 1993). In general, they believed that when a hypothesis is proven correct, it becomes a theory. After the theory has been proven true many times by different people and has survived for a long time, it becomes a law. Some teachers did not view hypotheses, theories, and laws as different types of scientific knowledge (Abd-El-Khalick and BouJaoude 1997). For many teachers, the accumulation of supporting evidence was linked with the status of hypotheses, theories, and laws (Brickhouse 1990; Dogan and Abd-El-Khalick 2008; Haidar 1999).

Regarding tentativeness in science, science teachers may be divided into two groups. The first group believed

Author's personal copy

that science is stable or static, i.e., science is a collection of facts or knowledge that explains the world (Behnke 1961; Tairab 2001). Scientists, therefore, have a major responsibility to collect as much data as possible (Craven et al. 2002; Tairab 2001). In contrast, the other group believed that science is tentative or dynamic (Dogan and Abd-El-Khalick 2008), i.e., science is constantly evolving to offer a full worldview of nature (Lunn 2002).

Many science teachers possessed the uninformed conception that scientific models are copies of reality rather than human inventions (Abd-El-Khalick and BouJaoude 1997; Dogan and Abd-El-Khalick 2008). They reasoned that scientific models are copies of reality because scientists have said, or scientific investigations have shown, that they are true (Dogan and Abd-El-Khalick 2008). In a contrasting view, some science teachers, especially those who hold a constructivist view, articulated that scientific models are scientists' best ideas for representing reality rather than exact replicas of reality (Haidar 1999).

Scientific Method

Science teachers commonly perceive the scientific method as a universal, step-wise method (Abd-El-Khalick and BouJaoude 1997; Dogan and Abd-El-Khalick 2008; Haidar 1999). This perception can be attributed to a science curriculum that presents the scientific method as a sequence of steps that students must follow to reach certain, unambiguous results (Brickhouse 1990; Haidar 1999). Many science teachers regard good scientists as those who follow the fixed steps of the scientific method in their investigations (Abd-El-Khalick and BouJaoude 1997; Haidar 1999).

Scientists' Work

The polar views of NOS concerning scientists' work are theory-laden and theory-free views. For most science teachers, the development of scientific knowledge strongly depends on scientists' observations, which are always theory laden (Abd-El-Khalick and BouJaoude 1997; Lunn 2002). However, other science teachers strongly believe that scientists' observations are theory free (Brickhouse 1990; Dogan and Abd-El-Khalick 2008; Haidar 1999; Rampal 1992).

In association with the belief in a fixed-step scientific method, some science teachers overlook the role of creativity and imagination in the development of scientific knowledge. These teachers believe that scientists do not bring creativity and imagination to their investigations but rather that they merely follow the step-by-step scientific method to reach acceptable scientific knowledge (Abd-El-Khalick and BouJaoude 1997). In this sense, "creativity seems to be stereotypically dissociated from perceived scientific qualities" (Rampal 1992, p. 424).

Scientific Enterprise

The social and cultural influences on scientific enterprise are easily recognized by most science teachers (Brush 1989; Haidar 1999; Rubba and Harkness 1993). Some science teachers also add that society affects science and technology, and science and technology, in turn, affect society (Tairab 2001). In contrast, many science teachers believe in the authoritative image of scientists and, subsequently, neglect the social and cultural influences on the development of scientific knowledge (Rampal 1992).

It is, perhaps, an easy task for science teachers to recognize the interaction between science and technology: science is a knowledge base for technology; technology, in turn, influences scientific advancement (Rubba and Harkness 1993). However, distinguishing between science and technology is probably a difficult task, and many teachers regard technology as applied science (Tairab 2001).

In the Thai context, Buaraphan (2009b) discovered eight favored, uninform conceptions of NOS held by in-service science teachers: (a) scientific theories can be developed into laws; (b) accumulation of evidence makes scientific knowledge more stable; (c) scientists are open-minded without any biases; (d) scientific theories are less secure than laws; (e) the scientific method is a fixed, step-by-step process; (f) science and the scientific method can answer all questions; (g) a scientific model (e.g., an atomic model) expresses a copy of reality; and (h) science and technology are identical.

Educational Reform and Curriculum Change in Thailand

Thailand is a medium-sized developing nation that has never been colonized. The educational reform movement in Thailand arose from the so-called Asian economic crisis of the late 1990s, which highlighted an urgent need to develop the Thai people's ability to keep up with the rapid changes characterized by mass globalization (Office of the National Education Commission 1999).

Educational reform in Thailand began with the proclamation of the National Education Act B.E. 2542 (1999). The main purposes of educational reform are the following: expanding basic education, from nine to 12 years of schooling; providing education to meet learners' basic learning needs, to upgrade their skills and encourage their self-development; implementing internal and external quality assurance systems in schools and educational institutes; reforming administration and management of education to encourage full participation of local

Author's personal copy

educational authorities and the local community; encouraging private-sector participation in educational provision; reforming pedagogy by emphasizing learner-centered activities and establishing life-long learning; reforming the curriculum, allowing for the contribution and participation of stakeholders, to meet new challenges and demands of different groups of learners with an emphasis on mathematics, science and technology in parallel with the promotion of pride in national identity and cultural heritage; and reforming resource allocation at the national level on the basis of equity and encouraging local educational authorities and communities to mobilize their resources for education. All involved stakeholders have been urged to join continuing efforts toward the reform (Office of the National Education Commission 1999).

According to the objectives of the educational reform policy, basic education in Thailand is organized in four main levels: Level 1–Grades 1–3 (lower primary), Level 2–Grades 4–6 (upper primary), Level 3–Grades 7–9 (lower secondary), and Level 4–Grades 10–12 (upper secondary). Schooling from Grades 1 to 9 is now compulsory.

Regarding curriculum reform, the ministry of education of Thailand launched a new curriculum, the 2001 Basic Education Curriculum B.E. 2544 (Ministry of Education 2001). Under this new curriculum, for science education, the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST)—an agency under the direction of the Ministry of Education–plays a major role in reforming science education and, in 2002, established standards for science education in Thailand. The 2002 National Science Curriculum Standards are a broad framework providing curricular strands, learning-standards levels, expected learning outcomes, concept maps of science contents for each grade, a learning process, assessment and evaluation, and examples of lesson plans. The science curricular standard consists of eight strands: living things and living processes; life and the environment; matter and properties of matter; force and motion; energy; changing processes of the earth; astronomy and space; and the nature of science and technology. From Grades 10 to 12, students are divided into science and non-science streams, and science-stream students study physics, chemistry, and biology as advanced science courses offered either as compulsory or elective courses (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology 2002).

There are many differences between the new curriculum and the older one, i.e., the Primary Curriculum (Revision B.E. 2533) (1990) (Ministry of Education 1992). The new curriculum is standards based, consisting of the learning standards that all students in Grades 1–12 must attain. The basic-education schools are responsible for creating their school curricula and covering all contents and learning standards, and these must be suitable for their students and contexts. The differences between the new and old curricula are summarized in Table 1.

According to Table 1, particularly the NOS and astronomy and space sub-strands are unfamiliar for science teachers. The learning standards of this sub-strand are:

Learning Sub-strand 7: Astronomy and Space

Learning Standard SC 7.1

Students must: understand the evolution of the solar system, galaxies, and the universe, and the interrelationships within the solar system and their effects on living things; develop scientific minds and inquiry skills; communicate knowledge learned; and apply knowledge to their everyday lives.

Learning Standard SC 7.2

Students must: understand the importance of space technology to exploring space and natural resources and of applying this to agriculture and communications; develop scientific minds and inquiry skills; communicate knowledge learned; and apply knowledge with morals for both their own lives and the environment.

The new science curriculum, in accordance with the educational reform, requires all Thai science teachers to

Table 1 Summary of curriculum change

Revised Primary Curriculum (1990)	Basic Education Curriculum (2001)
Basic education (12 years) is divided into two main levels: primary (Grades 1–6) and secondary (Grades 7–12)	Basic education is divided into four main levels: Level 1 (Grades 1–3), Level 2 (Grades 4–6), Level 3 (Grades 7–9), and Level 4 (Grades 10–12)
There is a national test administered at the end of each level (2 times)	There is a national test administered at the end of each level (4 times)
Science, social studies, and health education are combined into an "Enhancing Life Experience" unit	Science is distinguished as the "Science Learning Strand"
There are 11 learning units in the Enhancing Life Experience unit	There are eight learning sub-strands in the Science Learning Strand
NOS is not mentioned	NOS is mentioned in Learning Sub-strand 8: Nature of Science and Technology
Astronomy and space included in Learning Unit 8: universe and space	Astronomy and space included in Learning Sub-strand 7: astronomy and space with different content, sequence of content, and learning requirements

Author's personal copy

embed NOS in their science teaching. However, it does not inform science teachers how to teach NOS. The following section describes the literature regarding teaching NOS.

Teaching NOS

Driver et al. (1996) suggested that NOS should not be regarded as an add-on to science content; rather, it should be tightly linked to the content taught. In addition, a number of NOS research studies (Abd-El-Khalick and Akerson 2004, 2009; Abd-El-Khalick and Lederman 2000; Akerson et al. 2000; Bartholomew et al. 2004; Cakiroglu et al. 2009; Schwartz and Lederman 2002) have suggested that effective teaching of NOS must be conducted in an explicit-reflective manner, i.e., teachers make aspects of NOS an explicit part of classroom discourse and provide learners opportunities to reflect upon and explain their ideas about NOS.

Abd-El-Khalick and Akerson (2009) clarified the meaning of the explicit-reflective framework of teaching NOS: "the label 'explicit' is *curricular* in nature while the label 'reflective' has *instructional* implications (emphases in original) (p. 2163)."

The label "explicit" is intended to emphasize the need for the inclusion of specific NOS learning outcomes in any instructional sequence aimed at developing learners' understanding of NOS. In this case, the comprehension of NOS is a cognitive instructional outcome that should be intentionally targeted and planned for in the same manner as other scientific concepts. Notably, the "explicit" component of the explicit-reflective approach to NOS instruction does not entail a certain pedagogical approach (Abd-El-Khalick and Akerson 2004, 2009).

On the one hand, the "reflective" component does entail instructional elements that need to be incorporated into pedagogical approaches undertaken within the explicit-reflective approach. This element refers to the inclusion of structured opportunities designed to encourage learners to examine their science-learning experiences from within an epistemological framework, which would focus on questions related to the development and validation of, as well as the characteristics of, scientific knowledge. That is, students should have opportunities to analyze their activities from within an NOS framework, map connections between these activities and those of scientists, and make conclusions about scientific epistemology. Simply, an explicit-reflective approach emphasizes student awareness of certain NOS aspects in relation to student learning activities and student reflection on these activities from within a framework comprising these NOS aspects (Abd-El-Khalick and Akerson 2004, 2009).

In addition, Hanuscin et al. (2010) elaborated on four overarching criteria of the explicit approach to teaching NOS: (a) teachers plan to teach a particular aspect of NOS; (b) students are made aware of the target aspect of NOS; (c) students are provided an opportunity to discuss and/or reflect on their ideas about the target aspect of NOS; and (d) teachers elicit students' ideas about NOS before, during, or at the conclusion of the activity.

NOS Embedded in Astronomy and Space

In Thailand, there is generally a lack of learning materials and resources regarding astronomy and space, which is the new learning sub-strand included in the 2001 Basic Education Curriculum. To cope with this problem, in 2002, IPST in cooperation with the Faculty of Science, Chiang Mai University, initiated the teaching and learning of an astronomy and space database. This database can guide Thai teachers and students in teaching and learning about astronomy and space (Soydhurum 2004). However, many problems still existed in Thai astronomy education. In 2009, Pornpan Vitayangkorn, the director of IPST, announced that Thai students' scores in the subject of astronomy and space, according to an international assessment, were lower than average. The main problems were a dispersion of astronomy and space curricula, a lack of learning materials, and teachers' lack of understanding of astronomy and space. Therefore, IPST joined with the Thailand Research Fund (TRF) and the Faculty of Education, Chulalongkorn University, in reforming the astronomy and space curriculum. They planned to create a new astronomy and space curriculum for a nationwide launch in the 2013 academic year (Public Relations Department 2008). Until now, there has not been a section in the Thai science curriculum that explicitly mentions embedding NOS in astronomy and space curricula.

Astronomy and space appears to be one of the topics that can be utilized to articulate several aspects of NOS. In learning about astronomy and space, students are frequently required to build models. Model building is related to NOS, as Matthews (2007, p. 650) stated, "…models are central to scientific practice, and that understanding the epistemological dimension of models is central to philosophy of science, then learning about NOS will involve learning something about the functioning of models in the history of science." By design, according to Taylor et al. (2003), model building in astronomy education potentially promotes students' understanding of NOS in three ways: (a) science is a process that has been constructed by people; (b) science is influenced by the social and cultural framework in which scientists work; and (c) science understanding changes over time.

Author's personal copy

Research Questions

The research questions guiding the present study are as follows. (a) What are conceptions of NOS held by in-service science teachers at the beginning and end of an NOS workshop and a semester after the workshop? (b) How do science teachers embed their understanding of NOS in teaching astronomy and space?

Methods

This study is a collective case study (Creswell 2007) that was conducted in the first semester of the 2009 academic year. A collective case study addresses the exploration of multiple bounded systems (i.e., science classrooms) over time through detailed, in-depth data collection from multiple data sources.

This study is divided into two phases to answer the research questions mentioned earlier. In the first phase, the NOS workshop was conducted by using an explicit-reflective approach. It includes explicit-reflective NOS activities such as the "tricky tracks", "young or old", and "black box" activities. A detailed description of these activities is elaborated upon elsewhere (Lederman and Abd-El-Khalick 1998). The participants were subsequently asked to analyze the new curriculum, particularly in relation to NOS and astronomy and space, to participate in the model lessons, which integrated NOS into teaching astronomy and space, and to reflect upon their NOS learning experiences. Table 2 presents the summary of learning activities in the NOS workshop.

In the second phase, upon completion of the workshop, each participant was followed-up to explore how he/she embeds NOS into his/her teaching about astronomy and space.

Data Collection

The data were collected from three volunteer primary science teachers. The first case study is *Cathy* (pseudonym). She is a 55 year-old science teacher at School A (pseudonym) located in the central region of Thailand. She graduated with a Bachelor's degree and a major in Thai Language. She is an experienced science teacher with 30 years of teaching experience. *James* (pseudonym) is the second case study. He is 26 years old and has taught science at School A for 2 years. He graduated with a Bachelor's degree in Food Science and Nutrition and earned a 1-year certificate in teaching. The last case study is *Wicky* (pseudonym), a primary science teacher at School B (pseudonym) located in the central region of Thailand. She is 41 years old but has only 10 years of experience teaching science because she was initially not assigned to teach science. Both Schools A and B are small primary schools with less than 500 students.

In the first phase, to explore the participants' conceptions of NOS, the Myths of Science Questionnaire (MOSQ) (Buaraphan 2009b) was employed. The validity and reliability of MOSQ have been reported elsewhere. It was recently employed by Sarkar and Gomes (2010) and found to be highly reliable. MOSQ consists of 14 items addressing four main aspects of NOS, as mentioned in the literature review: (1) scientific knowledge (items 1, 2, 3, 4, 8, and 9); (2) scientific method (items 5, 6, and 7); (3) scientists' work (items 10 and 11); and (4) scientific enterprise (items 12, 13, and 14). All MOSQ items were presented as shown in Table 4 in the "Appendix". The completion of MOSQ took approximately 45 min. To respond to the MOSQ, the respondent was required to select one of three responses (i.e., agree, uncertain, or disagree) that best fits his/her opinion about the statement presented as well as reason to support the selection. Each participant was asked to respond to the MOSQ three times, i.e., at the beginning (pre-test)

Table 2 Learning activities in the NOS workshop

Day	Topic	Learning activity
Day 1	NOS	Tricky tracks, young or old, and black box
		Reflection and discussion
Day 2	Basic Education Curriculum (2001)	Analyze the 2001 Basic Education Curriculum
		Analyze the NOS, astronomy and space learning sub-strands
		Reflect on and discuss how to implement those sub-strands in the classroom
Day 3–5	Model lessons: embedding NOS in teaching about astronomy and space	NOS model lesson on "Sky" based on inquiry approach
		NOS model lesson on "Night and Day" based on problem-solving approach
		NOS model lesson on "Moon Phases" based on learning-cycle approach
		Reflection and discussion

Author's personal copy

and the end (post-test) of the workshop and a semester after the workshop (delayed-test).

In the second phase, classroom observation, interviews after teaching, and collection of related documents (e.g., lesson plans, handouts, and worksheets) were employed to collect data about how the participants embed NOS in teaching about astronomy and space. The classroom observations were conduced four times for each participant throughout a semester. Each classroom observation took approximately 2 h. The researcher played a role as a non-participant observer and recorded data in field notes. To obtain more complete data, an audiotape recorder was also used in classroom observation. The data recorded on audiotapes were subsequently transcribed verbatim. The interviews after teaching were semi-structured and included this list of questions: How do you feel about your teaching? What are the strengths and weaknesses in your teaching? What do you plan to improve in your future teaching of this topic? Did you embed NOS in your teaching? What aspects of NOS? Why are those aspects of NOS so important for students to learn? How did you embed NOS in your teaching? All interviews were audiotaped and, later, transcribed verbatim. All data from observations, interviews, and documents were included in the data analysis.

Data Analysis

At first, the "agree," "uncertain," or "disagree" responses by a participant were interpreted as informed, uncertain, or uninformed conceptions of NOS, respectively. The supporting reason he or she provided is also brought into consideration before categorization. In addition, the qualitative data derived from classroom observations, interviews after teaching, and collection of documents were analyzed by using a constant comparative method (Glaser and Strauss 1967). The basic stages of this method are: (a) reading throughout data obtained from observations, interviews, and documents and finding out units of meaning, (b) assigning each unit of meaning a code (e.g., 'informed,' 'uncertain,' or 'uninformed' conceptions of NOS, 'implicit' or 'explicit' teaching about NOS), (c) comparing and categorizing the codes; (d) constantly comparing and categorizing new codes emerging from new rounds of analysis, and (e) identifying emerging patterns and relationships. For example, the code "no NOS in lesson plan" obtained from an analysis of documents was compared with existing codes and categories and, eventually, was placed in the 'implicit teaching of NOS' category. The inter-rater reliability of coding (Miles and Huberman 1984) was established in this study by asking three science educators in the field of NOS to independently code the participants' conceptions of NOS (e.g., informed, uncertain, and uninformed conceptions) and teaching NOS (e.g., explicit and implicit teaching). The inter-rater reliability of coding of participants' conceptions of, and teaching about, NOS was established at .94. Any disagreement emerging from this process was resolved in a subsequent meeting.

Results

This study results in two assertions regarding the nature of science teachers' conceptions of NOS and embeddedness of NOS in teaching about astronomy and space.

Assertion 1: Science Teachers' Conceptions of NOS Are Stable and Resistant to Change

Table 3 shows the participants' conceptions of NOS at the beginning and end of the NOS workshop and a semester after the workshop. At the beginning of the workshop, Wicky held more informed conceptions of NOS than James and Cathy. Of 14 items, Wicky, James, and Cathy had informed conceptions of NOS in 11, 8 and 7 items, respectively.

At the end of the workshop, Cathy had developed more informed conceptions of NOS in six of 14 items (items 2, 3, 6, 9, 11 and 12); however, two of these items (items 3 and 11) reverted to being uninformed a semester later. For Cathy, eight conceptions of NOS were placed in the same categories (seven informed and one uninformed) throughout the study. Her most persistently uninformed conception of NOS was regarding the accumulation of scientific knowledge (item 8), which related to "Baconian induction" (McComas 1998, p. 58), i.e., the "accumulation of evidence makes scientific knowledge more stable."

James changed his uninformed conceptions to being informed in only one of 14 items (item 9); however, this informed conception reverted to being uninformed after a semester of teaching in school. He had 11 conceptions in the same categories (eight informed and three uninformed) throughout the study. The three most difficult conceptions of NOS for James were regarding theories and laws, accumulation of scientific knowledge, and theory-laden observation (items 3, 8, and 11).

Similar to James, Wicky developed a more informed conception of NOS in only one of 14 items (item 12). After a semester of teaching in school, Wicky's existing informed conception of NOS became uninformed (item 3). Twelve conceptions of NOS held by Wicky were placed in the same categories (10 informed and two uninformed) throughout the study. The two most difficult conceptions of NOS for Wicky were regarding the accumulation of scientific knowledge and theory-laden observation (items 8 and 11).

The NOS workshop, to some extent, helped the participants develop an understanding of NOS, especially in increasing an ability to provide detailed reasons or

Author's personal copy

Table 3 Conceptual development of NOS

Item	Participant	Conception of NOS		
		Pre	Post	Delayed
1. Hypotheses are developed to become theories only	Cathy	*Informed* Hypotheses are not always true	*Informed* Hypotheses are scientists' guesses that are useful in developing scientific knowledge	*Informed* In the case that hypotheses are true, they are developed to become theories
	James	*Informed* If hypotheses are rejected by experiments, they never become theories	*Informed* Some hypotheses cannot be developed to become theories	*Informed* Hypotheses are scientists' guesses, so they are not always true. In this case, they never become theories
	Wicky	*Informed* Some hypotheses are not true and are then discarded	*Informed* Some hypotheses lack supporting evidence to confirm they are true	*Informed* Some hypotheses are not reasonable enough
2. Scientific theories are less secure than laws	Cathy	*Uninformed* Scientific laws are more secure than theories because they are repeatedly tested and found true in all cases	*Informed* Both theories and laws are valuable products of science	*Uninformed* I agree
	James	*Uncertain* I am not sure	*Uncertain* I am not sure	*Informed* If scientific theories are reasonable enough, they can substitute laws
	Wicky	*Informed* I disagree	*Informed* Scientific theories and laws are equal in terms of scientific knowledge	*Informed* I disagree
3. Scientific theories can be developed to become laws	Cathy	*Uninformed* I agree.	*Informed* Scientific theories explain laws.	*Uninformed* I agree.
	James	*Uninformed* I agree	*Uninformed* I agree	*Uninformed* I agree
	Wicky	*Informed* I disagree	*Informed* Scientific theories explain patterns in nature, as stated in laws	*Uninformed* If theories are acceptable and reasonable, they can be developed to become laws
4. Scientific knowledge cannot be changed	Cathy	*Informed* New discoveries are occurring all the time, so scientific knowledge can be changed	*Informed* Presently, many modern tools are emerging. Such tools provide us more exact, detailed data that are useful in explaining and expanding our existing knowledge	*Informed* Scientific knowledge can be changed with the discovery of opposing evidence
	James	*Informed* Scientific knowledge can be changed. For example, we previously believed that the world is flat. With modern tools, however, we realize that the world is not flat	*Informed* Scientific knowledge can be changed. People used to believe that the world is flat. However, pictures taken by satellites show that the world is round	*Informed* I disagree
	Wicky	*Informed* Scientific knowledge can be changed because of technology. Technology brings more elaborated data that lead us closer to reality, more and more	*Informed* Scientific knowledge can be changed with opposing evidence	*Informed* Scientific knowledge can be changed with the discovery of more reasonable data

Author's personal copy

Table 3 continued

Item	Participant	Conception of NOS		
		Pre	Post	Delayed
5. The scientific method is a fixed step-by-step process	Cathy	*Informed*	*Informed*	*Informed*
		The scientific method is not fixed but depends on situation.	The scientific method is not fixed because some steps can be skipped. This depends on individual scientists.	The steps in seeking scientific knowledge can be adjusted to suit the topic of investigation.
	James	*Informed*	*Informed*	*Informed*
		Some steps can be skipped or added to suit the experiment	Some steps of the scientific method may be removed or added to suit the nature of investigation	I disagree
	Wicky	*Informed*	*Informed*	*Informed*
		The steps for doing science are not sequenced as 1–2–3–4–5. Scientists can start from the second or third step and then return to the first step	Some steps of the scientific method can be alternated. For example, we can set a new hypothesis while doing experiment	The scientific method is not fixed but depends on time and situation
6. Science and the scientific method can answer all questions	Cathy	*Uninformed*	*Informed*	*Informed*
		If we follow the right steps of the scientific method, we can answer all questions	Some things in the world cannot be explained by the scientific method, e.g., supernatural phenomena	Some beliefs or questions cannot be explained or answered by the scientific method
	James	*Informed*	*Informed*	*Informed*
		The scientific method cannot explain some mysteries	Science cannot clearly explain ghosts and spirits	I disagree
	Wicky	*Informed*	*Informed*	*Informed*
		There are some phenomena that science cannot explain. Scientists oftentimes rely on their direct experiences	Some things in the world cannot be explained or answered by science, e.g., supernatural phenomena	Science cannot explain some difficult topics
7. Scientific knowledge comes from experiments only	Cathy	*Informed*	*Informed*	*Informed*
		There are many ways to develop scientific knowledge	Conducting an experiment is not the only method for developing scientific knowledge. The other methods are observation and survey, which can be applied suitably in individual situations	Scientific knowledge can come from collecting documents or observation
	James	*Informed*	*Informed*	*Informed*
		Observation can be used to develop scientific knowledge	Scientific knowledge can come from everyday experience	I agree
	Wicky	*Informed*	*Informed*	*Informed*
		Sometimes, scientific knowledge is accidentally discovered or built from story telling	Some scientists discovered scientific knowledge by accident. The important thing is that scientists' awareness of the meanings embedded in the phenomena under study that requires knowledge, creativity, and imagination	The imaginations of scientists can lead to scientific knowledge
8. Accumulation of evidence makes scientific knowledge more stable	Cathy	*Uninformed*	*Uninformed*	*Uninformed*
		Accumulating evidence leads to more firm scientific knowledge	When scientists find more evidence, scientific knowledge they have built becomes more credible	Strong scientific knowledge needs lots of supporting evidence
	James	*Uninformed*	*Uninformed*	*Uninformed*
		I agree	I agree	I agree

Author's personal copy

Table 3 continued

Item	Participant	Conception of NOS		
		Pre	Post	Delayed
	Wicky	*Uninformed*	*Uninformed*	*Uninformed*
		I agree	The credibility of scientific knowledge is directly related to the quantity of supporting evidence	I agree
9. A scientific model (e.g., the atomic model) expresses a copy of reality	Cathy	*Uncertain*	*Informed*	*Informed*
		I am not sure	Scientific models are created from credible evidence or scientists' imaginations. Such models cannot access reality	Scientific models are constructed from the imagination. Scientists try to construct models that are as close to the reality as possible
	James	*Uninformed*	*Informed*	*Uninformed*
		I agree	The atomic models are created by scientists and supposed to represent structure and behaviors of atoms	I agree
	Wicky	*Informed*	*Informed*	*Informed*
		The atomic models represent atoms as they are supposed to be. In reality, atoms may not be like the models	Scientific models represent scientists' ideas at a certain period in time. Some models lack clear supporting evidence and can be changed with the discovery of new evidence	Scientific models depend on knowledge at a certain period in time
10. Scientists do not use creativity and imagination in developing scientific knowledge	Cathy	*Informed*	*Informed*	*Informed*
		Imagination stimulates scientists' eagerness and inquiries	Imagination and creativity challenge and stimulate the eagerness of scientists and their investigations	Imagination creates scientists' creativity and challenges them to seek more knowledge
	James	*Informed*	*Informed*	*Informed*
		Success in developing scientific knowledge requires scientists' creativity and imagination	Scientists use their creativity and imagination before doing experiments or starting investigations	I disagree
	Wicky	*Informed*	*Informed*	*Informed*
		Most new ideas are developed from human creativity and imagination	The development of scientific knowledge relies on creativity and imagination	I disagree
11. Scientists are open-minded without any biases	Cathy	*Uninformed*	*Informed*	*Uninformed*
		Scientists always rely on evidence	It is individual. Some scientists have biases and distort data	Scientists do not bring their feelings into decision making but instead rely on reasonable data
	James	*Uninformed*	*Uninformed*	*Uninformed*
		I agree	I agree	I agree
	Wicky	*Uninformed*	*Uninformed*	*Uninformed*
		I agree	Scientists must be responsible and accept the results of experiments. Power is not involved in scientists' work	I agree
12. Science and technology are identical	Cathy	*Uncertain*	*Informed*	*Informed*
		Scientists discover theories and laws and use them to develop tools or technology	Science is conducted for the sake of knowledge. Technology is originated from scientific knowledge and conducted for the sake of comfortable lives	Technology is a helping tool for scientists to do their investigations more comfortably
	James	*Uninformed*	*Uncertain*	*Uninformed*
		I agree	I am not sure	I agree

Author's personal copy

Table 3 continued

Item	Participant	Conception of NOS		
		Pre	Post	Delayed
	Wicky	*Uninformed*	*Informed*	*Informed*
		I agree	Science emphasizes seeking more knowledge; technology emphasizes applying scientific knowledge for lives and business	Science deals with knowledge. Technology deals with economy and comfort
13. Scientific enterprise is an individual enterprise	Cathy	*Informed*	*Informed*	*Informed*
		Cooperation among scientists leads to correct and clear scientific knowledge	Doing scientific enterprise requires teamwork	Cooperation and discussion among scientists leads to a clear, unique scientific conclusion
	James	*Informed*	*Informed*	*Informed*
		Some scientific enterprises can be supported by group work	Group work is one strategy in doing science	I agree
	Wicky	*Informed*	*Informed*	*Informed*
		Science can be conducted individually or cooperatively	Doing science requires cooperation of people from diverse areas of expertise and disciplines	I disagree
14. Society, politics, and culture do not affect the development of scientific knowledge	Cathy	*Informed*	*Informed*	*Informed*
		Some cultures make scientists resist some modern ideas	Some deep-rooted cultures, traditions, and beliefs make people resist modern ides and new discovery	I disagree
	James	*Informed*	*Informed*	*Informed*
		In a country at war, it is very hard to develop science	In a society at war, science is slowly developed	I disagree
	Wicky	*Informed*	*Informed*	*Informed*
		The major aim of country at war is to develop weapons, whereas, the developed country aims to develop technology	Some scientific investigations, such as cloning, bring society into debate	I disagree

Directions: Please select the choice that best reflects your opinion and provide an explanation supporting your selection

examples to support their chosen responses. The participants' conceptions of NOS were stable because they did not show any remarkable shifts in the conceptions of NOS. In addition, the participants' conceptions of NOS were resistant to change. In the cases of Cathy and James, for example, their informed conceptions of NOS reverted to being uninformed a semester after the workshop. The most common uninformed conception of NOS for all participants was regarding the belief of Baconian induction.

Assertion 2: Science Teachers' Understanding of NOS Is Not Directly Related to Their Classroom Practices

Cathy did not mention NOS in her lesson plans. Cathy's classroom consists of 37 Grade 6 students (13 male, 24 female). In teaching about solar eclipses, she began the lesson by asking her students: "What are the characteristics of a solar eclipse? How does it occur?" Cathy extensively used models in teaching about solar eclipses. For example, Cathy used an orange and a lemon to represent the sun and the moon, respectively. She used a torch to illuminate the lemon to create a shadow on the orange to show her students how a solar eclipse occurs. Later, the students were placed in groups of four and given those materials to model and study a solar eclipse. Cathy also employed a poster of a solar eclipse to help the students understand the targeted concepts. She emphasized to the students that both the distances and planes of the Sun, Moon, and Earth are crucial to solar-eclipse phenomena. Cathy made the students aware of two limitations of models of the solar system: "The scale of models does not accurately represent an authentic scale of phenomena;" and "Models are not real." She did not further provide the students with an opportunity to reflect upon and discuss NOS.

Another example of using a model to teach astronomy and space is given by the lesson on moon phases. Cathy

Author's personal copy

employed the activity she learned from the NOS workshop to teach her students. The classroom was modified to be a darkroom, and the students were given a table-tennis ball, a ruler, and a torch to model and study, with the teacher's guidance, how moon phases occur. However, Cathy did not mention the nature of scientific models. Interestingly, Cathy employed a story about a lunar eclipse. She told the students the traditional Thai tale of a monster named "Rahoo" (in Thai) who keeps the moon in his mouth, which causes the lunar eclipse. However, at the conclusion of the lesson, she did not emphasize the difference between the explanation of the lunar eclipse derived from the tale and from science.

James did not write a lesson plan on astronomy and space embedded with NOS. His classroom consisted of 36 Grade 1 students (25 male, 11 female). James began the lesson on the direction and the rising and falling of the Sun by asking the students to make groups of four and move to the school field. The next dialogue illustrated James' questions and students' answers:

James: What is the direction from which the Sun always rises?
Students: (Point to the East)
James: OK. Turn your right side towards this direction (the East)
James: So that now where is the East?
Students: My right
James: And where is the West?
Students: Left
James: Where is the North?
Students: Front
James: Where is the South?
Students: Back
James: So, you have to turn which part of your body to the East?
Students: Right part
James: If you are lost in the forest, and your home is North, which way will you walk?
Students: Front
James: OK. Let's go back to our classroom and do the assignment in your textbook

After that, the students completed a worksheet, drew pictures showing the relationship between the directions and the Sun and, finally, wrote a mind map. In this lesson, James strongly emphasized questioning and relied on a textbook.

James never mentioned NOS in his teaching, though the lesson he taught was related to observation as a way to produce evidence. James paid more attention to classroom control because there were many more male students in his classroom than females. He also had little experience in teaching grade 1 students, as he reflected:

> My Grade 1 students are very naughty. I have to catch up with them all the time. It's my first year of teaching in Grade 1. Formerly, I taught Grades 3 and 4 for many years.

Similar to Cathy and James, Wicky did not include NOS in her lesson plans. Wicky was responsible for teaching 33 Grade 4 students (18 male, 15 female). In teaching about the solar system, she extensively employed posters and models. She began the lesson by requiring students to make groups of four and draw pictures of the solar system. After that, she required students from each group to present their drawings of the solar system to the class. After the student presentations were finished, Wicky distributed the teacher's notes on the solar system to all students and required them to study and draw a correct model of the solar system. The students were also asked to present what they learned about the solar system to the class. An example of the dialogue between Wicky and her students is the following:

Wicky: What do you learn about?
Students: The solar system
Wicky: What planet is placed at the center of the solar system?
Students: The Sun
Wicky: How many planets orbit around the sun?
Students: Eight planets
Wicky: Can you tell me the name of those eight planets
Students: …(They state the names of eight planets by reading from the teacher's notes)

Subsequently, Wicky presented a poster of the solar system to the class and explained it. She required the students to build a model of the solar system from clay, toothpicks, and a plastic base after students had studied the teacher's notes. Although Wicky wandered around the classroom during the model-building activity, she did not advise the students much. The students were left on their own to build models. Subsequently, Wicky required three groups as a class representative to present their models of the solar system to the class. However, she did not notice that one group of students created a ring for the Earth in the solar system. Regarding this lesson, Wicky missed an opportunity to address two important aspects of NOS. First, she did not emphasize the tentative nature of scientific knowledge in the case of Pluto. That is, there are eight planets in the solar system now, not nine planets as in the past. Second, the model of the solar system is aimed at representing its structure, not an exact replica.

The assumption that science teachers' understanding of NOS is directly related to their classroom practice is not supported by this study. With different degrees of understanding of NOS, all participants taught NOS implicitly.

Author's personal copy

Comparing Wicky and Cathy, who had the highest and lowest degrees of understanding of NOS, respectively, Cathy surprisingly showed more intention to explicitly teach NOS than Wicky. All participants were unaware of and missed most of their opportunities to address aspects of NOS embedded in the astronomy and space topics they taught.

Discussion

This study shows that an explicit-reflective NOS workshop, specifically in the context of astronomy and space, is beneficial for promoting science teachers' conceptions of NOS to some extent (Akerson et al. 2000, 2007; Buaraphan 2011; Khishfe and Lederman 2007; Schwartz et al. 2004). To strengthen the NOS workshop, Khishfe and Lederman (2007) suggest that real-life, controversial, social-science-based issues, such as global warming, should be selected as a context for illustrating NOS aspects.

This study shows that science teachers' conceptions of NOS are stable and resistant to change. The persistence of NOS conceptions is presented in many studies (Akerson et al. 2007; Lederman 1999). The short instructional period employed in an NOS intervention is insufficient to change science teachers' firm conceptions of NOS (Cakiroglu et al. 2009). In addition, some developed conceptions of NOS held by the participating science teachers were forgotten when they returned to their classrooms, as found by Akerson et al. (2009b).

Model building to learn about astronomy and space can be linked with many aspects of NOS. Taylor et al. (2003) stated that there are three key aspects of NOS in astronomy education: science is a process that has been constructed by people; science is influenced by scientists' social and cultural frameworks; and science understanding changes over time. In addition, Akerson et al. (2009b) illustrated many aspects of NOS in scientific models: scientific models illustrate the distinction between observation and inference; scientific models show how scientists create (creative NOS); scientific models are created from data (empirical NOS); and scientific models can be changed (tentative NOS). Science teachers in this study frequently used models for teaching astronomy and space-related topics; however, they did not reveal key aspects of NOS in building models. Additionally, they did not employ models as assessment tools, as found in Akerson et al. (2009b).

Science teachers in this study did not use historical examples to teach about NOS, although there are many examples available in astronomy. From 80 historical vignettes collected by McComas (2008), 17 of them (22%) come from the field of astronomy. These vignettes are useful in helping communicate certain key aspects of NOS and, in turn, providing students with both an engaging and accurate view of the underlying NOS.

Based on the four overarching criteria of the explicit-reflective approach in teaching about NOS, as proposed by Hanuscin et al. (2010), science teachers in this study teach NOS implicitly. That is, they did not plan to teach NOS (Akerson et al. 2009b), make students aware of the NOS, provide students an opportunity to reflect on NOS, or elicit students' ideas about NOS throughout instruction. Teaching about NOS appeared to be a difficult task for the science teachers in this study, as also found in Hanuscin et al. (2010). NOS appeared to be a new learning sub-strand for the science teachers in this study, and the new science curriculum does not make any suggestions for how to embed NOS in teaching. Moreover, the science teachers have to teach astronomy and space-related topics, which is an unfamiliar learning sub-strand for them. Therefore, embedding NOS in teaching about unfamiliar content, as is the case in this study, is more difficult and requires a great amount of support. As Henze et al. (2008) found, limited subject matter knowledge (in this case, knowledge of NOS) and a positivist view of models and modeling negatively impacts science teachers' development of pedagogical content knowledge (PCK) (Shulman 1986).

As in a number of NOS studies (Akerson et al. 2009a; Lederman 1999; Lederman and Zeidler 1987; Mellado et al. 2007; Trumbull et al. 2006; Waters-Adams 2006), this study supports the proposition that science teachers' conceptions of NOS are not directly related to their classroom practices. With different degrees of understanding of NOS, all participants teach NOS implicitly. Knowledge of NOS is a necessary but insufficient condition for teaching about NOS (Abd-El-Khalick et al. 1998; Abd-El-Khalick and Lederman 2000; Bartholomew et al. 2004). Akerson and Abd-El-Khalick (2003) stated that a science teacher needs support to translate his or her NOS views and intentions into pedagogically appropriate instructional activities that would make the target NOS aspects accessible to students. In the Thai context, such support does not exist at all. Furthermore, before any support is provided to science teachers, they themselves need to be aware of the importance of NOS as a necessary aspect of curriculum to be taught. Science teachers must devote time to NOS instruction (Khishfe and Lederman 2007). In addition, science teachers must intend and believe that they can teach NOS and believe that their students can learn NOS. Lederman (1999) and Schwartz and Lederman (2002) argued that internalizing the importance of NOS as a significant instructional outcome plays a major role in teachers' willingness to teach NOS.

NOS has been explicitly and formally included in the national science curriculum in Thailand since 2001. However, for a decade, science teachers in Thailand have continued to teach NOS merely implicitly. There are several potential explanations for this circumstance.

Author's personal copy

First, a decade ago, there was a lack of documents and research regarding how to embed NOS in teaching science in each grade level. Science teachers were left with a new national science curriculum, which includes one learning standard of NOS, as stated earlier. Subsequently, science teachers have had to discover their own methods for embedding NOS in their teaching. Moreover, many studies (Buaraphan 2009a, b) conducted in Thailand show that science teachers themselves lack an understanding of NOS.

Second, Thailand has undergone substantial educational reform, with a major driver being the Asian economic crisis that occurred in the late 1990s. The educational reform yielded a change from the former science curriculum to a standards-based science curriculum that is intended to be learner-centered in nature. However, Thailand, unlike some western countries, did not change the assessment regime to make it consistent with the new learner-centered curriculum. It retains a series of external summative examinations that act as gatekeepers to further study, including university participation (Coll et al. 2010). Although NOS appears as one of the learning sub-strands in the Thai science curriculum, its content has not been included in any format in the university entrance examination. Moreover, the NOS learning standard is only the one that remains without explicit, proper assessment in classrooms. The importance of NOS is, therefore, neglected in the Thai classroom context. As Coll et al. (2010, pp. 18–19) state: "…if we fail to make commensurate modifications to the assessment regime, then teachers will likely teach in much the same way they always did, because they will be judged by the outcomes; such as pass rates in external summative examinations."

Third, teaching, or even learning, about NOS is a novel experience for science teachers in Thailand. Most science teachers have had first-hand experience with traditional science content knowledge but lack experience with and knowledge of NOS (McComas 2008). First, they need an adequate, informed understanding of NOS. In addition, they need direct experience with both learning and teaching NOS. The professional development programs for learning and teaching NOS are urgently needed.

The next step to help science teachers teach about NOS is to provide them with a knowledge base for teaching NOS. Science teachers need PCK for teaching about NOS. The lack of PCK can act as an obstacle to the transfer of teachers' NOS beliefs into their classrooms (Mellado et al. 2007). Schwartz and Lederman (2002) proposed three knowledge components of PCK for NOS, i.e., knowledge of NOS, knowledge of the science subject matter, and knowledge of pedagogy. Science teachers must blend these three knowledge components together to create a PCK for NOS. However, simply providing science teachers with a packet of activities will not suffice to enhance their PCK for NOS. Science teachers need to find their own methods to best embed NOS in their teaching, not merely imitate the activities of others. Meaningful professional development relative to NOS instruction should empower teachers to develop their own instructional methods and materials (Schwartz and Lederman 2002). Teachers need help to develop sets of activities applicable to their classrooms and that have a sense of authenticity and ownership (Bartholomew et al. 2004).

To successfully teach NOS, science teachers need support from science-teacher educators through helping them translate their NOS comprehension into appropriate learning activities, to make NOS accessible to their students (Akerson and Abd-El-Khalick 2003). Classroom support, such as on-site visits with ongoing feedback for individual teachers (Posnanski 2010), is needed to help them address their understanding of NOS, awareness and attention to teach NOS, instructional strategies for NOS, and development of pedagogical skills for their classrooms (Bartholomew et al. 2004).

Implications

Many science teachers possess uninformed conceptions of NOS. Without proper intervention, such erroneous conceptions can be perpetuated and are passed on to a new generation of students (Akerson et al. 2007). Helping science teachers develop more informed conceptions of NOS is now a primary task for science-teacher educators. Based on empirical evidence (Akindehin 1988; Billeh and Hassan 1975; Carey and Strauss 1968; King 1991; Ogunniyi 1982), explicit-reflective instruction about NOS, as employed in the NOS workshop in this study, has the potential to improve science teachers' conceptions of NOS.

Simply including NOS in the science curriculum does not guarantee that science teachers will teach NOS, as has been found in the Thai context. First, science teachers must perceive NOS as "must-teach" content, not merely as a byproduct of the inquiry process. They must also intend to teach NOS explicitly and believe that their students must and can learn NOS. Cultivation of science teachers' awareness of the importance of NOS, intention to teach NOS, and devoting time to teach NOS have appeared as the second task for science-teacher educators.

A need in the Thai science education context that emerged from this study is the establishment of a policy to promote science teachers to explicitly, reflectively teach about NOS. From Fensham's (2009) intensive discussion about policy and practice in science education, it is the responsibility of researchers to critique and establish policy for improving the practice of science education. Policy, research, and practice must be considered as being related to each other. The positive example of policy to practice with respect to general educational policy in Thailand raised by

Author's personal copy

Fensham (2009) is the requirement that high-school students in the "science stream" study physics, chemistry, and biology for 3 years. This is one policy decision in Thailand that has had a remarkably direct effect on student learning of the sciences. To be more successful with NOS teaching and learning, an educational policy aimed at promoting teaching and learning about NOS is urgently needed, especially in the science education context in Thailand.

Importantly, to teach NOS effectively, a science teacher needs PCK for NOS, which does not come from his or her imitation of other teachers' teaching strategies on NOS. Rather, PCK for NOS must be constructed on the basis of an individual science teacher, which is suitable for his or her individual classroom. Developing a sense of authenticity and ownership is needed in developing science teachers' PCK for NOS. The sense of authenticity derives from the science teacher's NOS instructional activities that work in their own classrooms. The sense of ownership derives from the science teacher's NOS instructional activities, which are built upon their own pedagogical knowledge and skills.

Limitations of the Study

This intention of this study is not to generalize the findings to a larger population of in-service science teachers in Thailand. A small sample employed as a collective case study is beneficial for collecting more in-depth data. Although this study has a limitation in its generalization, the transferability of the findings of this study can be established by considering the similarity of the context of this study with the readers' contexts.

Acknowledgments This research was funded by Kasetsart University Research and Development Institute (KURDI), Thailand. Any opinions expressed in this article are solely those of the author.

Appendix

See Table 4.

Table 4 The Myths of Science Questionnaire (MOSQ)

Statement	Opinion
1. Hypotheses are developed to become theories only	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree ……..
2. Scientific theories are less secure than laws	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree ……..
3. Scientific theories can be developed to become laws	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree ……..
4. Scientific knowledge cannot be changed	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree ……..
5. The scientific method is a fixed step-by-step process	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree ……..
6. Science and the scientific method can answer all questions	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree ……..
7. Scientific knowledge comes from experiments only	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree ……..
8. Accumulation of evidence makes scientific knowledge more stable	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree ……..
9. A scientific model (e.g., the atomic model) expresses a copy of reality	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree ……..
10. Scientists do not use creativity and imagination in developing scientific knowledge	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree ……..
11. Scientists are open-minded without any biases	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree ……..
12. Science and technology are identical	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree ……..
13. Scientific enterprise is an individual enterprise	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree ……..
14. Society, politics, and culture do not affect the development of scientific knowledge	☐ Agree ☐ Uncertain ☐ Disagree ……..

Author's personal copy

References

Abd-El-Khalick F, Akerson VL (2004) Learning as conceptual change: Factors mediating the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. Sci Educ 88:785–810

Abd-El-Khalick F, Akerson V (2009) The influence on metacognitive training on preservice elementary teachers' conceptions of nature of science. Int J Sci Educ 16(1):2161–2184

Abd-El-Khalick F, BouJaoude S (1997) An exploratory study of the knowledge base for science teaching. J Res Sci Teach 34(7): 673–699

Abd-El-Khalick F, Lederman NG (2000) Improving science teachers' conceptions of the nature of science: a critical review of the literature. Int J Sci Educ 22:665–701

Abd-El-Khalick F, Bell RL, Lederman NG (1998) The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural. Sci Educ 82:417–436

Akerson VL, Abd-El-Khalick F (2003) Teaching elements of nature of science: a yearlong case study of a fourth grade teacher. J Res Sci Teach 40(10):1025–1049

Akerson VL, Abd-El-Khalick F, Lederman NG (2000) Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. J Res Sci Teach 37(4): 295–317

Akerson VL, Hanson DL, Cullen TA (2007) The influence of guided inquiry and explicit instruction on K-6 teachers' views of nature of science. J Sci Teacher Educ 18:751–772

Akerson VL, Cullen TA, Hanson DL (2009a) Fostering a community of practice through a professional development program to improve elementary teachers' views of nature of science and teaching practice. J Res Sci Teach 46(10):1090–1113

Akerson VL, Townsend SJ, Donelly LA, Hanson DL, Tira P, White O (2009b) Scientific modeling for inquiring teacher network (SMIT'N): the influence on elementary teachers' views of nature of science, inquiry, and modeling. J Sci Teacher Educ 20:21–40

Akindehin F (1988) Effect of an instructional package on preservice science teachers' understanding of nature of science and acquisition of science-related attitudes. Sci Educ 72:73–82

American Association for the Advancement of Science (1993) Science for all Americans. Oxford University Press, New York

Bartholomew H, Osborne J, Ratcliffe M (2004) Teaching students "ideas-about-science": five dimensions of effective practice. Sci Educ 88:655–682

Behnke FL (1961) Reactions of scientists and science teachers to statements bearing on certain aspects of science and science teaching. Sch Sci Math 61:193–207

Billeh VY, Hassan OE (1975) Factors affecting teachers gain in understanding the nature of science. J Res Sci Teach 12:67–71

Brickhouse NW (1990) Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. J Teach Educ 41(3):53–62

Brush SG (1989) History of science and science education. Interchange 20:60–71

Buaraphan K (2009a) Pre-service and in-service science teachers' responses and reasoning about the nature of science. Educ Res Rev 4(11):561–581

Buaraphan K (2009b) Thai inservice science teachers' conceptions of the nature of science. J Sci Math Educ Southeast Asia 32(2):188–217

Buaraphan K (2011) The promotion of science teachers' understanding about nature of scientific knowledge through explicit-reflective workshop. Int J Learn (in press)

Cakiroglu J, Dogan N, Bilican K, Cavus S, Arslan O (2009) Influence of in-service teacher education program on science teachers' views of nature of science. Int J Learn 16(10):597–605

Carey LR, Strauss AN (1968) An analysis of the understanding of the nature of science by prospective secondary science teachers. Sci Educ 52:358–363

Coll RK, Dahsah C, Faikhamta C (2010) The influence of educational context on science learning: a cross-national analysis of PISA. Res Sci Technol Educ 28(1):3–24

Craven JA, Hand B, Prain V (2002) Assessing explicit and tacit conceptions of the nature of science among preservice elementary teachers. Int J Sci Educ 24(8):785–802

Creswell JW (2007) Qualitative inquiry and research design: choosing among five approaches. Sage, Thousand Oaks

Dogan N, Abd-El-Khalick F (2008) Turkish grade 10 students' and science teachers' conceptions of the nature of science: a national study. J Res Sci Teach 45(10):1083–1112

Driver R, Leach J, Miller A, Scott P (1996) Young people images of science. Open University Press, Pennsylvania

Fensham PJ (2009) The link between policy and practice in science education: the role of research. Sci Educ 93:1076–1095

Glaser BG, Strauss AL (1967) The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research. Aldine Publishing Company, Chicago

Haidar AH (1999) Emirates pre-service and in-service teachers' views about the nature of science. Int J Sci Educ 21(8):807–822

Hanuscin DL, Lee MH, Akerson VL (2010). Elementary teachers' pedagogical content knowledge for teaching the nature of science. Sci Educ. doi:10.1002/sce.20404

Henze I, van Driel JH, Verloop N (2008) Development of experienced science teachers' pedagogical content knowledge of models and the solar system and the universe. Int J Sci Educ 10(13):1321–1342

Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (2002) National science curriculum standards. Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, Bangkok

Khishfe R, Lederman N (2007) Relationship between instructional context and views of nature of science. Int J Sci Educ 8(18): 939–961

King B (1991) Beginning teachers' knowledge of and attitudes toward history and philosophy of science. Sci Educ 75:135–141

Lederman NG (1992) Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. J Res Sci Teach 29(4):331–359

Lederman NG (1999) Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: factors that facilitate or impede the relationship. J Res Sci Teach 36(8):916–929

Lederman N, Abd-El-Khalick F (1998) Avoiding de-natured science: activities that promote understanding of the nature of science. In: McComas WF (ed) The nature of science in science education: rationales and strategies. Kluwer, The Netherlands

Lederman NG, Zeidler DL (1987) Science teachers' conceptions of the nature of science: do they really influence teaching behavior? Sci Educ 71(5):721–734

Lunn S (2002) 'What we think we can safely say…': primary teachers' views of the nature of science. Br Educ Res J 28(5):649–672

Matthews MR (2007) Models in science and in science education: an introduction. Sci Educ 16:647–652

McComas WF (1998) The principal elements of the nature of science: dispelling the myths. In: McComas WF (ed) The nature of science in science education: rationales and strategies. Kluwer, The Netherlands

McComas WF (2008) Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. Sci Educ 17:249–263

McComas WF, Clough MP, Almazroa H (1998) The role and character of the nature of science in science education. In: McComas WF (ed) The nature of science in science education: rationales and strategies. Kluwer, The Netherlands

Author's personal copy

Mellado V, Bermejo ML, Blanco LJ, Ruiz C (2007) The classroom practice of a prospective secondary biology teacher and his conceptions of the nature of science and of teaching and learning science. Int J Sci Math Educ 6:37–62

Miles MB, Huberman MA (1984) Qualitative data analysis: A sourcebook of new methods. Sage, Newbury Park, CA

Ministry of Education (1992) Primary Curriculum B.E. 2521 (Revision B.E. 2533). The Religious Affairs Publisher, Bangkok

Ministry of Education (2001) Basic Education Curriculum B.E. 2544 (2001). The Printing House of Express Transportation Organization of Thailand, Bangkok

National Research Council (1996) National science education standards. National Academy Press, Washington, DC

Office of the National Education Commission (1999) The National Education Act B.E. 2542. Pimdeekarnpim, Bangkok

Ogunniyi MB (1982) An analysis of prospective science teacher's understanding of the nature of science. J Res Sci Teach 19(1):25–32

Posnanski TJ (2010) Developing understanding of the nature of science within a professional development program for inservice elementary teachers: project nature of elementary science teaching. J Sci Teacher Educ 21:589–621

Public Relation Department (2008). IPST cooperates with TRF and Chulalongkorn University for reforming astronomy education in Thailand. National News Bureau of Thailand

Rampal A (1992) Images of science and scientists: a study of school teachers' views of characteristics of scientists. Sci Educ 76(4):415–436

Rubba PA, Harkness WL (1993) Examination of preservice and in-service secondary science teachers' beliefs about science–technology–society interactions. Sci Educ 77(4):407–431

Sarkar MA, Gomes JJ (2010) Science teachers' conceptions of nature of science: the case of Bangladesh. Asia Pac Forum Sci Learn Teach 11(1):1–17

Schwartz R, Lederman N (2002) "It's the nature of the beast": the influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. J Res Sci Teach 39(3):205–236

Schwartz RS, Lederman NG, Crawford BA (2004) Developing views of nature of science in an authentic context: an explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. Sci Educ 88:610–645

Shulman LS (1986) Those who understand: knowledge growth in teaching. Educ Res 15(2):4–14

Smith MU, Scharmann LC (1999) Defining versus describing the nature of science: a pragmatic analysis for classroom teachers and science educators. Sci Educ 83:493–509

Soydhurum P (2004) IPST in the pass year. IPST Mag 32(131):8–11

Tairab HH (2001) How do pre-service and in-service science teachers view the nature of science and technology? Res Sci Technol Educ 19(2):235–250

Taylor I, Barker M, Jones A (2003) Promoting mental model building in astronomy education. Int J Sci Educ 25(10):1205–1225

Trumbull DJ, Scarano G, Bonney R (2006) Relationships among two teachers' practices and beliefs, conceptualizations of the nature of science, and their implementation of student independent inquiry projects. Int J Sci Educ 28(14):1717–1750

Waters-Adams S (2006) The relationship between understanding of the nature of science and practice: the influence of teachers' beliefs about education, teaching and learning. Int J Sci Educ 28(8):919–944